Universiteti "Ismail Qemali" Vlorë.
Fakulteti Shkencave Teknike
Departamenti i Matematikës

DISERTACON

(Për marrjen e gradës shkencore "Doktor")

STUDIMI DHE VLERËSIMI MATEMATIKOR I FAKTORËVE TË NDOTJEVE NGA RRYMAT BREDHËSE NË MJEDISET PORTUALE TË REPUBLIKËS SË SHQIPËRISË.

Disertanti:

Msc. Ing. Xhevdet SPAHIU

Udhëheqësit shkencor:

Prof. As. Luigj GJOKA

Prof. Dr. Vladimir KASEMI

Vlorë, 2019

Universiteti "Ismail Qemali" Vlorë.
Fakulteti Shkencave Teknike
Departamenti i Matematikës

DISERTACION

Për marrjen e gradës shkencore

DOKTOR

I paraqitur nga:

Msc. Ing. Xhevdet SPAHIU

Udhëhequr nga:

Prof. As. Luigj GJOKA
Prof. Dr. Vladimir KASEMI

Me temë:

STUDIMI DHE VLERËSIMI MATEMATIKOR I FAKTORËVE TË NDOTJEVE NGA RRYMAT BREDHËSE NË MJEDISET PORTUALE TË REPUBLIKËS SË SHQIPËRISË.

Mbrohet, sot më datë / / , para jurisë:

1. …… Kryetar

2. …… Anëtar (Oponent)

3. ……Anëtar (Oponent)

4. ……Anëtar

5. ……Anëtar

Vlorë, 2019

DEKLARATË

E AUTORIT MBI ORIGJINALITETIN E PUNIMIT

Me anë të kësaj deklarate, unë i nënshkruari, Xhevdet SPAHIU, deklaroj se jam autori i punimit tëdisertacionit me titull:

"Studimi dhe vlerësimi matematikor i faktorëve të ndotjeve nga rrymat bredhëse në mjediset portuale të Republikës së Shqipërisë".

Deklaroj në përgjegjësinë time personale, se i gjithë punimi i disertacionit,rezultatet si dhe përfundimet shkencore janë origjinale dhe në përputhje me parimet e antiplagjaturës dhe etikës profesionale.

I gjithë informacioni i marrë nga literatura dhe i përfshirë në punim është kryer në përputhje të plotë me rregullat akademike dhe etikën profesionale, duke cituar me përpikmëri çdo referencë.

Deklaruesi

Msc. Ing. Xhevdet SPAHIU

Vlorë, më 01.09.2018

"Në qoftë se nuk mund të shprehësh diçka në vlera numerike, njohurit tuaj janë të varfëra dhe të pamjaftueshme".

William Thomson

Mirënjohje dhe Falenderime !

Përfundimi i dizertacionit nuk do të ishte i mundur të finalizohej me sukses pa inkurajimin, mbështetjen dhe ndihmën e disa personave ndaj të cilëve unë dua të shpreh mirënjohjen time të thellë.

Falenderoj me mirënjohje dhe respekt të veçantë udhëheqësit e mi shkencorë, Prof.As.Luigj GJOKA dhe Prof.Dr.Vladimir KASEMI të cilët, me mirësinë, dashamirësinë dhe përkushtimin e tyre shkencor dhe personal, ishin bashkëudhëtarët e mi frymëzues dhe këshillues për realizimin dhe finalizimin me sukses tëkëtij punimi.

Gjej rastin të falenderoj të gjithë kolegët e Departamentit të Matematikës me të cilët së bashku realizuam shkollën e doktoraturës, si dhe kemi shkëmbyer përvojë dhe mendime të vlefshme.

Dua të falenderoj përzemërsisht shokët dhe miqtë e mi për mbështetjen dhe motivimin e pakursyer gjatë gjithë kësaj ndërmarjeje të gjatë dhe intensive.

Së fundmi, falenderoj me përulje familjen time për durimin, inkurajimin dhe frymëzimin e domosdoshëm gjatë gjithë periudhës së punës dhe angazhimit tim për realizimin e studimit dhe punimit të doktoraturës.

Ju falenderoj tëgjithëve
Msc. Ing. Xhevdet SPAHIU

PËRMBAJTJA

Përmbajtja…….....VI
LISTA E FIGURAVE……..……XI
LISTA E TABELAVE…….……..…XV
LISTA E FJALËVE TË SHKURTUAR……..……..XVIII
OVERVIEW (Dissertation for Doctoral Degree)…….....…XIX
Parathënia …… XXIX
Struktura e disertacionit ……XXXIII
Hyrja……..XXXV

KAPITULLI 1.
TRANSPORTI DETAR NË REPUBLIKËN E SHQIPËRISË

1.1. Pozicioni gjeografik i Shqipërisë.....2
1.1.1. Deti Adriatik 2
1.1.2. Deti Jon.....4
1.2. Infrastruktura e transportit në Shqipëri 4
1.2.1 .Transporti detar.....5
1.2.2. Transporti ajror.....6
1.3. Historiku i detarisë Shqiptare.....6
1.4. Transporti detar Shqiptarë aktualisht.....7
1.5. Porti Detar i Durrësit.....9
1.5.1. Pozicioni gjegrafik i Portit Detar Durrës. 9
1.5.2. Infrastruktura e Portit Detar i Durrësit 10
1.5.3. Fuqia e instaluar në portin e Durrësit.....13
1.6. Porti Detar i Vlorës.....15
1.6.1. Përshkrimi i pozicionit gjeografik.....15
1.6.2. Infrastruktura e Portit Detar të Vlorës.....15
1.6.3. Veçoritë morfologjike 17
1.6.4. Veçoritë meteorologjike.....18
1.6.4. 1.Lëvizja e nivelit të detit.....18.
1.6.4.2. Rrymat ujore.....18
1.6.4.3. Temperaturat.....18
1.6.4.4. Përbërja kimike e ujit të Gjirit të Vlorës.....19
1.6.4.5. Ndotjet industriale.....19
1.7. Porti Detar i Shëngjinit.....20
1.8. Porti Detar i Sarandës.....21

KAPITULLI 2.
NDOTJET NGA FUSHAT ELEKTROMAGNETIKE NDAJ AMBJENTEVE TË EKSPOZUAR

2.1. Hyrje. 25
2.2. Ndikimet e fushave elektromagnetike.....25
2.3.Efektet shëndetësore nga ekspozimi ndaj fushave elektromagnetike 30
2.4. Standardet mbi nivelet e lejuar të ndotjeve elektromagnetike.....30
2.5. Projekti EMF. (Impaktet e ndotjeve ektromagnetike).....33
2.6. Burime natyrore të fushave elektromagnetike…….……...34
2.6.1. Burime njerëzore të fushave elektromagnetike…….……..34
2.6.2. Çfarë i bën format e ndryshme të fushave elektromagnetike kaq të ndryshme? 35
2.6.3. Fushat elektromagnetike në shtëpi…….…….36
2.7. Ndotje e mjediseve natyrore të formave të ndryshme……...36

KAPITULLI 3.
FORMA MATEMATIKORE TË KARAKTERISTIKAVE TË FUSHËS ELEKTROMAGNETIKE

3.1.Hyrje.....40
3.2. Fusha magnetike e rrymave elektrike.....40
3.2.1. Fusha magnetike e një përcjellësi me rrymë. Ligji Bio Savar.....41
3.2.2. Fusha magnetike e një përcjellësi të drejtë me rrymë.....43
3.2.3. Fusha magnetike e një përcjellësi rrethor me rrymë.....45
3.2.4. Forc..a magnetike midis dy përcjellësve paralel.....47
3.3. Ligji i Amperit ……49
3.4. Zbatime të ligjit të Amperit……. …….51
3.4.1. Fusha magnetike e një përcjellësi vijëdrejtë të gjatë me rrymë……..51
3.4.2. Fusha magnetike e një solenoidi…… …….52
3.4.3. Fusha magnetike e toroidit ……55
3.4.4. Fusha magnetike e një pllake plane të pakufizuar ……56
3.5. Fluksi magnetik ligji i Gausit për magnetizmin…….. …..57
3.6. Rryma e zhvendosjes dhe ligji i Amperit, i përgjithësuar……..59
3.7. Konservimi (ruajtja) e ngarkesës elektrike……61
3.8. Parametrat konstituiv të mjedisit……62
3.9. Kushtet kufitare ……..63
3.10. Ekuacionet e fushës elektromagnetike në regjimin periodik të thjeshtë……..64
3.11. Rrjedhja e fuqisë…….……..65

3.12. Valët e rrafshëta elektromagnetike……..66
3.13. Mjediset pa humbje……..…69
3.14. Mjediset me humbje……72
3.15. Rrjedhja e fuqisë……...73
3.16. Përçuesit dhe dielektrikët……74
3.17. Thellësia e depërtimit……...76

KAPITULLI 4.
RRYMAT BREDHËSE - KUPTIMI, FAKTORËT, IMPAKTI I TYRE.

4.1. Fusha elektromagnetike……78
4.1.1. Fusha elektrike……78
4.1.2. Fusha magnetike……78
4.1.3. Fushat elektrike dhe fushat magnetike……79
4.1.4. Konstantë elektrike dhe magnetike……79
4.2. Rrymat bredhëse (parazitare apo endacake)……..…82
4.2.1. Hyrje……...82
4.2.2. Rrymat elektrike bredhëse (shëtitëse)……82
4.2.3. Burrimet e rrymave elektrike bredhëse……..83
4.3. Pasojat dhe dëmtimet nga rrymat bredhëse……83
4.3.1. Rrymat bredhëse - burimi kryesor i korrozionit……83
4.3.2Dëmtimi dhe pasojat negative nga fushat elekromagnetike dhe rryma bredhës. 84
4.4. Burime natyrore të fushave elektromagnetike……84
4.4.1. Burime njerëzore të fushave elektromagnetike……..84
4.4.2. Bazat e gjatësisë së valës dhe frekuencës……85
4.4.3. Fusha elektromagnetike në frekuenca të ulëta EMF……..86
4.5. Fusha elektrike dhe fusha magnetike e ndryshueshme ……87
4.5.1. Ligji i induksionit të Faradeit ……88
4.5.2. Forca elektromagnetike në qarqet në lëvizje……..93
4.5.3. Ligji i Lencit……96
4.5.4. Fusha elektrike e induktuar …… ……..97
4.6. Zbatime të ligjit të induksionit të Faradeit mbi lindjen e rrymave ……100
4.6.1. Gjeneratori i rrymës alternative. ……..100
4.6.2. Gjeneratori i rrymës së vazhduar. ……101
4.6. 3. Motorët elektrikë. ……102
4.6.4. Rrymat bredhëse (parasite). ……103
4.7. Induktiviteti…….. ……...105
4.7.1. Induktori për fushën magnetike si kondensatori për fushën elektrike……105
4.7.2. Autoinduksioni……..107

4.7.3. Qarqet RL ……109
4.8. Energjia e fushës magnetike …….. ……113
4.9. Induksioni reciprok …… …….. 115
4.10. Analiza e karakteristikave të rrymave bredhëse……117
4.10.1. Rrymat bredhëse- kuptimi fizik i tyre……117
4.10.2. Ekuacionet matematikore të rrymave bredhëse……..118
4.10.3. Rrymat bredhëse në mjedise të lëvizëshme……120
4.10.4. Rrymat bredhëse sipas Ligjit të Faraday-it……121
4.11. Rrymat bredhëse- parametrat dhe metodat e vlerësimit……122
4.11.1. Madhësitë që përcaktojnë vlerën e rrymave bredhëse……123
4.12. Variblat e fushave elektromagnetike……126
4.12.1. Potencialet……..126
4.12.2. Potenciali vektorial elektrik……131
4.12.3. Funksioni rrjedhës ……132
4.12.4. Forma integrale……...134
4.12.5. Forma variante……137
4.12.6. Forma e integralit kufizues ……140

KAPITULLI 5.
NIVELI I NDOTJEVE ELEKTROMAGNETIKE NË MJEDISET PORTUALE TË SHQIPËRISË

5.1. Hyrje……149
5.2. Objekti i studimit ……149
5.2.1. Porti Detar i Durrësit ……150
5.2.2. Porti Detar i Vlorës……150
5.2.3. Porti Detar i Sarandës……151
5.2.4. Porti Detar i Shëngjinit……..151
5.3. Metodika e studimit……..151
5.4. Instrumentet matës …….`..152
5.4.1. Instrumenti matës elektro-smog TES-92……152
5.4.2. Termo-hygrometër dhe barometër (atmosfera) PCE-THB 40……154
5.5. Rezultatet e studimit……155
5.5.1. Matja e karakteristikave meteorologjike……156
5.5.2. Matja e karakteristikave të fushave elektromagnetike……157
5.5.2.1. Rezultatet e matjeve mbi karakteristikat e fushave elektromagnetike në Portin Detar të Durrësit……..157
5.5.2.2. Rezultatet e matjeve mbi karakteristikat e fushave elektromagnetike në Portin Detar Vlorë……160

5.5.2.3. Rezultatet e matjeve mbi karakteristikat e fushave elektromagnetike në Portin Detar Sarandë……163
5.5.2.4. Rezultatet e matjeve mbi karakteristikat e fushave elektromagnetike në Portin Detar Shëngjinë……...167
5.6. Interpretimi i rezultateve ……169
5.6.1. Karakteristikat e mjediseve portuale ujit/tokës dhe ajërit……170
5.6.2. Interpertimi……... 171

KAPITULLI 6.
MODELI MATEMATIKOR PËR VLERËSIMIN E RRYMAVE BREDHËSE

6.1. Hyrje.....173
6.2. Rëndësia e problemit.....174
6.3. Format matematikore të ekuacioneve të Maksuellit 175
6.4. Ekuacioni i parë i Maksuellit.....176
6.5. Ekuacioni i dytë i Maksuellit……..… 178
6.6. Ekuacioni i tretë i Maksuellit…….…. 179
6.7. Ekuacioni i katërt i Maksuellit……180
6.8. Forma diferenciale e ekuacioneve të Maksuellit…….. 183
6.8.1. Ekuacioni i parë i Maksuellit në formë diferenciale……185
6.8.2. Ekuacioni i dytë i Maksuellit ne formë diferenciale……. 186
6.8.3. Ekuacioni i tretë i Maksuellit në formë diferenciale…… 186
6.8.4. Ekuacioni i katërt i Maksuellit në formë diferenciale……. 187
6.9. Modeli matematikor i zgjedhur..... 187
6.9.1. Metoda e Njutonit për zgjidhjen e funksioneve jolineare edhe për sistemin e funksioneve me shumë variabla.....188
6.9.2. Karakteristikat dhe shkaqet e përdorimit të metodës së Njutonit për përcaktimin e parametrave elektromagnetik 188
6.9.2.1. Përcaktimi i rrymave fazore në agregate industriale.....188
6.9.2.2. Përcaktimi i fuqisë komplekse 189
6.9.3. Parametrat e fuqisë aktive dhe reaktive 189
6.9.4. Sistemet e ekuacioneve në formë matricore 190
6.9. Blloka skema për programimin e modelit matematikor.....195

Konkluzione……196
BIBLIOGRAFIA……199

.

LISTA E FIGURAVE

Figura 1.1. Harta gjeografike e vijës bregdetare të Shqipërisë 3
Figura 1.2. Korridori 8-të dhe rrugët lidhëse të tij me qendrat e banuara 8
Figura 1.3. Portet detare Shqiptare 8
Figura 1.4. Pozicioni gjeografik i portit detarë të Durrësit, si dhe portet konkurruese dhe tregjet e mundshme përgjatë Korridorit 8-të.....10
igura 1.5. Pamje nga aktivitet që ofron Porti Detar i Durrësit.....11
Figura 1.6. Trafiku i ngarkesave të përpunuar në portin e Durrësit në vitet 2011 – 2016.....12
Figura 1.7. Pamje nga aktivitetet që realizohen në Portin Detar të Vlorës.....16
Figura 1.8. Pamje nga aktivitetet që ofron Porti Detar i Shëngjinit.....20
Figura 1.9. Pamje e kalatessë re në portin e Shëngjinit 21
Figura 1.10. Pamje nga veprimtarit në Portin Detar të Sarandës 22

Figura 2.1. Fotot mbi llojet e ndotjeve natyrore……...25
Figura 2.2. Trena elektrikë dhe tramvajë.....25

Figura 3.1. Fusha magnetike në një pikë çfarëdo të hapësirës në funksion të rrymës që krijon fushën…….....41
Figura 3.2. Drejtimi i vektorit $d\vec{B}$ është pingul me planin e figurës..... 43
Figura 3.3. Pamje tredimensionale të fushës magnetike që rrethon një përcjellës me rrymë. …….....45
Figura 3.4. Vektori i fushës magnetike dB, i krijuar nga elementi i rrymës IdS është pingul me planin e përcaktuar nga vektorët $\vec{r}$ dhe $d\vec{S}$……..46
Figura 3.5. Pamje e konfiguracionit të vijave të fushës magnetike të një spire rrethore paraqitet në (a). Kjo fushë mund të vihet në dukje me anë të pluhurit të hekurit (b). Fusha ka simetri dhe është e ngjashme me fushën magnetike të një shufre magnetike (c) ……...47
Figura 3.6. Paraqitja e dy përcjellësve të cilët në një largësi a nga njëri tjetri, përshkohen nga rrymat I_1 dhe I_2……..48
Figura 3.7. Në rastin kur përcjellësi nuk përshkohet nga rryma (a). Në rastin kur përcjellësi përshkohet nga një rrymë e vazhduar, me intensitet të lartë, gjilpërat do të orientohen sipas tangentës me rrethin me qendër përcjellësin (b). Kur ndryshon kahu i rrymës ndryshon edhe kahu i gjilpërave (c)……50
Figura 3.8. Analiza e n vijë të mbyllur te një rreth koncentrik me rreze r……...51
Figura 3.9. Vlerat e$\vec{B}$ dhe $d\vec{S}$ kanë kahe të njëjtë ose kahe të kundërt……51
Figura 3.10. Paraqitja e vijëstë fushës së një solenoidi……53
Figura 3.11. Kur spirat janë shumë të ngjeshura dhe solenoidi ka një gjatësi të kufizuar, vijat e fushës janë si në figurën a. Konfiguracioni i vijave të fushës është i

ngjashëm me atë të një shufre magnetike(fig.a). Për këtë arsye një skaj i solenoidit sillet si pol veri (N) i një magneti dhe tjetri si pol jug (S)……..53
Figura 3.12. Prerje gjatësore e një pjese të solenoidit me rrymë I……..…54
Figura 3.13. Toroidi mund të konsiderohet si një solenoid i palosur në formën e një unaze…….55
Figura 3.14. Zbatim i ligjit e Amperit për një vijë të mbyllur drejtkëndëshe sipas së cilës do të llogaritim integralin linear……..56
Figura 3.15. Përcaktimi i fluksit të fushës magnetike mbi një sipërfaqe elementare dSnë mënyrë të ngjashme me fluksin e fushës elektrike……..57
Figura 3.16. Fluksi magnetik nëpër sipërfaqen plane……...57
Figura 3.17. Fusha magnetike, ku vijat e forcës së saj nuk fillojnë dhe nuk mbarojnë në ndonjë pikë……...58
Figura 3.18. Fluksi elektrik në një sipërfaqe të mbyllur që rrethon një prej ngarkesave të një dipoli elektrik…….....58
Figura 3.19. Për të shqyrtuar këtë problem le të ndjekim procesin e ngarkimit të një kondensatori …….59
Figura 3.20. Fluksi elektrik nëpër sipërfaqen S_2të pllakës……...61
Figura 3.21. Vektorët E dhe H shtrihen në rrafshin xy dhe vektori E shtrihet në drejtim të boshtit x. …….....68
Figura 3.22. Karakteristikat e valëve të rrafshëta në mjediset pa humbje dhe në ato me humbje.....73

Figura 4.1. Siç tregohet në seksionin Vlerat e konstantet elektrike dhe magnetike...81
Figura 4.2. Shprehja e efektit te mediumit në praninë e një mjedisi polarizues.....81
Figura 4.3. Efekti i mediumit te shprehet në terma të përshkueshmërisë relative...82
Figura 4.4. Simbolizimi i pasojave mbi njerëzit nga fushat e krijuar nga linjat e transmetimit të tensionit të lartë 86
Figura 4.5. Simbolizimi i pasojave mbi njerëzit nga fushat e krijuar nga linjat e transmetimit të tensionit të lartë…….....87
Figura 4.6. Pamje e një spirë përcjellëse në të cilën është lidhur një galvanometër, (a) ndikimi mbi spirë kur afrohet një magnet (b) dhe kur largohet (c) ….....89
Figura 4.7. Një bobinë e quajtur primare është e lidhur në seri me një çelës dhe një bateri…….90
Figura 4.8. Spira që kufizon një sipërfaqëS është e zhytyr në një fushë magnetike uniforme…… 91
Figura 4.9. Paisje sigurimi, që përdoret për të mbrojtur përdoruesit e aparaturave elektrike nga shkarkesat elektrike……..92
Figura 4.10. Prodhimi i tingujve në kitarën elektrike……93
Figura 4.11. Përcjellës vijëdrejtë me gjatësi 1, i cili lëviz në një fushë magnetike uniforme ……..94

Figura 4.12. Shufër përcjellëse me gjatësi l që rrëshqet mbi dy udhëzues përcjellës të fiksuar dhe paralel ……94
Figura 4.13. Magneti largohet nga spira, rryma e induktuar……95
Figura 4.14. Spirë rrethore përcjellëse me rreze r, që ndodhet në një fushë magnetike uniforme, pingul me planin e spires…… 96
Figura 4.15. Ekzistenca e fushes elektrike të induktuar edhe nëse nuk ka një unazë përcjellëse…… 98
Figura 4.16. Ndërtimi i gjeneratorit……99
Figura 4.17. Tipi i gjeneratorit ku kolektori përbëhet nga një unazë e ndarë në dy pjesë, komutatori……..100
Figura 4.18. Lavjerrësi, i cili përbëhet nga një pllakë metalike bakri ose alumini të varur në një fije të ngurtë, që lëkundet në një fushë magnetike…….. 101
Figura 4.19. Fusha magnetike B hyn në planin e figurës dhe kur pllaka lëkundet brenda fushës magnetike në pozicioni 1, rrymat parazite që lindin kanë kahun antiorar…… 102
Figura 4.20. Prerja tërthore drejtkëndore e një toroidi me N spira dhe me përmasa të caktuar…… 103
Figura 4.21. Rryma në një bobinë mund të ndryshohet, duke lëvizur kursorin e reostatit……104
Figura 4.22. Bobina ku kalon rrymë
Figura 4.23. Qark elektrik me rezistenca e brendshme e baterisë është e papërfillshme
Figura 4.24. Varësia e rrymës nga koha në një qark RL ……...108
Figura 4.25. Shpejtësia e ndryshimit të rrymës maksimale ……..109
Figura 4.26. Qark elektrik me intensitet të rrymës me vlerën e vet maksimale……110
Figura 4.27. Varësia e rrymës nga koha në një qark elektrik me intensitet të rrymës me vlerën e vet maksimale……112
Figura 4.28. Dy bobina, rryma elektrike me intensitet I_1, që qarkullon në bobinën 1 me N_1 spira, krijon një fushë magnetike, vijat e forcës të së cilës përshkojnë dhe bobinën 2 me N_2 spira ……112

Figura 5.1. Pamje nga matjet direkte në hapsirat portuale të karakteristikave të fushave elektromagnetike(matjet në tokë, uji dhe ajër).....152
Figura 5.2. Pamje e instrumentit matës elektro-smog TES-92.....153
Figura 5.3. Pamje e përgjithshme e instrumentit Termo-hygrometër dhe barometër (atmosfera) PCE-THB 40.....154

Figura 6.1. Veprimi me vektor……177
Figura 6.2. Veprimi mbi ngarkes……177
Figura 6.3. Vijat e fushës……....177
Figura 6.4. Paraqitje skematike e konceptimit të fluksit të fushës magnetike…..178
Figura 6.5. Skema mbi fluksin e fushës elektrike zero ……179

Figura 6.6. Skema mbi fluksin e fushës elektrike te i ndryshëm nga zero ……..179
Figura 6.7. Forma integrale në formë diferenciale tëhapsirave ku ka fusha
Figura 6.8. Paraqitja e vektorit të tensioneve dhe të përcjellshmërisë në formë komplekse trigonometrike.....184.

LISTA E TABELAVE

Tabela 1.1. Distancat e porteve detare nga qendrat e banuar më të rëndësishme më të afërt 9
Tabela 1.2. Të dhënat mbi trafikun e ngarkesave në Portin detar të Durrësit në vitet 2011 – 2016 11
Tabela 1.3. Të dhënat mbi strukturën dhe shërbimet e Portit Detarë Durrës sipas kalatave 12
Tabela 1.4. Karakteristikat, pajisjet dhe kapacitetet përpunues e të terminalit të kontejnerëve..... 13
Tabela 1.5. Karakteristikat, pajisjet dhe kapacitetet përpunuese të terminalit lindor..13
Tabela1.6. Karakteristikat, pajisjet dhe kapacitetet përpunuese të terminalit perëndimor
Tabela 1.7. Konsumi i energjisë elektrike i pasqyruar sipas kategorive të ambienteve të ndriçimit 14

Tabela 2.1. Standardi mbi vlerat e lejuara të fushës elektromagnetike në mjediset të ndryshme. (Përmbledhje e udhëzimeve të ekspozimit të ICNIRP).....30
Tabela 2.2. Burimet e zakonshme të fushave elektromagnetike, vlerat e niveleve maksimale gjatë ekspozimit publik. (Zyra Rajonale e OBSH për Evropën).....31
Tabela 2.3. Vlera e densitetit të fushës elektrike të krijuara nga pajisjet e përdorimit shtëpiakë, distancë 30 [cm]. (Zyra Federale për Sigurinë nga Rrezatimi, Gjermani 1999).....32
Tabela 2.4. Vlera e densitetit të fushës magnetike të krijuara nga pajisjet e përdorimit shtëpiakë (Zyra Federale për Sigurinë nga Rrezatimi, Gjermani 1999).....32

Tabela 3.1. Vlerat e thellësisë së depërtimit për bakër.....71

Tabela Nr.5.1. Karakteristikat meteorologjike dhe rezistencat elektrike në mjediset portuale..... 156
Tabela Nr.5.2. Karakteristikat meteorologjike dhe rezistenca elektrike e mjediseve të Portit Detar të Durrësit në momentin e matjes.....157
Tabela Nr.5.3. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit të Durrësit (matjet janë bërë në hyrje të portit).Vlera e matjes së momentit „ DREJTË ’’.....157
Tabela Nr.5.4. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar të Durrësit (matjet janë bërë në hyrje të portit).Vlera maksimale e matjes „ MAX ’’.....158
Tabela Nr.5.5. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar të Durrësit (matjet janë bërë në hyrje të portit).Vlera mesatare e matjes „ AVG ’’..... 158

Tabela Nr.5.6. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar të Durrësit (matjet janë bërë në hyrje të portit).Vlera mesatare e maksimale „ MAX AVG ’’..... .159
Tabela Nr.5.7. Niveli i karkateristikave të fushës elektromagnetike në hapsirat e Portit Detar Durrës (uji / tokë/ ajër). (matjet janë bërë 50 m largë makinerive) [10]..... .159
Tabela Nr.5.8. Karakteristikat meteorologjike dhe rezistenca elektrike e mjediseve të Portit Detar të Vlorës në momentin e matjës..... 160
Tabela Nr.5.9. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit të Vlorës (matjet janë bërë në hyrje të portit). Vlera e matjes së momentit,,DREJTË’’ 160
Tabela Nr.5.10. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar të Vlorës (matjet janë bërë në hyrje të portit).Vlera maksimale e matjes „ MAX ’’.....161
Tabela Nr.5.11. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar të Vlorës (matjet janë bërë në hyrje të portit).Vlera mesatare e matjes „ AVG ’’.....161
Tabela Nr.5.12.Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar të Vlorës (matjet janë bërë në hyrje të portit).Vlera mesatare e maksimale „ MAX AVG ’’.....162
Tabela Nr.5.13. Niveli i karkateristikave të fushës elektromagnetike në hapsirat e Portit Detar Vlorë (uji / tokë/ ajër). (matjet janë bërë 50 m largë makinerive).....162
Tabela Nr.5.14. Karakteristikat meteorologjike dhe rezistenca elektrike e mjediseve të Portit Detar Sarandës në momentin e matjes.....163
Tabela Nr.5.15. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar Sarandës (matjet janë bërë në hyrje të portit).Vlera matjes së momentit „ DREJTË ’’..... 163
Tabela Nr.5.16. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar Sarandës (matjet janë bërë në hyrje të portit).Vlera maksimale e matjes „ MAX ’’.....164
Tabela Nr.5.17. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar Sarandës (matjet janë bërë në hyrje të portit).Vlera mesatare e matjes „ AVG ’’.....164
Tabela Nr.5.18. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar Sarandës (matjet janë bërë në hyrje të portit).Vlera mesatare e maksimale „ MAX AVG ’’..... 16 5
Tabela Nr.5.19. Niveli i karkateristikave të fushës elektromagnetike në hapsirat e Portit Detar Sarandës (uji / tokë/ ajër). (matjet janë bërë 50 m largë makinerive).....165
Tabela Nr.5.20. Karakteristikat metrologjike dhe rezistenca elektrike e mjediseve të Portit Detar Shëngjinë në momentin e matjes.....166

Tabela Nr.5.21. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar Shëngjinit (matjet janë bërë në hyrje të portit).Vlera e matjes së momentit „ DREJTË ’’.....166
Tabela Nr.5.22. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar Shëngjinit (matjet janë bërë në hyrje të portit).Vlera maksimale e matjes „ MAX ’’.....167
Tabela Nr.5.23. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar Shëngjinit (matjet janë bërë në hyrje të portit).Vlera mesatare e matjes „ AVG ’’.....167
Tabela Nr.5.24. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar Shëngjinit (matjet janë bërë në hyrje të portit).Vlera mesatare e maksimale „ MAX AVG ’’.....168
Tabela Nr.5.25. Niveli i karkateristikave të fushës elektromagnetike në hapsirat e Portit Detar Shëngjinë (uji / tokë/ ajër). (matjet janë bërë 50 m largë makinerive).....169
Tabela Nr.5.26. Rezistencës specifiketë ujit..... 169
Tabela Nr.5.27. Varësia e rezistencës specifikenga temp. Për një tokë argjilore,me 15% lagështirë është dhënë temperatura.....170
Tabela Nr.5.28. Varësia e rezistencës elektrike specifike të tokës argjilore në temperaturën 10^0C nga përmbajtja e lagështisë në përqindje.....170
Tabela Nr.5.29. Vlerat e rezistencës elektrike specifike të dhënave të ndryshëm, që kanë interes të madh për të cilat konstantja relative magnetike është: $\mu r = 1$, në funksion të frekuencës.....171
Tabela Nr.6.1. Format matematikore te katër ekuacionet e Maksuellit, mbi karakteristikat e fushës elektrike dhe magnetike..... 183

LISTA E SHKURTIMEVE

OBSH-Organizata Botërore e Shëndetësisë
EMF- Fusha elektromagnetike
ELF-Fusha magnetike të frekuencave ekstremisht të ulëta
RF- Fushat e radiofrekuencës
ICNIRP - Komisioni Ndërkombëtar për Mbrojtjen nga Rrezatimi Jo-Jonizues
IEC- Komisioni Ndërkombëtar Elektroteknik
ITU- Bashkimi Ndërkombëtar i Telekomunikacionit
ISO- Organizata Ndërkombëtare për Standardizim
IEEE- Instituti i Inxhinierëve Elektrike dhe Elektronikë
CENELEC - Komitetit Evropian për Standardizimin e Elektroteknikës

IARC (1995). Monografi për vlerësimin e rreziqeve kancerogjene të njerëzve: Preambula. Agjencia Ndërkombëtare për Kërkimin e Kancerit, Lyon, Francë.
ICNIRP (1998) (Komisioni Ndërkombëtar për Mbrojtjen nga Rrezatimi Jo-Jonizues), Udhëzime për kufizimin e ekspozimit ndaj kohës që ndryshon elektrike, magnetike dhe elektromagnetike fusha (deri në 300 GHz). Fizika Shëndetësore 74 (4), 494-522. (http://www.icnirp.org/)
ICNIRP (2002) Qasja e përgjithshme ndaj mbrojtjes kundër rrezatimit jo-jonizues. Shëndetësor Fizika 82 (4), 540-548.
IEEE (2004) (Instituti i Inxhinierëve Elektrikë dhe Elektronikë), C95.6, standard IEEE për nivelet e sigurisë në lidhje me ekspozimin e njeriut ndaj fushave elektromagnetike në frekuenca 0-3 kHz, Komiteti Ndërkombëtar për Sigurinë Elektromagnetike (ICES).
IEEE (2005) (Instituti i Inxhinierëve Elektrikë dhe Elektronikë), C95.1, standard IEEE për nivelet e sigurisë në lidhje me ekspozimin e njeriut ndaj radio frekuencave elektromagnetike fusha, 3 kHz deri në 300 GHz, Komiteti Ndërkombëtar për Sigurinë Elektromagnetike (ICES).
ITU (2004) (Bashkimi Ndërkombëtar i Telekomunikacionit), K.52, Udhëzime për përputhjen me kufizime për ekspozimin e njeriut në fushat elektromagnetike.
Repacholi MH (1998). Ekspozimi i nivelit të ulët në fushat elektromagnetike të radiofrekuencës: efektet shëndetësore dhe nevojat për hulumtim. Bioelektromagnetika 19: 1-19.
OBSH , 1946. Preambula e Kushtetutës së OBSH-së e miratuar nga International Konferenca e Shëndetit, New York, qershor 1946. Regjistrimet Zyrtare të Shëndetit Botëror Organizata, Nr. 2, 100.
EN Gazeta Zyrtare e Komuniteteve Evropiane 30. 7. 1999 L 199/59 II(Aktet, botimi i të cilave nuk është i detyrueshëm) REKOMANDIMI I KËSHILLIT i 12 korrikut 1999 Mbi kufizimin e ekspozimit të publikut të gjerë në fushat elektromagnetike (0 Hz deri në 300 GHz) (1999/519 / EC)

OVERVIEW

(Dissertation for Doctoral Degree)

Mathematical Study and Evaluation of Contaminant Factors in Port Facilities of the Republic of Albania..

ABSTRACT

The dissertation presents a theoretical and general description of phenomena arising from electromagnetic fields in natural, industrial and social environments. Through contemporary measurement techniques in two calendar years, the characteristics of the electromagnetic fields present in the port facilities of the Republic of Albania are presented the real state of the electromagnetic fields and the level of pollution from the streams. Based on the results obtained and their interpretation, we have initiated a mathematical model for determining the value of the pollution caused by electromagnetic fields. This mathematical model, referring to meteorological conditions for the study period, evaluates meteorological factors, installed power, and other factors. Determining and testing the factors that determine the characteristics of the electromagnetic fields and the value of the winding currents (resistance, humidity, temperatures, pressure, and others), aiming at monitoring, the impact of currents on the environment, the normal work of machinery and management teams. This dissertation works on the seaports of the Republic of Albania, part of the transport infrastructure in general and the maritime sector, in particular, supports the Albanian vision and policy for organizing and restructuring the portal infrastructure in accordance with the norms and requirements of the time standards .

Key words: pollution, electromagnetic field, meteorological factors, installed power, mathematical model.

1. INTRODUCTIONI

Earth, water and air have their own electromagnetic field, so humanity has always been surrounded by the electromagnetic field and in particular the currents that induce these areas in these environments . But with industrialization, the use of electromagnetic fields has spread widely.

Machinery, equipment, manufacturers of electromagnetic fields as well as television, radio, mobile telephony, electrical equipment etc. have grown the presence of these electromagnetic waves, environmental pollution from these waves and their negative consequences. Surface currents are electrical currents that derive frome lectric circuits or induced by electromagnetic fields that are created, or any other type of currents that are born on earth, water and air from external sources.

Usually, these currents when they are in low value and operate for short intervalsdo not cause major damage, but when they operate for long intervals and have high current frequencies as sources, they poseaserious risk. Electric winding currents can be either continuous or alternating current that exists for partial time intervals or at continuous intervals.

Surface flow sources in protracted environments are: electromagnetic fields of machinery and equipment installed, corrosion protection installations, galvanic coating systems and installations, electrowelding systems and equipment, induced currents of piping systems lying in port facilities, Induction lines of electrical line cables, railway lines, pipelines, jumper bearings, in or near port facilities, and any breakdowns or defects that mayarisein port energy systems. Or all other sources of electricity currents from other electricity consumers near or on the outskirts of the port facilities. (Houses, other industrial infrastructure) .

The level of electromagnetic fields and ignition currents depends on: the machinery and equipment installed and their power, by atmospheric factors (temperature, atmospheric pressure, wave, humidity),

salinity content, presence of electrical defects, magnetic and electrical characteristics of environment (materials).

Constant electric waves on the ground, water and air in portal environments cause damage to the normal operation of machinery and causes damages to human health injuries, biodiversity damages (floraandfauna), As well as affect the work of machinery and electrical equipment installed at the gateway.

The high and significant values of their currents or their densities cause not only corrosion as the highest form of damages in the area of maritime transport that are damage to marine environments and damage to infrastructure, but also cause damage to fauna and flora, people and other damage to be assessed. Electric eddy current is the form of pollution that causes the greatest damages from corrosion.

Thus, according to Xhon, corrosion damage caused by carbon steel contained in NaCl solutions with a concentration of 0.1N, enclosed by 60Hz fluorescence fluorescents and 300 density (A/m^2) are very high, while the intensity of bi damage when they are crippled, due to the hydrogen liberating reaction. Also, the risk of corrosion damage and the rate of corrosion of the currents, increases in cases where they are continuous, the value increase increases to 1%.

Damage to corrosion of continuous currents is high especially in aluminum materials and its bonds, namely when their density is 15 (A/m^2), the rate of damage reaches 5% when the density increases to 100 (A/m^2) the injury rate goes to 31%. Despite the impact of the electromagnetic fields on the machinery and equipment and the pollution caused by the currents in ecosystems (fauna and flora), they also have negative consequences for human society.

There is a group of people who repor thealth problems from electromagnetic fields, headache, dizziness, memory problems, heart rhythm disorders and skin irritation. These are considered sensitive to these domains.

The study data of Carlsson et al. show that 1.9% of people have problems with monitors (not LCDs) and fluorescent lights (these emit electromagnetic waves besides light) 2.4% report inconvenience from electrical fields. In1991, William J.Rea concluded that "there is strong evidence that sensitivity to electromagnetic fields exists".

Part of the "allergic" people to electromagnetic fields have serious health problems, they receive medical reports, or disability retire for that reason. Sensitivity to electromagnetic fields is especially popular in Sweden. It is thought that electromagnetic fields increase the risk of leukemia.

2. OBJECT OF STUDY

The object of our study is the land, water and air spaces of the Port of Durrës, the Naval Port of Vlora, the Port of Saranda and the Port of Shengjin, part of the maritime transport infrastructure in our country. These facilities located in the shores of Albania lying between the Adriatic Sea and the Ionian Sea are important not only as part of the transport structures, but also as important objects for tourism.

The study is the object of real direct measurements of the characteristics of the electromagnetic fields created on the seabirds of our country's seaplane, focusing on the pots that have the largest installed electric power, 50 (m) and 100 (m) from them, and in separating environments between cities (residential areas) and port facilities. Our temperature monitoring, atmospheric pressure, wave height, absolute humidity in these study points has also been done on our part.

The Maritime Port of Durrës is located in the northern part of the sea bay of Durres along the coastline with an area of 1400 (m) with a surface area of 670000 (m^2), an area of 650000 (m^2), with an entry channel of 6755 (ml), width 120 (m), depth 9.5 (m), limited to light bulbs from its beginning to the waves, while the depth on the port territory is 7.3 (m) to 11.5 (m).

The Naval Port of Durres is the largest port in Albania that offers all port services. Its port facility consists of 12 marshes with a total length of 2275 (ml) and is able to process about 78% of Albania's

international maritime traffic, has a processing capacity of 5,000,000 tonnes per year.

Vlora Sea Port is the second port in Albania of importance, located about 90 km south of the Port of Durres and is defined as the second entrance of Corridor VIII. In this port, the processing of ferry boats with passengers and cargo ships is carried out, covering about 10% of the export-import goods. The port is in the process of developing its infrastructure and superstructure, which include the construction of the piers for ferries and ferry crossings.

The Naval Port of Vlora is built in the Vlora bay and has a total area of 5,300 (m²) with an aquarium of 5,000 (m²). Depth min. of the port 4.6 (m) and the maximum depth. and port 11 (m). The maximum processing capacity of the goods, loading and unloading is 5400 (tons/24hrs).

It is an open harbor with 2 main bridge where merchant ships and ferries are processed: Bridge "0" with dimensions 100 X 18 (m), depth 3-11 (m); Main bridge with dimensions 180 X (10-15) (m) and depth 2-7 (m), processing power 300 - 600 000 tons/year. Processing time for ferries averages 4 to 5 hours, while freight vessels 2-3 days.

The Naval Port of Saranda is the only port in southern Albania and serves the southern cities: Saranda, Delvina, Gjirokastra, Përmet, Tepelenë. The port of the city of Saranda, where the main activities are carried out, has an area of 18 thousand (m²). The port of Saranda is a secondary port located about 160 (Km) south of the Port of Durres, where ships and goods are processed.

As a port within the city with mainly tourist orientation, for processing of passengers, while processing of goods will take place in the bay of Limion (about 3 (Km) from the port of the city). The processing vessel of the goods has a length of 75 (ml) of diving; 6 (m) depth as well as 2000 (m^2) processing squares, in which is installed an electrodync with 5 hooks (tons). Ferry ferry with processing areas 15000 (m^2), with contemporary parameters of length 180 (ml), diving up to 9 (m) depth.

The Naval Port of Shëngjin, located in the northern part of the Republic of Albania, is the only port in this area. Within the port space there are closed storage warehouses with a surface area of 2,000 (m^2) and 10,000 (m^2) space for storing goods. The terminal of the freight terminal is 2,440 (m^2), while the newly constructed passenger with modern parameters is 250 (m^2). 600 meters length for processing commercial vehicles, and a length of 260 (m) for fishing gear.

The port of Shengjin has a total area of 3.750 (m^2) and the surface of the water basin is 3.500 (m^2), with an entry channel of 300 (m) long and 80 (m) wide, the total depth reaches 7 (m).

The current capacity of the port for the processing of ships is 1,500-2,000 (tonne/day) (concretely the amount of 30,000 tons of processed cargo per year), vessels of up to 120 (m) can easily be processed.

3.METHOD OF STUDY

The study is made in 2015 and 2016, according to seasonal quarters due to the characterization of meteorological characteristics.The methodology used is evidencing, statistical and graphical processing of meteorological and electo-magnetic fields in the study points for the two-year period, by pointing out the role of meteorology characteristics at the level of electromagnetic pollution.

So, the results obtained have been processed to give a complete overview of electromagnetic pollution in these environments. We conducted our study for a two-year period 2015 and 2016, divided into four time horizons in each quarter to clearly see the role of environmental and metrology characteristics.

4. MEASURING INSTRUMENTS

4.1.Electro-smog measuring instrument TES-92

For the determination of the characteristic parameters of the electromagnetic field and the electric currents in the marine port facilities of Durres we used the electro-smog instrument TES-92.

The electro-smog measuring instrument TES-92 is with three-dimensional spherical 3.5-degree projection and serves to indicate the average value in three directions. It is a frame that shaves and gives 99 values of the front measurements.

For the values that we seek to receive this device requires to preset the boundary values which it ascertains when it is notified through the LCD alarm system.

Figure 2 View of electro-smog measuring instrument TES-92.

The electro-smog measuring instrument TES-92 is field intensity meter through electromagnetic radiation measurement. It is also used to measure wireless LAN, GSM or microwave radiation determination. With a frequency up to 3.5 (GHz), it is possible to use the device.

Measuring with the three-dimensional probe saves the calculation of individual axes. Small electro-smog meter with appropriate special properties is used in every area and industry, as well as in simple, fast and accurate labs.

The characteristics of the electro-smog TES-92 measuring instrument are: the frequency range that defines 50 (MHz) to 3.5 (GHz), has a Field Electrical Intensity Sensor (E), for three dimensional isotropic measurements, with values ranging from 38 (mV/m) to 11 (V/m), the measurement of the measurements is automatic.

Measurement units are displayed on its screen in: mV/m, V/m, µgA/m, mA/m, µgW/m², mW/m². Resolution: 0.1 mV / m; 0.1 µg A/m; 0.01 µgW/m², while absolute error in measurement (1V/m and 50MHz) ± 1.0 Db and accuracy (depending on frequency) ± 1.0 dB (50 MHz ... 1.9 GHz) ± 2.4 dB (1.9 GHz ... 35 GHz).

While other parameters can be mentioned: Isotropic Deviation of ± 1.0 dB (in Frequency> 50 MHz), maximum detection area 4.2 W/m² (40 V/m), temperature deviation of ± 1.5 dB and other. The average value obtained is with up to 4-digit LCD resolution, can be repeated for every measured value every 400 (ms)

The device has a voice alarm signaling system when it exceeds the boundary values, has a calibration factor disruption, and measurements of measured values Maximum, average and minimum.

4.2.Thermo-hygrometer and barometer (atmosphere) PCE-THB 40

Metrological Factor Data Meter is the Thermo-Hygrometer and Barometer (Atmosphere) PCE-THB 40 Temperature, relative humidity and atmospheric pressure from an SD memory card. PCE-THB 40

Figure 3 Overview of Instrument Thermo- Hygrometer and Barometer (Atmosphere) PCE-THB40

Thermohygrometer and barometer-atmosphere can measure ambient temperature, relative humidity, and atmospheric pressure while keeping these results to an SD memory card. PCE- THB 40 thermohygrometer and barometer-atmosphere is a compact data recorder with a large memory capacity (up to 16 GB of SD card).

This device is an ideal tool for prolonged use in the industrial (transport) sector, but also for other measurements in the industrial sector (heating and cooling processes, temperature on cars and warehouses, etc.). The actual value will be displayed directly on a large LCD PCE-THB LCD 40 Hygrometer and Barometer-Atmosphere. Optional software is the possible and graphical analysis of measured values.

The data is stored directly on the SD card, so it is possible to use analysis using the MS Excel program (eg checking whether a value of a column exceeds the allowed limit). PCE-THB 40 thermohygrometer and barometer-atmosphere has an internal clock to provide people the most accurate results. The metering quota can be adjusted.

Thermocouple and Barometer Instruments The PCE-THB 40 serves for measuring relative humidity, temperature and atmospheric pressure, having a real-time recording memory and a memory card (1 to 16GB), data that are stored directly in the Excel format on the SD card, as the HPA, mmHg and inHg pressure gauges have a large LCD display, it has a simple 2-card hard drive and a software for transferring and analyzing data in computer.

Thermo-hygrometer and barometer-atmosphere PCE-THB 40, 1 x 2GB SD memory card, 1 x card reader. Optionally available: software, ISO-certified, adapter.

5. RESULTS OF THE STUDY

The measurements are carried out for each quarter in 2015 and 2016, on the basis of which we have made an average value for two places, at the entrance to the port and the most loaded with work. Measurements and results are also associated with the values of metrology factors in these areas.

The results obtained are respectively given in the tables below.

Table No. 1. Metrological characteristics and electrical resistance marine facilities

Table No.2. The level of electromagnetic pollution in the facilities of the Naval Port of Durres

(water / earth / air). (Measurements are at 50 (m) large machining distance).

Table No.3. The level of electromagnetic pollution in the facilities of the Naval Port of Vlores (water / earth / air). (Measurements are at 50 (m) large machining distance)

Table No.4. The level of electromagnetic pollution in the facilities of the Naval Port of Sarandes (water / earth / air). (Measurements are at 50 m large machining distance)

Table No.5. The level of electromagnetic pollution in the facilities of the Naval Port of Shengjinit (water / earth / air). (Measurements are at 50 m large machining distance)

6. INTERPRETATION AND DISCUSSION

Referring to the obtained and elaborated results, the level of pollution from the eddy current comes clearly from:

1. Electrical power of machinery installed in the port facilities, where for the largest values are marked at Marine Port of Durres.
2. The presence of electrical faults at different points as a result of the deterioration of the meteorological parameters of the September to March seasons, where the Marine Port of Durres and the Marine Port of Saranda are differentiate because of the geographical position.
3. Values of atmospheric factors (temperature, atmospheric pressure, tumults, humidity), salinity content, and others.
4. Magnetic and electrical environmental characteristics (materials).

Thus, the changes in the values of the characteristics of the electromagnetic field are related to the changes in the humidity content of the air and soil abrasions which depend on the atmospheric pressure, temperature and characteristics of the sea and other waves.

7. LAYING THE PROBLEM

7.1 Importance of the problem

In all instruments, equipment and machinery that run on its electric power, we know about them or the environment in which they work, and the induced magnetic field arises as a separate.

Wisp currents are electric currents arising from induced magnetic fields that arise in the instruments, machinery and equipment was localized by changing the magnetic field.

Wisp stream has been an important element of the work and study phenomena to electrical engineers and is distinguished as a separate entity of the electromagnetic field. Discovering wisp currents, the first studies and achievements in the field of planetary currents belonging Jean Bernard Léon Foucault French physicists.

Currently, the problems caused by wisp currents in the work of the machinery and the impact on environmental conservation has become today, the attitude and evaluation wisp currents, theoretically or practically, cannot be insignificant and without knowing whether the various specialists and so in addition to electrical engineers.

In a certain area of life where we implement electricity, but also in other areas where it can be generated wisp currents can cause significant damage and the consequences so these currents should be evaluated and should be avoided or reduced. In fact, wisp currents are one of the main problems encountered in electrical equipment, affecting work and their normal eration so far attention has focused in this direction skipping consequences and their impact on other areas.

Referring to the studies conducted so far, our work is aimed and aims to assess the problem of environmental pollution wisp currents in port environments, through a mathematical model based on interactive method of Newton for solving nonlinear functions for system functions with many

variables, we thought that the problem is studied and untreated in non-homogeneous environments in which magnetic permeability μ environment is not constant.

Through mathematical model that we have chosen to build, in this paper we aimed at factors that determine the level of pollution wisp currents caused in the premises of harbors in our country, from electromagnetic fields generated by the installed electric power and that induced in these port facilities.

Mathematical modeling of factors that determine the value of focusing on electric currents (planetary + vagabonds) in this paper we have started by using Newton's method where we made the determination of electrical parameters disaggregated in polar coordinates to solve the problem of the distribution of flows power and voltage in marine environments as determinants wisp currents.

The problem of the distribution of powers and tensions we have determined by the nonlinear equations system, where for whose solution we used iterative computational mathematical methods. Besides control of the electric power machinery and equipment installed in ports, should be evaluated as an important problem also attributes the selection of materials.

The method of mathematical modeling, using dinators, enables simple and easy solutions, high quickly and accurately estimates the distribution of powers and tensions, through the system of nonlinear equations, whose solution requires the use of iterative computational mathematical methods.

One of the first methods in this area, it is Gaus-Zeidelit. After the 1960 enlargement, strengthening and increasing the request was passed on to other methods the most advanced in terms of convergence and speed of settlement.

The most powerful modern methods in terms of convergence and speed of settlement is that most programs Newton. Today distribution of power flows, voltage levels in machinery, joints and in different environments algorithm uses Newton's method .

7.2.Newton's method for solving nonlinear functions for the system functions with many variables.

Newton's method is iterative and serves for solving nonlinear functions for the system functions with many variables. Let it be granted non-linear system:

$$\boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}) = \begin{bmatrix} \boldsymbol{f_1}(\boldsymbol{X}) \\ \boldsymbol{f_2}(\boldsymbol{X}) \\ \boldsymbol{f_3}(\boldsymbol{X}) \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \boldsymbol{f_{n-1}}(\boldsymbol{X}) \\ \boldsymbol{f_n}(\boldsymbol{X}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{f_1}(\boldsymbol{X_1}, \boldsymbol{X_2}, \boldsymbol{X_3}, \dots\dots \boldsymbol{X_n}) \\ \boldsymbol{f_2}(\boldsymbol{X_1}, \boldsymbol{X_2}, \boldsymbol{X_3}, \dots\dots \boldsymbol{X_n}) \\ \boldsymbol{f_3}(\boldsymbol{X_1}, \boldsymbol{X_2}, \boldsymbol{X_3}, \dots\dots \boldsymbol{X_n}) \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots. \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots. \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots. \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots. \\ \boldsymbol{f_{n-1}}(\boldsymbol{X_1}, \boldsymbol{X_2}, \boldsymbol{X_3}, \dots\dots \boldsymbol{X_n}) \\ \boldsymbol{f_n}(\boldsymbol{X_1}, \boldsymbol{X_2}, \boldsymbol{X_3}, \dots\dots \boldsymbol{X_n}) \end{bmatrix} \quad (7.1)$$

Solving this system through iterative method to find the roots for iteration t + 1 according to the Newton method, is given by the equation:

$$\boldsymbol{x^{t+1}} = x^t - \mathbf{J^{-1}f(x^t)} \quad (7.2)$$

Where in this equation we have:

x^t - are popular roots of the system equations in iteration t;

f(x^t)– It is the matrix of nonlinear equations system (2.1) at the point x^t;

J – It is Jakobian's matrix, the matrix partial derivatives of the functionfi (i = 1,2,3,…,n).

In general terms the resolution of the system of equations with many variables can be determined and in the form the bottom [3].

$$\begin{bmatrix} \frac{\delta f_1(X_1^t \ldots X_n^t)}{\delta X_1^t}, \ldots \ldots \frac{\delta f_1(X_1^t \ldots X_n^t)}{\delta X_n^t} \\ \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \\ \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \\ \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \\ \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \\ \frac{\delta f_n(X_1^t \ldots X_n^t)}{\delta X_1^t}, \ldots \ldots \frac{\delta f_n(X_1^t \ldots X_n^t)}{\delta X_n^t} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X_1^{t+1} - X_1^t \\ \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \\ \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \\ \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \\ \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \\ X_n^{t+1} - X_n^t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1(X_1^t \cdots X_n^t) \\ \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \\ \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \\ \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \\ \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \\ f_n(X_1^t \cdots X_n^t) \end{bmatrix} \quad (7.3)$$

7.3. Characteristics and causes of using Newton's method for determining the electromagnetic parameters.

7. 3.1.Determination of the phase currents in the industrial aggregate

According to Kirkof law, phase currents in a random nodes K (either source or user) defined by the relation:

$$\mathbf{I_k^0} = \sum_{m \in k} \acute{Y}_{km} * (\mathbf{U_k^0} - \mathbf{U_m^0}) \quad (7.4)$$

Where:$\acute{Y}_{km}$ - conductivity is the branch between the node K and m ;

$\mathring{U}k = Uk \cdot e^{j\theta k}$ dhe $\mathring{U}m = Um \cdot e^{j\theta m}$ – tensions are phased in K nodes and m;

$m \epsilon k$ - symbol indicating that they are obtained nodes "m"associated with the respective side branches to the node "K";

km = 1,2,3,… N – the nodes name are;

N – is the total number of system nodes including reference nodes.

Value of I, $\mathring{U}$, Y with the mark are complex, and are not a sign of their modules.

7. 3.2. Determinig of complex power

Complex power calculated at a random nodes K, the iteration t, express the relation:

$$\boldsymbol{F_k^t} + \boldsymbol{j}.\boldsymbol{G_k^t} = \mathring{U}_k^t \cdot \sum_{m \in k} \acute{Y}_{km}^* (U_k^t - U_m^t)^* \quad (7.5)$$

F_k^t – active power is calculated to node iteration K T;

G_k^t – reactive power is calculated to node iteration K t;

$*$- the sign that indicates the value of cognitive respective sizes.

7.3.3.The parameters of active and reactive power

Active and reactive powers are functions of θ and U tensions modules, i.e.,

$$F_k = f_k(\theta, U) G_k = g_k(\theta, U)$$

Taking into consideration the partial differential expression (7.5) towards variables θ and U iteration t, going from full differential on finite additions and taking complex difference between the planned power and that calculated, the system in the form of generalized matrix for each node reads:

$$[\boldsymbol{F}^{t}_{\theta km}] * [\Delta\theta^{t}_{k}] + [\boldsymbol{F}^{t}_{Ukm}] \cdot [\Delta\boldsymbol{\theta}^{t}_{k}] = [\Delta\boldsymbol{P}^{t}_{k}]$$

$$[\boldsymbol{G}^{t}_{\theta km}] * [\Delta\theta^{t}_{k}] + [\boldsymbol{G}^{t}_{Ukm}] \cdot [\Delta U^{t}_{k}] = [\Delta\boldsymbol{Q}^{t}_{k}]$$

Where we have:

$$\begin{bmatrix} F^{t}_{\theta km} & F^{t}_{Ukm} \\ G^{t}_{\theta km} & G^{t}_{Ukm} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta\theta^{t}_{k} \\ \Delta P^{t}_{k} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta\boldsymbol{U}^{t}_{k} \\ \Delta\boldsymbol{Q}^{t}_{k} \end{bmatrix} \qquad (7.6)$$

From where we emphasive: ΔP^{t}_{k}, ΔQ^{t}_{k}, $\Delta\theta^{t}_{k}, \Delta U^{t}_{k}$, they represent the backbones matrix, while$F^{t}_{\theta km}, F^{t}_{Ukm}, G^{t}_{\theta km}, G^{t}_{Ukm}$, represent square matrices formed by a partial derivatives.

7. 3.4.Systems of equations in matrix form

The system of equations (7.7) in matrix form unbuttoned, excluding the reference node labeled with the number 1 and given names and expositions above, takes the form of basic Newtonian relation (7.4) as follows:

$$\begin{bmatrix} \frac{\delta \mathbf{F}^{t}_{\mathbf{F}\theta 2}}{\delta\theta_2}, \frac{\delta F u^{t}_{2}}{\delta U_2}, \dots\dots\dots \frac{\delta F u^{t}_{2}}{\delta\theta_N}, \frac{\delta F u^{t}_{2}}{\delta U_N} \\ \frac{\delta G\theta^{t}_{2}}{\delta\theta_2}, \frac{\delta G^{t}_{u2}}{\delta U_2}, \dots\dots \frac{\delta G^{t}_{\theta 2}}{\delta\theta_N}, \frac{\delta G^{t}_{u2}}{\delta U_N} \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \frac{\delta F^{t}_{\theta N}}{\delta\theta_2}, \frac{\delta F^{t}_{UN}}{\delta U_2} \dots\dots \frac{\delta F^{t}_{\theta N}}{\delta\theta_N}, \frac{\delta F^{t}_{UN}}{\delta U_N} \\ \frac{\delta F^{t}_{\theta N}}{\delta\theta_2}, \frac{\delta G^{t}_{UN}}{\delta U_2}, \dots \frac{\delta G^{t}_{\theta N}}{\delta\theta_N}, \frac{\delta G^{t}_{UN}}{\delta U_N} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Delta\delta\theta^{t}_{2} \\ \\ \Delta U^{t}_{2} \\ \dots. \\ \dots. \\ \dots. \\ \Delta\theta_N \\ \Delta\boldsymbol{U}_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P^{t}_{2} \\ \\ \Delta Q^{t}_{2} \\ \dots. \\ \dots. \\ \dots. \\ \Delta P_N \\ \Delta Q_N \end{bmatrix} \qquad (7.7)$$

Where we have: $\Delta\theta^{t} = \theta$t+1 = θt+1 - θt ; ΔUt = Ut+1 - Ut ; Indexs t + 1 and t show the order number of iterative cycle. The partial derivatives.

$$\frac{\delta F}{\delta\theta}, \frac{\delta F}{\delta U} \;\; dhe \;\; \frac{\delta G}{\delta\theta}, \frac{\delta G}{\delta U}$$

who are in the matrix of expression (7.8), calculated as follows:

By substituting the expression (7.7) for the partial derivatives pressure and power in specific nodes obtained matrix take this form:

$$\begin{bmatrix} \boldsymbol{F}_{\theta 22}, \boldsymbol{F}_{U22}, \dots\dots\dots \boldsymbol{F}_{\theta 2N}, \boldsymbol{F}_{U2N} \\ \boldsymbol{G}_{\theta 22}, \boldsymbol{G}_{U22}, \dots\dots \boldsymbol{G}_{\theta 2N}, \boldsymbol{G}_{U2N} \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \boldsymbol{F}_{\theta N2}, \boldsymbol{F}_{UN2} \dots\dots \boldsymbol{F}_{\theta NN}, \boldsymbol{F}_{UNN} \\ \boldsymbol{G}_{\theta N2}, \boldsymbol{G}_{UN2}, \dots. \boldsymbol{G}_{\theta NN}, \boldsymbol{G}_{UNN} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Delta\theta_2 \\ \Delta\boldsymbol{U}_2 \\ \dots. \\ \dots. \\ \dots. \\ \Delta\theta_N \\ \Delta\boldsymbol{U}_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta\boldsymbol{P}_2 \\ \Delta\boldsymbol{Q}_2 \\ \dots. \\ \dots. \\ \dots. \\ \Delta\boldsymbol{P}_N \\ \Delta\boldsymbol{Q}_N \end{bmatrix} \qquad (7.8)$$

The number of system equations for N node network, not counting the reference node and labeled with "m" number of nodes with the module fixed voltage (node (P, U) is 2N - m, for nodes (P, U)

equation written only ΔP and not ΔQ.

This matrix presents the mathematical model of Newton's method for solving the problem of the distribution of power flows and voltage factors as the basis for determining the level of pollution.

8. CONCLUSIONS

The study object, the results obtained from the meteorological factors monitoring, the measurements made on the characteristics of the electromagnetic fields in the port facilities give a clear picture of the eddy current pollution in these environments.

According to this study, the level of pollution from the eddy currents depends not only on the installed electric power and the presence of possible technical defects but also depends on the content of the absolute humidity, temperature and atmospheric pressure in these environments. Factors that depend on the position of the shore, the protection system from the eras and the waves, the weather, etc.

The metrological factors play a decisive role in the environment's impact on its conductivity, the environments directly reflect on the parameters of the magnetic and electron field surrounding these environments.

PARATHËNIE

Qëllimi kryesor i punimit është përcaktimi i nivelit të ndotjeve elektromagnetike në mjediset portuale, duke u bazuar në studimeteorike të fenomeneve dhe dukurive që shoqërojnë fushat elektromagnetike, në rezultate e matjeve konkrete të fushave elektrike dhe fushave magnetike, si dhe ballafaqimin me të dhënat reale të projektimit dhe shfrytëzimit të makinerive të instaluara në këto mjedise.

Në bazë të këtyre rezualtateve kemi ndërtuar një model matematikor për vlerësimin e parametrave të fushave magnetike dhe fushave elektrike, duke i konsideruar si pjesë të ndotjeve në këto mjedise. Po kështu ne kemi parashikuar rolin dhe ndikimin e karakteristikave meteorologjike në nivelin e këtyre ndotjeve.

Ky studim është realizuar në mbështetje të vizionit dhe synimeve të politikës së shtetit shqiptarë ndër vite për ndërtimin e një sistemi të transportit të qëndrueshëm, të sigurt, me kosto optimale dhe miqësor me mjedisin, i integruar në rajon dhe Europë, i arritshëm nga të gjithë, i cili do të kontribuoj në rritjen ekonomike të vendit dhe cilësinë e jetës së qytetarëve.

Ndër synimet e këtij punimi janë: rehabilitimi dhe ndërtimi i infrastrukturës dhe superstrukturës së portit detar të Durrësit, Vlorës, Shëngjinit, Sarandës; ndërtimi me koncesion i terminaleve të specializuara me teknologji përpunimi bashkëkohorë; për rritjen e kapaciteteve akostuese dhe përpunuese të porteve; rritja e bashkëpunimit dhe integrimi në sistemin e porteve të rajonit të Adriatikut dhe Evropës; rritja e kulturës, dhe nivelit të kontrollit sistematik të plotësimit të standardeve teknike të anijeve shqiptare, në përputhje me konventat ndërkombëtare.

Objektivat e studimit

Modulimi matematikor i faktorëve që përcaktojnë vlerën e rrymave bredhëse në mjediset portuale të RSH, me qëllim vlerësimin e tyre për të evituar, monitoruar dhe kontrolluar impaktet e tyre mbi mjediset.

1.Përcaktimi dhe evidentimi i gjendjes aktuale të fuqisë së instaluar elektrike në strukturat portale të vendit tonë.

2.Përcaktimi eksperimental i karakteristikave të fushës elektromagnetike dhe i vlerës së rrymave bredhëse në mjediset portuale.

3. Përcaktimi dhe testimi i faktorëve që përcaktojnë karakteristikat e fushës elektromagnetike dhe vlerën e rrymave bredhëse (rezistencës, lagështisë, temperaturat, presionin, e tjera).

4. Ndërtimi i modelit matematikor të faktorëve të vlerësimit të rrymave bredhëse.

5. Testimi, simulimi dhe krahasimi i modelit matematikor me rezultatet e matjeve konkrete.

6. Për të evituar dhe eliminuar nëpërmjet monitorimit, impaktin e rrymave bredhës

ndaj mjedisit, punës normale të makinerive dhe ekipeve të menaxhimit.

7. Për një organizim më efikas të investimeve dhe buxheteve në kuadër të rikonstruktimit dhe rindërtimin infrastrukturave të porteve të vendit tonë.

8. Për organizimin dhe ristrukturimin e infrastrukturave portale në përputhje me normat dhe kërkesat e standardeve të kohës, sidomos lidhur me vlerësimin e impaktit të ndotjeve, sigurisë dhe besueshmërisë së shërbimeve tjera.

Objektii studimit në këtë punim disertacion janë hapsirat e porteve detare të Republikës së Shqipërisë, të cilat përfaqësojnë pjesën më të rëndësishme të infrastukturës së transporitit në përgjithësi dhe atij detar në veçanti, si elementë kryesor në realizmin e transportit të mallrave, pasagjerëve, peshkimit, turizmit dhe të zhvillimit.

Transporti detar si zgjidhja mëe mirë tekniko-ekonomike e transportit në përgjithësi, ka si karakteristik specifike cilësinë, garancinë, besueshmërinëtë cilat varen dhe përcaktohen nga niveli i cilësisë së infrastukturës portuale. Në këtë këndë vështrim studimi ynë është përqendruar te përcaktimi, vlerësimi dhe monitorimi i nivelit të ndotjeve elektromagnetike në këto mjedise, si dhe gjetjen e një modeli matematikor për vlerësimin e tyre.

Kështu në gjuhën e këtij punimi, termi ndotje elektrike, nënkupton ndotjet nga rrymat bredhëse (endacake).

Metodologjia e studimit

Ky disertacion është realizuar në saj të studimit teorik dhe pjesë eksperimetale konkrete në hapsirat portuale të vendit tonë, realizuar në vitin 2015 dhe 2016, krahasimet si dhe sintezës së rezultateve të marra.

Historiku i evoluimit t*ë* ***studimeve mbi rrymat bredhëse****.*

Rrymat bredhëse kan qenë një element i rëndsishëm i punës dhe i fenomeneve të studiuar nga inxhinierët elektrik, si një problem i veçantë i fushës elektromagnetike. Studimet e para dhe arritjet shkencore mbi rrymat bredhës i përkasin *Jean Bernard Léon Foucault [1] – fizikant francez.****(vitet, referencat)***

Aktualisht, problemet që shkaktohen nga rrymat bredhëse në punë e makinerive dhe në impaktin ndaj mjedisit ka bërë që sot, qëndrimi dhe vlerësimi i rrymave bredhëse, teorikisht apo praktikisht, nuk mund të jetë i parëndësishëm dhe i pa njohur qoftë për specialistët e ndryshëm dhe aq më tepër për inxhinierët elektrik.

Në një fushë të caktuar të jetës ku kemi zbatimin e elektricitetit, por edhe në fusha të tjera ku mund të gjenerohet rryma bredhëse mund të shkaktojë dëme të rëndësishme dhe me pasoja prandaj këto rryma duhet vlerësuar dhe duhet shmangur ose reduktuar.

Në fakt, rrymat bredhëse janë një nga problemet kryesorë që ndeshen në pajisjet elektrike, që ndikojnë në punë dhe funksionimin normal të tyre prandaj deri më sot vëmendjen i është fokusuar vetëm në këtë drejtim duke lënë mënjanë pasojat dhe ndikimin e tyre në fusha të tjera, sidomos në aspektin e ndotjeve.

Si studime të para dhe të plota mbi rrymat bredhëse mund të përmendim:

-studimet e përdorimit të kufizuar mbi bazat e përqasjes analitike dhe mbulim i konfigurimit një dimensional të rrymave bredhëse, të realizuar nga Lameraner dhe Stafl në vitin 1968,

-studimi i metodës analitike dhe atë numerike, që bëri në vitin 1971 Stoll 1974, duke dhënë një gamë të gjerë të konceptimit të rrymave bredhëse,

-studimi i vitit 1985 i Togopoulos dhe Kriezis, i përqëndruar në metodat analitike që aplikohen kryesisht në konfigurimet dy dimensionale,

-studimi më i plotë dhe konkret është realizua në vitin 1993 nga Bunet i cili trajton jo vetëm fenomenin e rrymave bredhëse, për këndvështrimin kompjuterik të tyre.

-studimi që jepet në punimin shkencor Monographi in Elektrical and Electronic Engineering "Numerical Modelling of Eddy Currenrts", realizuar nga Andrezej Krawczyk, John A. Tegopoulos në vitin 1993.

Në të cilin është krijimi i një perceptimi mbi metodat numerike të fenomeneve të rrymave bredhëse. Në të cilin është shpjeguar se si një model matematik, është një bashkësi relacionesh matematike që përshkruan fenomen fizik i bazuar në ligjet bazë të fizikës, punim i cili është një studim unik, koherent dhe i qëndrueshëm.

Për tu veçuar si një nga studimet më të rëndësishme, duhet të theksojmë se në këtë studim janë vlerësuar rrymat bredhëse në mjedise homogjen, në të cilat përshkrueshmëria e magnetike μ e mjedisit është konstante.

Synimet e studimit, duke ju referuar studimeve të cituar më sipër, punimi ynë ka për qëllim dhe synon të ***vlerësoj problemin e ndotjeve t***ë ***mjedisit nga rrymat bredh***ë***se n***ë ***mjediset portuale***, nëpërmjet një modeli matematik bazuar në **Metoda interative t**ë **Njutonit për zgjidhjen e funksioneve jolineare, për sistemin e funksioneve me shumë variable,** që ne kemi menduar se është problem i studiuar dhe i patrajtuar në mjedise jo homogjen, në të cilat përshkrueshmëriamagnetike μ e mjedisit nuk është konstante.

Nëpërmjet modelit matematikor që ne kemi zgjedhur të ndërtojmë, në këtë punim ne kemi synuar që faktorët që përcaktojnë nivelin e ndotjeve nga rrymat bredhëse, shkaktuar në mjediset e porteve detare të vendit tonë, nga fushat elektromagnetike që krijohen nga fuqit elektrike të instaluar dhe që induktohen në këto mjedise portuale, t'u japim përgjgijet tre pyetjeve:

Cila është fusha me e përshtatshme për të përshkruar dhe interpertuar një fenomen konkret elektromagnetik në një mjedisë që ndikojnë faktorët atmosferik në vlerën kryesore të fushës magnetike (kostantja magnetike ka vlera të ndryshueshëm para në një mjedisë jo homogjen).

Formulimi matematikor i fenomenit duke përdorur fushën e elektromagnetike në kushte specifke.

Gjetja e përafrimit më të saktë të lidhur me këtë formulim

Orjentimi i punimit për të realizuar saktë këto detyra të shtruar, na ka mundësuar dhe siguruar realizmin e studimit:

- unik për një bashkësi të dhënash adekuate, të një modeli i cili jep një dhe vetëm një zgjidhje,

-të një modeli koherent, i cili në qoftë se variablat e marra për çdo model janë të përshtatshme,

-si dhe të një modeli të qëndrueshëm i cili nuk ndikohet nga ndërhyrje të vogla, të tipit ndërhyrje në të dhëna dhe/ose parametrat e modelit krijojnë ndryshime propocionale në zgjidhje.

STRUKTURA E DISERTACIONIT

Hyrje

Përmbledhje e disertacionit

Kapitulli 1.Transporti detar në Republikën e Shqipërisë.

Pozicioni gjeografik i Shqipërisë. Infrastruktura e transportit në Shqipëri Historiku i detarisë Shqiptare. Transporti detar Shqiptarë aktualisht. Infrastruktura e transportit detar. Përshkrimi i porteve detare shiptare.

Kapitulli 2. Ndotjet nga fushat elektromagnetike ndaj ambjenteve të ekspozuar

Ndikimet e fushave elektromagnetike. Efektet shëndetësore që ndodh nga ekspozimi ndaj fushave elektromagnetike.Standardet mbi nivelet e lejuar të ndotjeve elektromagnetike. Ndotje e mjediseve natyrore tëformave të ndryshme

Kapitulli 3. Forma matematikore të karakteristikave të fushës elektromagnetike

Fusha elektromagnetike – kuptimi dhe ndikimi i saj në krijimin e rrymave bredhës. Teori mbi rezistencën elektrike, rrymat elektrike bredhës si dhe fushën magnetike në tokë, uji dhe ajër. Fusha magnetike e rrymave elektrike. Ekuacionet e fushës elektromagnetike në regjimin periodik të thjeshtë.

Kapitulli 4. Rrymat bredhëse- kuptimi, faktorët, impakti i tyre.

Fusha elektromagnetike Fusha elektrike, Fusha magnetike,Fushat elektrike dhe fushat magnetike.Rrymat bredhëse (parazitare apo endacake). Dëmtimi dhe pasojat negative nga fushat elekromagnetike dhe rrymat bredhëse. Burime natyrore të fushave elektromagnetike. Forca elektromagnetike në qarqet në lëvizje. Zbatime të ligjit të induksionit të Faradeit mbi lindjen e rrymave Energjia e fushës magnetike. Rrymat bredhëse sipas Ligjit të Faraday-it.Rrymat bredhëse- parametrat dhe metodat e vlerësimit.Madhësitë që përcaktojnë vlerën e rrymave bredhëse. Variablat e fushave elektromagnetike

Kapitulli 5. Niveli i ndotjeve elektromagnetike në mjediset portuale të Shqipërisë

Objekti i studimit: Porti Detar i Durrësit, Porti Detar i Vlorës, Porti Detar i Sarandës, Porti Detar i Shëngjinit. Instrumentet matës. Rezultatet e studimit. Interpretimi i rezultateve. Përcaktimi i vlerës së rrymave në infrastrukturat portuale të Shqipërisë. Pajisjet dhe instrumentet që përdoren sot për përcaktimin e vlerave të rezistencës dhe rrymës elektrike si dhe fushës magnetike në tokë, uji dhe ajër. (të dhëna teknike, standardizimi i tyre, rregullat e përdorimit). Evidentimi dhe pasqyrimi i gjendjes dhe karakteristikave të makinerive dhe pajisjeve që përdoren me energji elektrike në portet shqiptare. Përcaktimi i fushës magnetike, rrymave elektrike bredhëse

si dhe rezistencës elektrike në tokë, uji dhe ajër në mjediset portale. Interpretimi i rezultateve eksperimentale-dhënia e mendimeve e rekomandimeve konkrete.

Kapitulli 6. Modeli matematikor për vleresimin e rrymave bredhëse

Forma matematikore dhe diferenciale të ekuacioneve të Maksuellit mbi fushën elektromagnetike.Metoda e Njutonit. Sistemet e ekuacioneve jo lineare. Sistemet e ekuacioneve me shumë variabël. Matrica e sistemit të ekuacioneve jolineare Matrica Jakobiane. Diferencialet e pjesshme, Diferencialet e plota me shtesa të fundme. Diferencialet komplekse.Modelimi matematikor i faktorëve që përcaktojnë vlerën e rrymave bartëse. Simulimet nëpërmjet modelit matematikor dhe krahasimi i rezultateve me matjet konkrete.

Konkluzionet

BIBLIOGRAFIA.

H Y R J E

Citimi i bërë nga *William Thomson se: "Në qoftë se nuk mund të shprehësh diçka në vlera numerike, njohurit tuaj janë të varfëra dhe të pamjaftueshme",* është motoja që ka bërë që këto tre dekadat e fundit të arrihet në përdorimin e matematikës në të gjitha fushat e shkencës. Progres i konsiderueshëm është bërë në zhvillimin dhe përdorimin e metodave numerike për zgjidhjen e shumë problemeve po këtu edhe në fushat elektromagnetike me frekuenca të larta dhe të ulta.

Këto probleme janë trajtuar duke përdorur zgjidhjet analitike, por këto zgjidhje janë të limituara në konfigurime gjeometrike, në një kohë që shumë problemet janë lineare. Konfigurime të tilla mund të gjenden në aplikimet teknike, por shumica e pajisjeve elektromagnetike që përdoren sot, shoqërohen nga probleme fizike, që nuk kanë një gjeometri të thjeshtë. Këto raste ato mund të trajtohen duke përdorur zgjidhje numerike dhe kjo është arsyeja për përdorimin e tyre gjithë përfshirës. Ky progres është realizuar nëpërmjet arritjeve të realizuar në fushën e zhvillimit të kompjuterave

Megjithatë, edhe pse ekziston disavantazhi i limitimit në zgjidhje gjeometrike, zgjidhjet analitike kanë avantazhin se janë të shpejta dhe të sakta dhe ndërtohen në baza fizike. Gjithsesi, zgjidhjet numerike mund të përshtaten me çdo konfigurim, pavarësisht komplikimeve që mund të ketë. Është pikërisht kjo karakteristikë, që e bën më se të nevojshme. Fakti që këto zgjidhje janë iterative rezulton në llogaritje të gjata kompjuterike dhe kontakti me bazat fizike pothuajse humbet.

Efekti i rrymave bredhëse është duke rritur rëndësinë e vetë, duke ndjekur trendin e krijimite të pajisjeve elektromagnetike me densitet të lartë të fuqisë. Kjo kërkon nga inxhinierët a kan njohuri të gjerë të fenomeneve elektromagnetike kur krijojnë dhe operojnë me këto pajisje, duke qenë se rrymat bredhëse ndikojnë në mënyrë direkte në përformancën e aparateve elektrike. Ky ndikim mund të jetë i dëshirueshëm ose jo. Ndaj, ekzistojnë pajisje të cilat bazohen në zhvillimin e rrymave bredhëse, si motorët ose lëshuesit linearë, pajisje për krijimin e magnetizmit, për gjenerimin ose përqëndrimin e fushave të larta magnetike e të tjera.

Në raste të tilla, rrymat bredhëse janë të dëshirueshme dhe të shfrytëzueshme. Në raste të tjera, rrymat bredhëse janë të padëshirueshme duke qenë se shkaktojnë humbjet Joule dhe duhet të minimizohen. Në të dyja rastet, rrymat bredhëse duhet të përshkruhen dhe të përcaktohen në mënyrë të saktë. Përcaktimi i rrymave bredhëse në një konfigurim të dhënë duke përdorur zgjidhje numerike është qëllimi i punimit të këtij materiali. Specifikisht, metodat janë të disponueshme me një kriter të përdorimit të tyre. Gjithashtu, janë prezantuar procedurat e zgjidhjes me disa aplikime tipike për secilin rast.

Në këtë trajtim gjithëpërfshirës të zgjidhjeve numerike të problemeve të rrymave bredhëse, ky punim është i orientuar në dhënien e simulimeve matematike për

metodat ekzistuese, por gjithashtu diskuton mënyrën se si duhen shkallëzuar ekuacione specifike. Janë përfshirë gjithashtu diskutime rreth konotacione fizike të metodave.

Në të gjithë instumentet, pajisjet dhe makinerit që funksionojnë në saj të rrymës elektrike, dim ***(referohu shkencëtarëve apo teorive)*** se rreth tyre apo në mjedisin ku ato punojnë, lind dhe induktohet fushë magnetike si një enditet i veçantë.

Rryma bredhëse janë rryma elektrike që lindin nga fushat magnetike që induktohen , lindin në instrumenta, pajisjeve dhe makinerive dhe që lokalizohen nga ndryshimi i kësaj fushe magnetike.

Rryma bredhëse ka qenë një element i rëndsishëm i punës dhe i fenomeneve të studiuar për inxhinierët elektrik dhe është dalluar si një entitet i veçantë i fushës elektromagnetike. Zbulimi i rrymave bredhëse, studimet e para dhe arritjet në fushën e rrymave bredhës që i përkasin *Jean Bernard Léon Foucault [1] – fizikant francez.**(vitet, referencat)***

Aktualisht, problemet që shkaktohen nga rrymat bredhëse në punët e makinerive dhe në impaktin ndaj mjedisit ka bërë që sot, qëndrimi dhe vlerësimi i rrymave bredhëse, teorikisht apo praktikisht, nuk numd të jetë i parëndësishëm dhe i pa njohur qoftë për specialistët e ndryshëm dhe aq më tepër për inxhinierët elektrik.

Në një fushë të caktuar të jetës ku kemi zbatimin e elektricitetit, por edhe në fusha të tjera ku mund të gjenerohet rryma bredhëse mund të shkaktojë dëme të rëndësishme dhe me pasoja prandaj këto rryma duhet vlerësuar dhe duhet shmangur ose reduktuar. Në fakt, rrymat bredhëse janë një nga problemet kryesorë që ndeshen në pajisjet elektrike, që ndikojne në punë dhe funksionimin normal të tyre prandaj deri më sot vëmendjen i është fokusuar vetëm në këtë drejtim duke lënë mënjanë pasojat dhe ndikimin e tyre në fusha të tjera.

KAPITULLI 1.

TRANSPORTI DETAR NË REPUBLIKËN E SHQIPËRISË

1.1. Pozicioni gjeografik i Republikës së Shqipërisë.

Republika e Shqipërisë, shtrihet në pjesën jugperëndimore të Gadishullit Ballkanik, ka një sipërfaqe prej 28,748 ($Km^{2)}$ dhe rreth 2,9 milion banorë. Gjatësia e përgjithshme e vijës kufitare është 1094 (Km), nga të cilat janë: 657 (Km) janë kufi tokësor, 316 (Km) kufi detarë, 48 (Km) kufi lumor dhe rreth 73 (Km) kufi liqenor. Në perëndim Shqipëria laget nga Deti Adriatik e në jug-perëndim nga Deti Jon, ndodhet vetëm 78 (Km) larg Italisë, përgjatë ngushticës (kanalit) së Otrantos[1],[2],[24]. Kjo vijë bregdetare ka një karakter të ndryshëm dhe është e pasur me plazhe ranore, kepa, gjire të mbrojtura, laguna, plazhe të vegjël zallorë, shpella detare etj.

Shqipëria ka një pozitë të favorshme gjeografike, pasi gjendet në kryqëzimin e rrugëve më të shkurtra që kalojnë nga Mesdheu perëndimor për në Ballkan e Azinë e Vogël dhe kontrollon kalimin përmes kanalit detar të Otrantos. Luginat e saj më të gjëra janë ato të lumenjëve Drin, Shkumbin dhe Vjosë, që lehtësojnë, njëkohësisht, lidhjen e brendshme të Ballkanit me detin Adriatik dhe të Azisë së Vogël me viset e Mesdheut. Bregdeti i Adriatikut shtrihet nga gryka e Bunës deri në Kepin e Gjuhëzës. Në Gjirin e Vlorës në drejtim të jugut, bregdeti është i lartë, shkëmbor, ku dominon mali i Karaburunit. Gjiret kryesore të Shqipërisë janë: Gjiri i Drinit, Gjiri i Lalzit, Gjiri i Durrësit, Gjiri i Karavastasë dhe Gjiri i Vlorës, në hyrje të së cilës gjendet ishulli i Sazanit [1], [2].

Portet e Shqipërisë kanë funksionuar në bregdetin shqiptar që në kohët e lashta si në Dyrrah, Ulqin, Tivar, Aulone, Apoloni, Onhezmi, etj. Gjatë shekujve VII-XII Durrësi ishte skela kryesore në perëndim të Perandorisë Bizantine. Gjatë periudhës së principatave arbërore u ngritën skela të vogla kryesisht në grykat e lumenjëve si në Shirgj, Shëngjin, Shufada, Rodon, Bashtovë, Pirg dhe Spinaricë, zhvillimi i të cilave u frenua gjatë periudhës së pushtimit osman [2], [24].

Gjatë viteve 1928 deri 1934 u ndërtua Porti Detar i Durrësit dhe disa pontile druri në Sarandë, Vlorë e Shëngjin, të cilat u shkatërruan gjatë Luftës së Dytë Botërore. Nga viti 1945 deri në vitin 1952, u rindërtua Porti i Durrësit dhe disa kalata betoni në Vlorë, Sarandë e Shëngjin. Gjatë bregdetit Jon janë ndërtuar kalata e pontile në gjirin e Spilesë në Himarë dhe në Sasaj që shërbenin kryesisht për transport agrumesh [2], [24].

1.1.1. Deti Adriatik

Deti Adriatik është një pjesë e Detit Mesdhe, që ndan Gadishullin Apenin nga Gadishulli Ballkanik. Bregu perëndimor i Detit Adriatik është Italia, kurse në lindje deti lag brigjet e Sllovenisë, Kroacisë, Bosnjën dhe Hercegovinës, Malit të

Zi dhe së fundi Shqipërisë deri në Vlorë. Ky qytet në jug të së cilit gjendet Deti Jon, ka një sipërfaqe 138.595 (Km) katrorë, thellësia më e madhe arrinë 1330 (m), temperatura mesatare e ujit në korrik arrinë 23,2^0 C, ndërsa ajo mesatare vjetore 17,5 ^{0}C. Në jug saliniteti arrinë 38,32 promila, dukshmëria në bregdet është 5 (m) ndërsa në brendësi deri 45 (m) [4], [5].

Deti Adriatik është njëri prej dy deteve që lag brigjet e Shqipërisë, bregu përgjat tij është kryesisht një breg ranor. Në këtë det derdhen shtatë lumenj që rrjedhin nga treritori shqiptar si: lumi i Drinit te Bardhë, lumi i Drini te Zi, lumi i Vjoses, Lumi i Bunes, Lumi i Matit, Lumi i Shkumbinit dhe lumi i Semanit.

Figura 1.1. Harta gjeografike e vijës bregdetare të Shqipërisë[1], [24].

Pjesa jugore e Detit Adriatik është dukshëm më e ulët, duke arritur midis Durrësit dhe Barit, të thellë të saj më të madh rreth 1260 (m). Fundi jugor i detit është në ngushticën e Otrantos, ku distanca midis Italisë dhe Shqipërisë është 71 (Km). Përmbajtjen e kripshmërisë më e madhe është rreth 2,5 % (sipërfaqe të ujit dhe rritjen e jugut në 3.9 %) në derdhjen e lumenjve [3], [5].

Pjesa veriore e këtij deti është e cekët me shumë laguna. Brigjet italiane po bëhen gjithnjë e më tepër malore në jug nga delta. Vija bregdetare është relativisht e drejtë dhe praktikisht nuk ka ishuj në det të hapur. Vetëm është vendosur në malet e Gargano Puglia shtrihet në një gadishull rreth 50 (Km) në lindje të Adriatikut. Bregun lindor, kryesisht në gadishullin Kroat, është malor dhe me shumë ishuj [3], [24].

Pjesa kryesore e bregdetit lindor zë peizazhin e jugut Kroatë Dalmat. Klima karakterizohet nga vera shumë e ngrohtë, e thatë dhe e butë, nganjëherë me shi dhe lagësht dimri. Në verë, mbizotëron moti i qëndrueshëm, me pak erë. Në dimër, rajoni i Adriatikut është nën ndikimin e presionit të ulët nga zonat e Atlantikut. Kështu është ndonjëherë klimë shumë e ngrohtë jugor me erëra të ftohta të veriut [5], [6].

1.1.2. Deti Jon

Deti Jon është një pjesë e Detit Mesdhe, ndodhet në jug të Kanalit të Otrantos dhe Detit Adriatik, ndërsa në lindje kufizohet nga Shqipëria jugore. Deti Jon, është njëri prej dy deteve që lag brigjet e Shqipërisë.

Bregdeti i Detit Jon është i lartë, shkëmbor me bukuri të shumta natyrore. Deti Jon është nga vozitësit e anijeve shumë i njohur për erërat e tij të qeta. Ai është i thellë deri në 5121 (m). Në Detin Jon derdhen lumi Kalama dhe lumi i Nartës që janë pak sa më të njohur, si dhe lumenjtë Pavlla, Kalasa, Bistrica etj [3], [24].

1.2. Infrastruktura e transportit në Shqipëri

Infrastruktura e transportit në vendet e Ballkanit të në vite, ka patur një zhvillimi të pamjaftueshëm në tërësi. Në këto vende infrastruktura përbëhej nga hekurudha të shkatërruara rrugë të ngushta, si pasoj e pamundësisë financiare. Me gjithë prapametjet në drejtim të infrastrukturës, si pasoj e sundimit të Perandorisë Osmane apo Perandorisë Austro-Hungareze në çerekun e fundit të shekullit të 19-të dhe gjatë viteve të para të shekullit të 20-të, vendet Ballkanike filluan të bëjnë disa investime në infrastrukturën e transportit, kështu që në vitin 1920 ato ishin shumë prapa Evropës nga aspekti i zhvillimit të kësaj infrastrukture.

Pas Luftës së Dytë Botërore vendet e Ballkanit, i kushtuan kujdes të veçantë investimeve në këtë drejtim. Për këtë arsyje ato edhe pse krijuan Këshillin e Ndihmës Ekonomike Reciproke (CMEA) në vitin 1049 për vendet e Bllokut Lindor, nuk patën shumë sukses në integrimin e transportit mes vendeve anëtare. [17], [29].

Në këtë pikë kuptohet se vendet e Ballkanit inkurajuan transportin rrugor, ndërsa nuk bënë investime të mjaftueshme në përmirësimin e transportit ujor dhe hekurudhor. Në anën tjetër vendet e Ballkanit zhvilluan disa projekte që synojnë integrimin nga aspekti i transportit në nivel rajonal. Në këtë kontekst projektet në fjalë shqyrtohen me hollësi në kuadër të Procesit të Berlinit. Edhe pse Procesi i Berlinit arriti të vë në pah një vullnet të fortë politik dhe projektet konkrete për përmirësimin e lidhjeve të transportit në Ballkan, ai vazhdon të ballafaqohet edhe me sfidat e pamjaftueshmërisë financiare.

Shqipëria për shkak të pozicionit gjeografik strategjik, si një nga vende më të rëndësishme të Ballkanit ka shërbyer, si një urë lidhëse, nyje kyçe dhe tepër e rëndësishme. Si e tillë ndër vite njihet për zhvillimin e transportit, nisur nga transporti rrugor, ajrorë, detarë dhe hekurudhor [17], [29].

1.2.1. Transporti detar

Transporti detar është përfaqësuar nga Porti detar i Durrësit, i cili është porta kryesore e Korridorit 8. Në këtë port ka filluar investimi i një shume prej 23 milion ($) dollarë, ku Banka Botërore mbulon pjesën më të madhe me 17 milion ($) dollarë, Fondi i OPEC-ut për Zhvillimin Ndërkombëtar 5 milion ($) dollarë dhe qeveria shqiptare 1 milion ($) dollarë [12], [25].

Punimet përfshijnë ndërtimin e tre kalatave të reja, rikonstruksionin e katër kalatave ekzistuese, rikonstruksionin e shesheve dhe rrugëve brenda portit, blerjen e vinçave të rinj dhe pjesëve të këmbimit për to, blerjen e paisjeve teknologjike, etj.

Gjithashtu, janë orfuar edhe 34 milione ($) dollarë për modernizimin dhe zgjerimin e tij, nga të cilat 11 milion ($) dollarë janë kredi të dhëna nga Programi PHARE i Komunitetit Europian dhe Banka Europiane e Investimeve. Projekti përfshin ndërtimin e terminalit të ri të trageteve dhe rikonstruksionin e atij ekzistues. 90 % e volumeve të transportit detar në Shqipëri kryhen nëpërmjet portit të Durrësit dhe kapaciteti vjetor i përpunimit të mallrave është rreth 3 milion ton [12].

Në port aktualisht përpunohen anije deri në 15 mijë ton, ndërsa me thellimin e akuariumit hyrës të portit pritet që në te, të përpunohen anije deri në 40 mijë ton. Rehabilitimi i kalatave, murit dallgëthyes, kthimi i zonës doganore në zonë fiskale, do ta bëjë portin detar shumë të fuqishëm dhe shpejtësia e përpunimit të anijeve do të rritet

2-3 herë. Me krijimin e zonës fiskale, kapaciteti i portit do të arrijë në 5 milion ton mallra të përpunuara në vit [20].

Aktualisht, në portin e Durrësit është dyfishuar numri i trageteve krahasuar me një vit më parë. Çdo javë në këtë port akostohen rreth 40 tragete dhe katamarane, që lidhin Durrësin me porte të tjera të Mesdheut. Nga 2-3 tragete në ditë që përpunoheshin në kalatat e portit, tashmë numri i tyre është dyfishuar [23], [20].

Ndërkohë, edhe në Portin e dytë të vendit për nga rëndësia, ai i Vlorës po kryhen, si dhe pritet të kryhen investime të konsiderueshme.

1.2.2. Transporti ajror

Shqipëria ka sot vetëm një aeroport ndërkombëtar civil. Aeroporti i Rinasit, i ndërtuar pas Luftës së Dytë Botërore, ka një kapacitet përpunimi prej rreth 250 mijë persona në vit. Në këtë aeroport janë bërë disa investime nga kompania gjermane Siemens për përmirësimin e pistës dhe vendqëndrimit të avioneve.

Në aeroportin e Rinasit kryejnë fluturime 12 shoqëri ajrore, ku nga këto 10 shoqëri janë të huaja dhe 2 janë të përbashkëta me kompani shqiptare. Shumë shpejt do të përfundojë edhe ndërtimi i aeroportit të Kukësit me financues kryesor Emiratet e Bashkuara Arabe [28], [29].

1.3. Historiku i detarisë Shqiptare

Shqiptarët njehen si detar të zotë në rajonin e tyre. Sfidat e para i kanë fituar stërgjyshërit tanë, Jordet e Liburnet nga romakët, shqiptarët humbën terren në detin Adriatik dhe rajon, ndërsa një pjesë e flotës, u fut nën flamurin grek dhe luajti një rol të rëndësishëm në forcimin e flotës Helene. Venedikasit, nën pretekstin se anijet niseshin nga bregdeti shqiptarë, i konsideronin piratë dhe nisnin sulmin kundër tyre. Venediku censuronte edhe zhvillimin e flotave të Ulqinit, Shkodrës dhe Durrësit.

Pushtimi turk shkatërroi flotën tonë, pasi ajo u largua për në vendet fqinje. Edhe një pjesë e vogël që u fut nën flamurin turk, u shkatërrua nga sulmet e flotës greke, në kohën e kryengritjes anti turke. Austro-Hungaria që kishte qëllim të merrte Adriatikun, hyri në marrëveshje me turqit për të shkatërruar konkurrentet kryesorë, shqiptarët e Ulqinit, me ndihmën e turqëve, arriti ta djeg atë qytet dhe bashkë me te, edhe anijet e ulqinakëve [2], [24].

Historia e zhvillimit detar në Shqipëri fillon që nga stërgjyshërit tanë Ilirët. Të vendosur në bregun lindor të adriatikut, ata kuptuan rëndësinë e pozicionit të tyre bregdetare dhe filluan, nëpërmjet detit Adriatik, të kalonin me mjete primitive nga njëri

breg në tjetrin, duke krijuar marrëdhënie të ngushta ekonomike mes dy brigjeve. Në vendin tonë kanë ekzistuar forma shumë primitive mjetesh lundrimi. Në bregdetin e Himarës është përdorur si mjet lundrimi koshi i thurrur me shufra dhe i veshur nga jashtë me lekurë, por vetëm me kalimin e kohës është zhdukur nga përdorimi. Në Ulqin janë përdorur barkat e njëtrungëshe deri rreth vitit 1570 [3], [24].

Në ujrat e brendëshme tokësore, përdoren edhe në kohën e sotme, si në lumin Bunë, përdorimi i disa mjeteve me origjinë mjaftë primitive, të cilat erdhën deri në kohët e afërme, janë dëshmi e formave fillestare të mjeteve të lundrimit. Këto janë përdorur edhe nga Ilirët, në kohën e fillimit të veprimtarisë së tyre detare. Gojëdhënat e detarëve tanë të vjetër tregojnë se me mjete të tilla të vogëla njëtrungëshe, gjatë stinës së verës, lundronin në brigjet e Adriatkut dhe tregëtonin me skelat e tjera [1].

Himariotët me mjete të tilla primitive, lundronin gjatë bregut, deri në Kepin e Gjuhëzës (Karaburunit), ku prej këndej drejtoheshin për në perëndim deri në det të hapur e pas një dite lundrimi me rrema, kalonin Adriatikun (Kanalin e Orantos) dhe dilnin në bregun tjetër. Gjatë këtij lundrimi, orientoheshin ditën me anë të diellit, ndërsa natën me anën e yjeve [1], [23].

Mënyra praktike e orientimit ishte e thjeshtë në të djathtë dhe në të majtë të bashit (pjesa e përparme e anijes). Në fillim të mjetit të lundrimit, vinin shenja të konvecionaleve që i përgjigjeshin një skele të caktuar. Detari i cili qëndronte në kiç, (pjesa e prapme e anijes), mbante në një vijë të drejtë shikimin e tij në shenjë konvencionale dhe në shenjën qiellore, gjatë gjithë udhëtimit të tij. Me këto mjete dhe metoda të para të lundrimit, që mbetën deri vonë, ilirët e vjetër filluan jetën e tyre detare, të cilën më vonë e shndërruan në një shkallë shumë më të lartë [1], [24].

1.4. Transporti detar Shqiptarë aktualisht.

Shqipëria është e vendosur në një pozicion shumë të favorshëm gjeografik, në pjesën Jug-Lindore të Ballkanit, ku 1/3-ën e kufirit e ka det, rreth 316 (Km), për të cilën vlerësohet si një vend bregdetar, me kushte të favorshme natyrore. Në këtë kufij detar janë të vendosur portet detare më të rëndësishme të vendit dhe rajonit.

Figura 1.2. Korridori 8-të dhe rrugët lidhëse të tij me qendrat e banuara [17], [18].

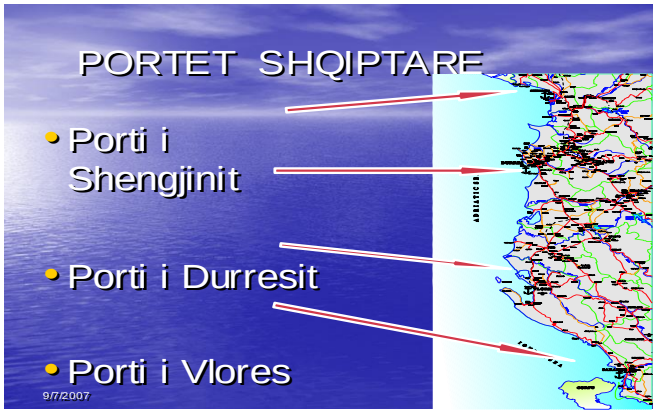


Figura 1.3. Portet detare Shqiptare [17], [18].

Trafiku detar dhe çështjet detare duhet të konsiderohen shumë të rëndësishme, për veprimtarinë ekonomike të vendit tonë, ashtu siç janë më të rëndësishmet dhe për zhvillimin ekonomik dhe social të botës moderne.

Për të gjitha vendet bregdetare deti ka qenë burim i mirëqenies, për zhvillimin e mëtejshëm ekonomik dhe të reputacionit ndërkombëtar. Infrastruktura e rrugëve detare nuk kërkon fonde për tu ndërtuar dhe mirëmbajtur, por duhen ndërtuar dhe pasur portet, si pikat e nisjes dhe të mbërritjes në rrugët detare, si pikat e lidhjes së transportit detar me atë tokësor.

Portet detare janë komponente të rëndësishëme të cilët luajnë një rol të rëndësishëm jo vetëm në zhvillimin e transportit, por dhe në zhvillimin e tregtisë ndërkombëtare dhe ekonomisë së vendit.

1.5. Porti Detar i Durrësit

1.5.1. Pozicioni gjegrafik i Portit Detar Durrës.

Durrësi, i vendosur mbi një gadishull të vogël në bregun e detit Adriatik është një nga qytetet më antike të Shqipërisë, porti kryesor i vendit, qendra e dytë më e madhe industriale pas Tiranës. Ai paraqet portën më të rëndësishme të Shqipërisë drejt Perëndimit; kjo përparësi e tij është fryt i kombinimit të këtyre faktorëve**:** vendndodhja gjeografike nëpozicionine mesëm përgjatë bregdetit**;** lidhet afërsie me kryeqytetin,Tiranën; vetëmme 40 (Km) në brendësitë venditnë drejtimin e lindjes. Porti Detar i Durrësit është një portë konkurruesë i lidhurë me tregjet, si pikë nyje e më përgjatë Korridorit 8$^{-\text{të}}$.

Tabela1.1. Distancat e porteve detare nga qendrat e banuara
më të rëndësishme e më të afërt [17], [25].

Portet	Albania (Tirana)	Maqedonia (Skopje)	Kosova (Prishtina)	Serbia (Beogradi)
Durrës	40	320	-	-
Tirana	40	-	-	-
Vlorë	115	-	-	-
Shkodër	110	-	-	-
Korçë	205	-	310	635
Thessaloniki	375	225	710	810
Burgas	900	665	755	860
Varna	950	665	335	520
Bar	205	380	310	635

Porti Detar i Durrësit, është një nga portet më të vjetra të Evropës në detin Adriatik, ndërtimi i të cilit daton në gjysmën e parë të viteve ‘900. Ai është një nga kryeurat ballkanike të komunikimit të perëndimit me lindjen dhe anasjelltas. Territori në të cilin është vendosur porti i Durrësit karakterizohet nga një gji natyror i pozicionuar në pjesën jugore të detit Adriatik, në jug të qytetit, në pjesën veriore të gjirit të Durrësit. Gjiri i Durrësit është rreth 18 (Km) i gjatë nga veriu në jug, me një vijë bregdetare prej rreth 7 (Km) për në lindje [1], [18].

Porti detar Durrës shfaqet sot i rrethuar krejtësisht nga pjesë heterogjene të qytetit: qyteti i konsoliduar në veri-perëndim, zona industriale në veri-lindje, zhvillimi më i fundit bregdetar në jug-lindje. Sot porti është i mbrojtur nga lindja e perëndimi nga dallgëthyesit artificialë, një në jug-perëndim me gjatësi prej 1150 (m), tjetri nën

det prej 1320 (m), duke siguruar një strehë të sigurtë për anijet që presin të ankoruara apo të akostuara në kalatë për t'u përpunuar në port [8], [25].

Porti Detar i Durrësit ndodhet në pjesën veriore të Gjirit të Durrësit përgjatë vijës bregdetare me shtrirje 1400 (m) me sipërfaqe ujore 670000 (m^2), sipërfaqe tokësore 650000 (m^2), me një kanal hyrje me gjatësi 6755 (ml), gjerësi 120 (m), thellësi 9,5 (m), të kufizuar me bova ndriçuese nga fillimi i tij deri tek dallgëthyesi, ndërsa thellësi në territorin e portit është 7,3 (m) deri në 11,5 (m).

Porti Detar i Durrësit ndodhet në pjesën veriore të Gjirit të Durrësit përgjatë vijës bregdetare me shtrirje 1400 (m) me sipërfaqe ujore 670000 (m^2), sipërfaqe tokësore 650000 (m^2), me një kanal hyrje me gjatësi 6755 (ml), gjerësi 120 (m), thellësi 9,5 (m), të kufizuar me bova ndriçuese nga fillimi i tij deri tek dallgëthyesi, ndërsa thellësi në territorin e portit është 7,3 (m) deri në 11,5 (m) [8], [25].

Figura 1.4. Pozicioni gjeografik i portit detar të Durrësit, si dhe portet konkurruese dhe tregjet e mundshme përgjatë Korridorit 8-^{të}[18].

1.5.2. Infrastruktura e Portit Detar të Durrësit

Porti Detar i Durrësit është porti më i madhë në Shqipëri i cili ofron të gjitha shërbimet portuale. Struktura e tij portuale përbëhet nga 12 kalata me një gjatësi totale të tyre 2275 (ml) dhe është në gjendje të përpunojë rreth 78 (%) të trafikut ndërkombëtar detar të Shqipërisë, ka një kapacitet përpunues 5000000 (ton/vit) [12].

Ambientet e Portit mirëpresin anije me mallra të natyrave dhe përmasave të ndryshme. Kjo realizohet nëpërmjet 4 Terminaleve që operojnë në port. Në portin e

Durrësit ngarkohen dhe shkarkohen të gjitha llojet e mallrave: minerale, karburante, çimento dhe artikuj të kategorive të ndryshme. Terminali i kontejnerëve është i pajisur me të gjithë mekanizmat për përpunimin e tyre [18], [25].

Tabela 1. 2. Të dhënat mbi trafikun e ngarkesave në Portin detar të Durrësit në vitet 2011 – 2016. [12], [25].

Periudhat	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ngarkesa	3490723	3516447	3569670	371.992	3496366	3463946
Eksportet	1326.038	1341531	1665839	1606154	1340328	1200746
Importet	2164685	2174.916	1903831	2111838	2156038	2263200
Anijet	2.086	1.941	1.635	1.702	1.617	1552

Figura 1.5. Pamje nga aktiviteti që ofron Porti Detar i Durrësit [25].

Figura 1.6. Trafiku i ngarkesave të përpunuar në portin e Durrësit në vitet 2011 – 2016 [25].

Tabela 1.3. Të dhënat mbi strukturën dhe shërbimet e Portit Detar Durrës sipas kalatave [12], [25].

Emërtimi	Gjatësia (ml)	Thellësia (m)	Përdorimi
Kalata 0	78	7.3	Dispozicion Ushtrisë, Kufirit, etj.
Kalata 1	178.5	7.35	Dispozicion Policisë, Doganës, etj.
Kalata 2	292.2	7.35	Mallrat e përgjithshme të paletizuara Ro-Ro
Kalata 3	30	7.1	Mallrat e përgjithshme të paletizuara Ro-Ro
Kalata 4	173.8	7.1	Mallrat e përgjithshme të paletizuara Ro-Ro
Kalata 5	235.9	7.9/9.85	Drithëra
Kalata 6	265	9.85	Kontejner
Kalata7&8	400	8.7	Rifuxho të ngurta
Kalata 9	122	8	Tragete
Kalata 10	250	11	Në rikonstruksion
Kalata 11	250	7.3/9.9	Rifuxho të ngurta

Tabela 1.4. Karakteristikat, pajisjet dhe kapacitetet përpunuese të terminalit të kontejnerëve [12], [25].

Pajisjete terminalit (njësia copë)		Kapaciteti i terminalit	
Autovinça MHC63 ÷ 120ton	3	Kapaciteti përpunues	÷ 250.000 TEU/ vit
Pirun ngritës	1	Kapaciteti depozitues	3.000 TEU
Stivueskontejnerësh	5	Volumii përpunuar	1.500.000 ton/vit
Shasi terminali	5		

Spreder buzë kalatë	3		
Reachstackers	4		
Top Loader	3		
Paleta	200		
Priza për kontejnerë Frigoriferikë	200	Priza për kontejnerë Frigoriferikë	200 copë

Tabela 1.5. Karakteristikat, pajisjet dhe kapacitetet përpunuese të terminalit lindor [12], [25].

Pajisjete terminalit (njësia copë)		Kapaciteti i terminalit	
Elektrovinça kalate me kapacitet15-27.5	5	Kapaciteti përpunues	1.500.000 ton/vit
Pirun ngritës	1	Volumii përpunuar	530.000 ton/vit
Stivues konteinerësh	1	Anijetë përpunuara	60 anije/vit
Trailera	2		
Fadroma	4		
Greifer	2		

Tabela 1.6. Karakteristikat, pajisjet dhe kapacitetet përpunuese të terminalit perëndimor [12], [25].

Pajisjet e terminalit (njësia copë)		Kapaciteti i terminalit	
Elektrovinça kalate me kapacitet 5ton	10	Kapaciteti përpunues	÷ 2.500.000 ton në vit
Elektrovinça kalate me kapacitet10 ton	2	Kapaciteti depozitues	
Elektrovinça kalate me Kapacitet 45 ton	1	Volumii përpunuar	800.000 ton në vit
Autovinça MHC200me kapacitet120ton	1	Anijetë përpunuara	270 anije në vit
Autovinça MHC115 me Kapacitet 63 ton	1		

1.5.3. Fuqia e instaluar në portin e Durrësit.

Fuqia elektrike e instaluar në portin detar Durrës

1.Fuqia elektrike e instaluar e APD $^{-\text{së}}$ është 7.2 (MW)

2. Pajisjet me fuqi më të madhe në port janë elektrovinçat

1. **Terminalin perëndimorë**

a. Elektrovinçat Ganz-7160 (KW),MHC-115-200 (KW), Elektroviçat Italian -380 (KW)

b. Pajisjet e Ofiçinës me fuqi nga 4÷12 (KW)

c. Ndriçim Territorial dhe rrugorë 300 (KW)

2.Terminalin e Kontejnerëve

a. Janë dy grupe me Priza Frigo me fuqi të instaluar 400 (KW) dhe 250 (KW)

b. Zyrat e kontejnerëve me fuqi të instaluar 30 (KW)

c. Ndriçimi Territorial 72 (KW)

3.Terminali i Pasagjerëve

a. Janë dy grupe të Sistemit të trajtimit të ajrit kondicioner me fuqi të instaluar 200 (KW)

b. Instalim në ndërtesa 400 (KW)

c. Ndriçimi Territorial dhe rrugorë 120 (KW)

4.Terminali Lindorë

a. Elektrovinçat me një fuqi të instaluar 800 (KW)

b. Zyrat e kontejnerëve me fuqi të instaluar 40 (KW)

c. Ndriçimi Territorial 260 (KW)

Tabela 1.7. Konsumi i energjisë elektrike i pasqyruar sipas kategorive të ambienteve të ndriçimit [12], [25].

Nr.	Ambientet	Konsumi Mujor Kw/h	Konsumi Mujor Lekë
1	Ndriçimi Teritorial	30,150.00	331,650.00
2	Ndriçimi Rrugor	14,995.20	164,947.20
3	Ndriçimi në Reparte	10,857.60	119,433.60
4	Ndriçimi i Jashtëm	4.915.20	54,067.20
5	Ndriçimi i Brenshëm	9,302.40	102,326.40
Totali		70,220.40	772,424.40

1.6. Porti Detar i Vlorës

1.6.1. Përshkrimi i pozicionit gjeografik

Vlora, si qytet porte, që shtrihet në pjesën jugore të Shqipërisë dhe laget nga deti Adriatik dhe deti Jon. Është një qendër e madhe industriale, tregtarë dhe transporti. Ajo është e lidhur me qendra të tjera të Shqipërisë, duke i shërbyer transportit të mallrave dhe të udhëtarëve.

Porti detar i Vlorës, Porti detar i Peshkimit dhe Terminali, janë vepra të rëndësishme të infrastrukturës së qytetit të Vlorës, që ndodhen në ujerat detare të Gjirit ë Vlorës. Gjiri i Vlorës në pjesën Jugore të vijës bregdetare të Republikës së Shqipërisë, në kuadratin me koordinata gjeografike (V) $\varphi = 40°30'$, $\lambda = 19°20'$; (V) $\varphi = 40°30'$, $\lambda = 19°30'$; (V) $\varphi = 40°20'$, (V) $\lambda = 19°20'$; (L) $\varphi = 40°20'$, (V) $\lambda = 19°30'$, [66][68], ka sipërfaqe 305 (Km²), gjatësi prej 21 (Km) ndërsa gjerësi 17 (Km). Ai nis në Veri me Kepin e Triporteve dhe përfundon në Perëndim me Kepin e Gjuhëzes. [13], [30].

Hapësira ujore e Gjirit të Vlorës ndahet në dy pjesë të dallueshme: Pjesa Jugore që fillon në Jug të Kalasë së Ujit të Ftohtë, quhet Gjiu i Dukatit, i cili është me i ngushti dhe më i thelli. Pjesa Veriore e këtij gjiu, quhet Gjiu i Vlorës, i cili paraqitet më i gjërë dhe më i cekët, me thellësi maksimale 50 (m), ndodhet në pjesën Jugore të Gjirit të Dukatit dhe komunikon me Lagunën e Orikumit.

Po kështu bregdeti i gjirit të Vlorës ndahet në dy zona, në zonën e ulët ranore që shtrihet në pjesën Lindore dhe atë Verilindore të tij dhe zona shkëmbore në pjesën Juglindore e Perëndimore, bregdetin e Gadishullit të Karaburunit.

Zona e gjirit të Vlorës bashkon të gjitha terrenet me elementë gjeografike të ndryshëm që shtrihet nga Lugina e Dukatit deri në malet e lartë gëlqerore që zbresin në ultësirën bregdetare dhe që kufizohet nga lindja e saj me kodra me relieve relativisht të buta. Ajo që i bashkon nga ana klimatike është takimi direkt i tyre me Detin Adriatik [1], [4].

1.6.2. Infrastruktura e Portit Detar të Vlorës

Porti Detar i Vlorës, është porti i dytë në Shqipëri për nga rëndësia, i vendosur rreth 90 (Km) në jug të Portit të Durrësit dhe është përcaktuar si porta e dytë hyrëse e Korridorit VIII. Në këtë port kryhet përpunimi i anijeve traget me pasagjerë dhe anijeve me mallra, duke mbuluar rreth 10 % të mallrave të eksport-importit. Porti është në procesin e zhvillimit të infrastrukturës dhe superstrukturës së tij, të cilat përfshijnë ndërtimin e kalatave për mallrat dhe kalatës së trageteve [12], [30].

Porti i Vlorës është ndërtuar në gjirin e Vlorës dhe ka një sipërfaqe totale prej 5.300 (m²) me akuarium 5000 (m²). Thellësia min. e portit 4.6 (m) dhe thellësia maksimale. e portit 11 (m). Kapaciteti maksimal i përpunimit të mallrave, ngarkim-shkarkim është 5400 (ton/24orë). Është një port i hapur me 2 kalata kryesore ku përpunohen anije tregtare dhe tragete. Kalaten "0" me përmasa 100X18 (m), thellësi 3-11 (m); Kalaten kryesore me përmasa 180 X (10-15) (Km) dhe thellësi 2-7 (m), fuqi përpunues 300-600 000 ton/vit. Koha e përpunimit për tragetet mesatarisht 4-5 orë, ndërsa e anijeve të mallrave 2-3 ditë [13], [30].

Jashtë sistemit të koordinatave në radë mund të sigurohet një ankorim i sigurt dhe një vend që i mbron anijet falë vetë pozicionit gjeografik që ka Gjiri i Vlorës. Nuk ka rryma uji, as batica as zbatica të forta që mund të ndikojnë lundrimin.

Koha e ndenjes në radë për çdo tragetë 6-8 orë në ditë, ndërsa për anijet e mallrave 10-12 orë. Sipas statistikave të perpunuara mbi bazën e ditareve të Kapitenerisë Vlorë, për anijet e përpunuara në Portin e Vlorës për çdo periudhë shërbimi prej 1,5 vjetësh (18 muaji,) rezulton se periudha e qëndrimit në Gjirin e Vlorës është rreth 65-75% e kohës së shërbimit.

Figura 1.7. Pamje nga aktiviteti që realizohen në Portin Detar të Vlorës [30].

Në Kalatën Lindore përpunohen vetëm anije tregtare, ajo ka një gjatësi 339 (m) dhe mund të përpunohen anije me peshë deri në 6.000 (ton) dhe thellësi 10.5 (m).

Në Kalatën Perëndimore deri para disa vitesh përpunoheshin anijet tregtare dhe tragete ku ishin të instaluar dhe 2 vinat portual me kapacitet 5 (ton) secili. Sot funksionojnë vetëm si kalatë për tragetet. Ajo ka një gjatësi 322 (m) ku mund të përpunohen 3 tragete. Në këtë kalatë mund të kryet dhe furnizimi me ujë i anijeve. Futja në përdorim e terminalit të ri të pasagjerëve ndërtuar në vitin 2002 ka krijuar komoditet dhe një vizion të ri në përpunimin e trageteve [30].

Porti i Vlorës ka në dispozicion të klientëve sheshe dhe magazina për depozitimin tranzit, të cilat jepen me qira në dispozicion të një përpunimi sa më të efektshëm për shkarkimin e mallrave. Magazina të mbyllura janë 2.100 (m²), sheshe depozitimi janë 9.000 (m²), të cilat kundrejt një çmimi me leverdi janë shumë të kërkuara. Numri i pozicioneve të përpunimit të anijeve cargo është 4 njëkohësisht. Disponojmë 2 autovinça, 3 piruna.

Në qarkun e Vlorës ndodhet edhe porti i Himarës i cili nuk ka ndonjë rol në volumin e përpunimit të mallrave dhe do shërbejë si një port dytësor, kryesisht me drejtim turistik vetëm për Himarën dhe zonat përreth [4], [13].

Terminali naftësjellës - është me kapacitet përpunues të tankerave me kapacitete 15 000 ton, dhe me dy vende për ankorim njekohësisht. Në kuadrin e korridorit tetë mendohet të bëhet terminali më i madh i Ballkanit

Uzina e Pashalimanit - është bazë ushtarake ku bëhen shërbime mjetesh detare të kapaciteteve të mesme. Aktualisht sot po bëhen investime të konsiderushme në drejtim të rritjes së kapaciteteve riparuese të mjeteve detare duke u shndërruar në një kantjerë të rëndesishëm.

1.4.2. 5. Veçoritë morfologjike

Veçoritë morfologjike dhe hidrografike luajnë një rol të rëndësishëm në regjimin hidrologjik të gjirit të Vlorës. Ndikimi i këtyre veçorive është i madh sidomos ndaj rrymave bregdetare. Bregdeti i gjirit të Vlorës si gjithë bregdeti shqiptar përbëhet nga dy zona morfologjike kryesore dhe zona e mbathjes (akumulimit) formimi i të cilave lidhet ngushtë me një sërë procesesh hidrologjike dhe gjeomorfologjike siç janë valëzimet, prurjet e ngurta të lumenjve dhe perrenjve, regjimet e rrymave detare, niveli i detit, lloji i formacioneve bregdetare, si edhe përbërja granulometrike e tabanit të detit [9].

Bashkëveprimi i këtyre proceseve është i përcaktuar nga natyra morfometrike e këtij gjiri. Pjerrësia e madhe e tabanit nënujor të këtij gjiri ka ndikim të vogël ndaj

valeve të detit, të cilat duke u përplasur në breg, shkaktojnë kështu një proces intensiv gërryerjeje në momente të caktuara [8].

Vija bregdetare e gjirit të Vlorës deri në derdhjet e Lumit Vjosë përgjithësisht konsiderohet e përbërë nga depozitime të vazhdueshme pa përjashtuar këtu zonat e sektorëve me aktivitet gërryes, por gjithsesi raporti i prurjeve të ujit të lumenjëve me prurjet e ngurta sedimentale detare është 2.5 : 1, vlerë e cila tregon se është në favor të veprimit akumulues ose mbathës. Konkretisht, rajoni i bregdetit në këtë zonë është i cekët dhe kjo duket nga fakti që thellësia 20 m është në distancën 4600 (m) në drejtim të detit [13].

Avancimi i ultësirës bregdetare në drejtim të detit vazhdon në mënyrë të pandërprerë, sikurse vepron edhe gërryerja e sektorëve të veçantë në drejtim të tokës, gjë që pasqyrohet edhe në hartat batimetrike të kësaj zone që ka natyrë të ngjashme me hartën gjeomorfologjike.

Si pjesë përbërëse e gjirit të Vlorës, Laguna e Nartës gjendet në veri të tij me sipërfaqe 42 ($Km^{2)}$ e ndarë nga deti me rrugë të ngushta tokë. Në këtë lagunë thellësia më e madhe në qendër të saj arrin 1 (m) dhe pastaj vjen duke u zvogëluar shkallë–shkallë nga 0.80–0.20 (m). Ajo shfrytëzohet për peshkim dhe një e treta e saj për prodhimin e kripës [8].

Bregdeti i Gjiut të Vlorës prej Lagunës së Nartës dhe deri në derdhje të Vjosës si ulëtsirë ranore e kënetëzuar është e pyllëzuar kryesisht me pisha dhe shkure, por për fat të keq mjaf sipërfaqe janë dëmtuar dhe po dëmtohen nga djegiet.

1.6.2. Veçoritë meteorologjike

Gjiri i Vlorës ndodhet në zonën subtropikale me klimë mesdhetare-atllantik. Faktorët kryesore që përcaktojnë klimën dhe kohën në Gjiun e Vlorës krahas Detit Jon dhe Adriatik, janë ndryshimet stinore në shpërndarjen e trysnisë atmosferike mbi pellgun e Mesdheut dhe mbi rajonet fqinje të kontinentit, kalimet e shpeshta të cikloneve gjatë dimrit, si dhe relievi i thyer përreth [8].

Ekspozimi perëndimor i Gjirit të Vlorës dhe takimi i erërave detare me to, gjatë gjithë vitit krijon situata sinoptike të veçanta. Sidoqoftë zona e Gjirit të Vlorës karakterizohet nga një dimër që pothuajse fillon në fund të tetorit dhe mbaron në mars me shira shpeshherë intensive që në total arrin në vlerën 954,9 (mm/vit) dhe me verë të thatë e të nxehtë që zgjat nga muaji prill deri në muajin shtator [2].

Erërat më të forta për Gjirin e Vlorës janë ato të Jugut, por dhe të Veriperëndimit të cilat shkaktojnë hera–herës dallgë në Gji me lartësi në vlerat 0,5–2,2 (m). Forca e këtyre erërave është e ndryshme; forca me e madhe vihet re në zonen e Pashalimanit dhe në Portin e Vlorës. Në Pashaliman shpejtësia e Shirokut arrin 45–50 (m/s) kurse në stacionin e Vlorës regjistrohet 36 (m/s) dhe zgjat zakonisht nga 3–7 ditë. Valëzimi më

i madh i shkaktuar nga erërat e lartëpermendura vrojtohet në dimër duke u bërë ndonjëherë edhe shkak për mosqëndrimin e anijeve në Portin e Vlorës [6],[7].

1.6.3. Lëvizja e nivelit të detit

Baticat dhe zbaticat në Gjirin e Vlorës nuk paraqesin ndonjë vlerë me rëndësi praktike, pasi nga vrojtimet shumë vjeçare niveli më i lartë ka arritur vlerën 183 (cm) në vitin 1960 (ose 83 (cm) mbi vlerën absolute të Detit Adriatik) dhe niveli më i vogël vlerën 61 (cm) (ose 39 (cm) nën nivelin zero të tij) gjendet i regjistruar në muaji prill të vitit 1924. Presioni mesatar mujor i ajrit në nivelin e detit varjon 1013,5-1017 (mb) [7], [13].

1.6.4. Rrymat ujore.

Gjatëerërave të vazhdueshme të drejtimit Jugor rrjedha arrin vlerën 0.556 (Km/orë) ose 0.926 (Km/orë), kurse rrymat baticore dhe ato të valëzimit bashkëveprojnë e për pasojë madhësia e drejtimi i tyre ndryshojnë vetëm në varësi të kohës [7], [13].

1.6.5. Temperaturat

Temperaturat më të larta në sipërfaqen e ujit të Gjirit janë në muajt korrik– gusht në vlerat 23–25^0 C, ndërsa më të ultat në muajin shkurt në vlerat 11–14^{0}C. Me rritjen e thellësisë temperatura bie. Temperaturat mesatare mujore të ajrit arrijnë vlerat 16,9^{0}C (9,2 -24,7^{0}C), kurse të ujit në zonën bregdetare arrijnë në vlerat 13,1-25,1^{0}C [13].

1.6.6. Përbërja kimike e ujit të Gjirit të Vlorës

Kripshmëria mesatare e ujit të Gjirit të Vlorës varjon nga 37.30-37.50 (gr/litër). Vlera më e lartë te kripshmëria arrijnë në funksion të periudhës, në muajin tetor në 38.35 (gr/litër), ndërsa në varësi të thell bie në vlerat 36,7-36,5 (gr/litër) [7],[13].

1.6.7. Ndotjet industriale

Zona industriale e Vlorës është pjesë e pandar e Gjirit, në të cilin kanë ushtruar aktivitet prodhues Uzina e Sode PVC, Uzina Mekanike, Fabrika e llambave elektrike, Kompleksi ushqimor etj. Siç dihet nga Uzina e Sodës realizohet prodhimi i karbitit, klorvinilit dhe polimere, në vaska elektrolitike me katodë Hg. Sipërfaqja e përgjithshme e kësaj zone industriale shtrihet në 25 (ha). Mos trajtimi i mbetjeve të ngurta e të lëngëta,

në këte zonë kanë shkaktuar ndotje të territorit pranë hapësirës së bregut të detit, si dhe ndotje të detit nga mbetjet e lëngëta [11], [13].

1.7. Porti Detar i Shëngjinit

Porti i Shëngjinit, ka një sipërfaqje totale 3.750 (m^2) dhe sipërfaqja e basenit ujor 3.500 (m^2), me një kanal hyrës me gjatësi 300 (m) dhe gjerësi 80 (m), thellësia totale arrin në 7 (m) [31].

Figura 1.8. Pamje nga aktivitet që ofron Porti Detar i Shëngjinit [31].

Porti detar i Shëngjinit, i vendosur rreth 60 (Km) në veri të Portit të Durrësit përpunon mallrat e ndryshme **në** rinfuxho si dhe karburante.

Porti Detar Shëngjin, ndodhet në pjesën veriore të Republikës së Shqipërisë, dhe është i vetmi port në këtë hapësirë. Brenda hapësirës portuale gjenden magazina depozitimi të mbyllura me sipërfaqe 2.000 (m^2), si dhe 10.000 (m^2) hapësirë për depozitimin e mallrave.

Sipërfaqja e terminalit të mallrave është 2.440 (m^2), ndërsa e atij të pasagjerëve të sapo ri konstruktuar me parametra bashkëkohorë është 250 (m^2). Kalatës me gjatësi 600 (m) për përpunimin e mjeteve komerciale, dhe kalatës me gjatësi 260 (m) për mjetet e peshkimit [28], [31].

Kapaciteti aktual i portit për përpunimin e anijeve është 1.500-2.000 (ton/ditë) (konkretisht është arritur sasia e 30.000 (ton) ngarkesë e përpunuar në vit), mund të përpunohen lehtësisht anije me gjatësi deri 120 (m).

Kapaciteti maksimal i përpunimit për anije është 5.000 (ton), por gjithnjë në varësi të tipologjisë së anijes. Mënyra e ngarkimit bëhet me autovinç "grift", dhe aktualisht disponohen 2 vinça. Janë 3 kalata ekzistuese. Sapo është përfunduar konstruksioni i një kalate me standarde evropianë me gjatësi 105 (ml) dhe gjerësi 65 (m). Sot ky port ka 600 (Km) kalatë për trajtimin e anijeve tregtare dhe 260 (Km) kalatë për anijet e peshkimit.

Porti i Shëngjinit kohët e fundit ka përfunduar një numër të madh përmirësimesh, të cilat do ta bëjnë atë edhe më efikas dhe konkurrues, duke përfshirë një kalate të re të pasagjerëve, një kanal të thellë për anijet, dhe një strukturë të përmirësuar për automjetet e pasagjerëve. Porti aktualisht ka një bilanc me rreth 350.000 (ton) mallra të përpunuara në vit dhe ka një kalate moderne me pajisje të fundit për operacionet e ngarkim-shkarkimit [28], [31].

Figura 1.9. Pamje e kalata e re në portin e Shëngjinit [31].

1.8. Porti Detar i Sarandës

Porti i Sarandës është i vetmi port në jug të Shqipërisë dhe u shërben qyteteve të jugut: si Sarandë, Delvinë, Gjirokastër, Përmet, Tepelenë. Porti i qytetit të Sarandës, ku kryhen aktivitetet kryesore, ai ka një sipërfaqe prej 18 mijë (m²) [32].

Figura 1.10. Pamje nga veprimtarit në Portin Detar të Sarandës [32].

Porti i Sarandës, është port sekondar i vendosur rreth 160 (km) në jug të Portit të Durrësit, ku përpunohen anijet e pasagjerëve dhe me mallra. Si një port brenda qytetit me drejtim kryesisht turistik, për përpunimin e pasagjerëve, kurse përpunimi i mallrave do të bëhet në Gjiun e Limionit (rreth 3 (Km) nga porti i qytetit).

Kalata e përpunimit të mallrave ka një gjatësi 75 (ml) zhytje; 6 (m) thellësi si dhe 2000 (m^2) sheshe përpunimi, në të cilin është i instaluar një elektrovinxh me ganç 5 (ton). Kalata e trageteve me sheshe përpunimi 15000 (m^2), me parametra bashkohorë me gjatësi 180 (ml), zhytje deri 9 (m) thellësi [32].

KAPITULLI 2.

NDOTJET NGA FUSHAT ELEKTROMAGNETIKE NDAJ AMBJENTEVE TË EKSPOZUAR

2.1. Hyrje.

Sipas koncepteve inxhinierike, me ndotje, kuptohet, prania apo futja e materialeve të dëmshme, praninë e materialeve të padëshirueshme në mjedisin natyror, si rezultat i aktiviteteve natyrore dhe njerëzore. Mjediset natyrore që i nënshtrohen ndotjes, përfshijnë: ujin, ajrin dhe tokën.

Prania e substancave të tilla si (të lëngshme, të gazta, të ngurta) ose energji të tilla si (ngrohja, drita, rrezatimi, zhurma) cilësitë e të cilave ndikojnë ose ndryshojnë drejtpërdrejt ose tërthorazi procesin natyrorë mjedisorë pjesërisht ose tërësisht dhe kanë potencial të shkaktojë ose mund të shkaktojë dëmtim të shëndetit ose të mirëqenies së njerëzve, kafshëve, bimëve, makinerive dhe pajisjeve të tjera, përcakton si fenomen ndotjen [54].

Figura 2.1. Fotot mbi llojet e ndotjeve natyrore [54].

Ndotjet e ndryshme sipas karakteristikave klasifikohen si ndotje të ajrit, ujit, ndotje dhe kontaminimet e tokës, ndotje termike, ndotje nga zhurmat, ndotje të dritës, ndotje plastike, ndotje radioaktive , ndotje vizuale **,** ndotje industriale dhe ndotjet e lehëta, e tjera.

Studimet në fushën e ndotjeve janë tepër të rëndësishme për këtë mjafton ti referohemi:

-informacionit të Sciencenews.org. Retrieved 1 December 2017 [33]. dhe The Guardian. Retrieved October 20, 2017 [34], sipas të cilave vetëm në vitin 2015 në botë, si pasoj e ndotjeve humbën jetën 9 milionë njerëz,

-një analizë të vitit 2010 se 1,2 milionë njerëz vdiqën para kohe në Kinë për shkak të ndotjes së ajrit. [42]

- OBSH sipas së cilës në vitin 2007, ndotja e ajrit shkakton gjysmë milioni vdekje në vit në Indi [41]

-studimeve të cilat kanë vlerësuar se numri i njerëzve të vrarë çdo vit në Shtetet e Bashkuara mund të jetë mbi 50,000 [59]

- një studim të tetorit 2017 nga Komisioni i Lancetit për Ndotjen dhe Shëndetin, sipas së cilit nga ndotjet globale, veçanërisht ajri toksik, uji, tokat dhe vendet e punës, vrasin nëntë milionë njerëz në vit, që është trefishi i numrit të vdekjeve të shkaktuara nga SIDA, tuberkulozi dhe malaria të kombinuara dhe 15 herë më e lartë se vdekjet e shkaktuara nga luftërat dhe format e tjera të dhunës njerëzore [60].

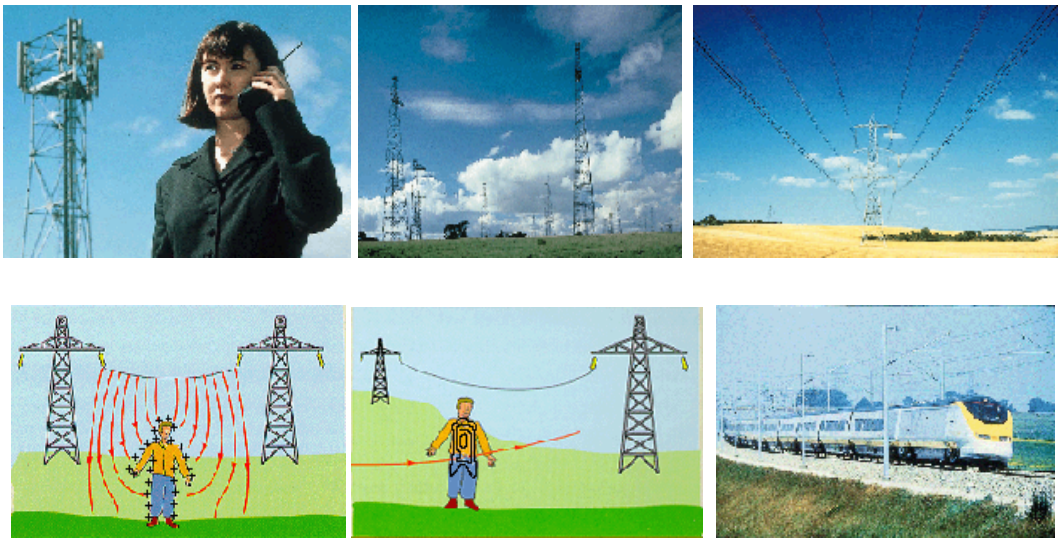


Figura 2.2. Trena elektrike dhe tramvaje [57].

2. 2. Ndikimet e fushave elektromagnetike

Një nga format që vitet e fundit po ngjallë interes në saj të zhvillimeve industriale me ritme të larta dhe pranis së rezatimeve jo jonizuese dhe vlerave me frekuenca të ndryshme në këto industri është prania e ndotjeve nga fushat elektrike, fushat magnetike dhe në veçanti nga rrymat bredhëse, të cilat shoqërohet me pasoja

pozitive ose negative, shkalla dhe rëndësia e tyre çdo ditë e më shumë mer rëndësi të veçantë.

Toka, uji dhe ajri ka fushën e vet elektromagnetike, pra njerëzimi ka qenë gjithmonë i rrethuar nga fusha elektromagnetike dhe në veçanti nga rrymat që këto fusha induktojnë në këto mjedise [52].

Por me industrializimin, përdorimi i aparateve që emetojnë fusha elektromagnetike është përhapur shumë. Makineritë, pajisjet, prodhuesit e fushave elektromagnetike si dhe antenat shpërndarëse televizive, radiofonike, të telefonisë celulare, pajisjet elektrike etj. e kanë rriturë më shumë pranin në këto mjedise te valë elektromagnetike, ndotjet e mjedisit nga këto valë dhe pasojat negative të tyre.

Rrymat bredhës janë rryma elektrike të cilat rrjedhin nga qarqet elektrike [33], [34]. apo induktohen nga fushat elektromagnetike [35]. që krijohen, ose çfardo lloje rrymash të tjera që lindin në tokë, uji dhe ajër nga burime të jashtëm.

Zakonisht këto rryma kur janë në vlera të vogëla dhe veprojnë për intervale të shkurtëra kohore, ato nuk shkatojnë dëmtime të mëdha, por në rastet kur ato veprojnë për intervale të gjata kohore dhe kanë si burim rrymat e vazhduara me frekuenca të larta ato përbëjnë rezik serioz [4].

Rrymat bredhëse elektrike, mund të jenë të vazhduar ose alternative apo rryma që ekzistojnë për intervale të pjesshme kohore apo në intervale kohore të vazhdueshme.

Burimet e rrymave bredhëse në mjediset protuale janë: fushat elektromagnetike të makinerive dhe pajisjeve të instaluara, instalimet e sistemeve mbrojtëse ndaj korrozionit, sistemet dhe instalimet e veshjeve galvanizuese, sistemet dhe pajisjet e elektrosaldimit, rrymat e induktuar të sistemeve të tubacioneve të shtrira në mjediset portuale, rrymat e induktuar të kabllove të linjave elektirke, linjat hekurudhore, të tranvajave, të vinçave urrë, brenda apo pranë mjediseve portuale, si dhe çdo avari apo defekt tjetër që mund të lindë në sistemet energjetike portuale [50].

Apo gjithë burimet e tjera të rrymave bredhëse nga konsumatorët e tjerë të energjisë elektike që ndodhen pranë apo në periferi të mjediseve portuale. (shtëpi, infrastruktura industriale e tjera) [51].

Niveli i ndotjeve nga fusha elektromagnetike dhe rrymat bredhëse varen nga: makinerit dhe pajisjet e instaluara dhe fuqia e tyre, nga faktorët atmosferikë (temperatura, presioni atmosferikë, dallgëzimet, lagështia), përmbajtja e kripshmërisë, prania e defekteve elektrike, karakteristikat magnetike dhe elektrike të mjedisit (materialet).

Rrymat elektrike bredhëse (shëtitëse) në tokë, uji dhe ajër në mjediset portale, shkatojnë dëmtime të punës normale të mekanizmave dhe makinerive ku ato lindin dhe ekzistojnë, dëmtime të formës shkatërruese korrodive, dëmtime të shëndetit të njerëzve, dëmtime të biodiversitetit (florës dhe faunës), si dhe ndikojnë në punën e makinerive dhe pajisjeve elektrike të instaluara në portë.

Vlerat e larta dhe të konsiderueshme të rrymave bredhës apo densitetit të tyre shkakton jo vetëm korrozion si forma më e lartë e shkatërrimeve në fushën e transportit detar që janë dëmtimet e mjediseve detare dhe dëmtime të infrastrukturës, por shkaktojnë edhe dëmtime ndaj faunës dhe florës, njerëzëve dhe të tjera dëmtime që duhen vlerësuar.

Rrymat elektrike bredhëse janë forma e ndotjeve që shkaktojnë dëmtimet më të mëdha nga korrozioni. Kështu, sipas Xhonit [44] dëmtimet në formën e korrozionit shkatuar në çelikun me karbon që ndodhen në tretësirat e NaCl me përqëndrim $0{,}1N$, të cajerzuara, nga rrymat bredhëse me frekuencë $60(Hz)$ dhe densitet $300(A/m^2)$ janë shumë të mëdha, ndërsa intensiteti i dëmtimeve bi kur ato janë të cajerzuara, për shkak të reaksionit të çlirimit të hidrogjenit. Gjithashtu rrezikshmëri dhe shkalla e dëmimit nga korrozioni i rrymave bredhëse, rritet në rastet kur ato janë të vazhduara, rritje në vlerën e dëmtimit shkon deri në 1% [54].

Dëmtimet nga korrozioni i rrymave bredhëse të vazhduar është i madhë sidomos materialet e aluminit dhe lidhjet e tij, konkretisht kur densiteti i tyre është $15(A/m^2)$ shkalla e dëmtimeve arrijnë në 5%, kur densiteti rritet në $100(A/m^2)$ shkalla e dëmtimit shkonë në 31%.

Krahës ndikimit dhe pasojave negative që sjellin për makineritë dhe pajisjet këto fusha elektromagnetike apo këto ndotje nga rrymat bredhës, ndaj ekosistemit (faunës dhe florës), ato sjellin edhe pasoja negative për shoqërinë njerëzore.

2.3. Efekteve shëndetësore që ndodh nga ekspozimi ndaj fushave elektromagnetike.

Ekspozimi ndaj ndotjeve në tërësi dhe ndotjeve ndaj fushave elektromagnetike në veçanti është një fenomen relativisht i ri që i përket vitit 1965. Megjithate, gjatë shekullit të 20-të, ekspozimet ndaj ndotjeve mjedisore shkaktuar nga fushat elektromagnetike janë rritur në mënyrë të vazhdueshme, pasi janë rritur kërkesa ndaj energjisë elektrike, janë zgjeruar fushat dhe aplikimet teknologjike, si dhe kanë ndryshuar sjelljet shoqërore në drejtim të krijuar gjithnjë e më shumë burime artificiale.

Praktikisht çdo ditë secili është i ekspozuar ndaj një kompleksë ndotjesh duke filluar nga fushat elektromagnetike e tjera, në shtëpi dhe në punë, nga gjenerimi dhe transmetimi i energjisë elektrike, pajisjeve shtëpiake, pajisjeve industriale, deri tek pajisjet e telekomunikacionit dhe të transmetimit [42].

Studimet mbi efektet e ekspozimit ndaj fushave elektromagnetike mbi shëndetin e popullatës tregojnë se:

- ekspozimi afatshkurtër në nivelet e pranishme në mjedis ose në shtëpi nuk shkakton efekt të dukshëm dëmtues.

- ndërsa ekspozimi afatshkurtër në fusha të fuqishme dhe të vazhdueshme elektromagnetike në mjedis shkakton efekt shumë dëmtues, efekt që sot për shkak të kërkesave të standarteve dhe udhëzimeve janë të kufizuara.

Gjatë dekadës së kaluar, janë bërë fokusi i shqetësimeve shëndetësore, burime të shumta mbi fushat elektromagnetike në mjediset e jetesës dhe të punës, duke përfshirë ekranet kompjuterike, shtretërit e ujit dhe batanije elektrike, makinat e saldimit me radiofrekuencë, pajisjet e diatermës dhe radarët, linjat e energjisë, furrat me mikrovalë, ekranet televizive, pajisjet e sigurisë, radarët dhe telefonat celularë më të fundit dhe stacionet e tyre bazë.

Duke ju referuar rezultateve të viteve të fundit marrë nga burimet në dispozicion të agjencive dhe institucioneve ndërkombëtare dhe kombëtare, si dhe institucioneve shkencore, mbi efektet e mundshme shëndetësore nga ekspozimet ndaj burimeve të fushave elektromagnetike, sipas Organizatës Botërore të Shëndetësisë (OBSH), si forma të këtyre efekteve janë:

Rritja e “mbindjeshmëri" e cila shfaqet në formën e dhimbjeve, dhimbjeve të kokës, ankthit, depresionit, letargjisë, çrregullimeve të gjumit, vjellje, lodhje dhe humbje të dëshirës seksuale, çrregullime të ritmit të zemrës dhe irritomë të lëkurës, madje edhe konvulsione dhe konfiskimet epileptike. Por aktualsiht nuk ka ndonjë mekanizëm biologjik të pranuar për të shpjeguar mbindjeshmërinë, përveç efekteve të drejtpërdrejta të vetë fushave [58], [56].

Të dhënat e studimit të Carlsson et al. tregojnë se 1.9% e njerëzve kanë probleme me monitorët (jo LCD-të) dhe dritat fluoreshente (këto emetojnë dhe valë elektromagnetike përveç dritës). 2.4% raportojnë bezdisje nga fushat elektrike. Në vitin 1991 William J. Rea konkludoi se “ka prova të forta që tregojnë se ndjeshmëria ndaj fushave elektromagnetike ekziston” [37].

Një pjesë e njerëzve “alergjikë” ndaj fushave elektromagnetike kanë probleme shëndetësore të rënda, ata marrin raporte mjekësore ose dalin në pension invaliditeti për këtë shkak. Ndjeshmëria ndaj fushave elektromagnetike është sidomos e njohur në Suedi [56] Mendohet se fushat elektromagnetike rrisin rrezikun e leuçemisë [57], [58].

Rritje të vogla të rrezikut të leuçemisë së fëmijërisë me ekspozimin ndaj fushave magnetike me frekuencë të ulët në shtëpi.

Efektet kancerogjene të mundshme të fushave të frekuencave të energjisë vazhdojnë, megjithëse në një nivel të reduktuar krahasuar me atë të fundit të viteve 1990. Konkretisht si të tilla janë efektet afatgjata shëndetësore të përdorimit të telefonit celular janë një tjetër temë.

Efekti biologjik, i cili nuk trjatohet si formë e dëmtimit te shëndeti. Forma kryesore e këtij efekti të fushave elektromagnetike të radiofrekuencave është ngrohja e indeve të trupit. Por nuk ka dyshim se ekspozimi afatshkurtër në nivele shumë të larta të fushave elektromagnetike mund të jetë i dëmshëm për shëndetin.

Efektet biologjike janë përgjigje të matshme për një stimul ose për një ndryshim në mjedis. Këto ndryshime nuk janë domosdoshmërisht të dëmshme për shëndetin tuaj.

Shkaktimi brenda trupit të njeriut te rryma të vogla qarkulluese, megjithë ate nivelet e këtyre rrymave të induktuara brenda trupit janë shumë të vogla për të prodhuar efekte të dukshme.

Acarimet e përgjithshme të shkaktuar ndaj syve dhe katarakta të tyre tek punëtorët e ekspozuar ndaj niveleve të larta të radiofrekuencës dhe rrezatimit me mikrovalë.

Në problematikat e shtatzanisë si reziku te abortet spontane, keqformime, pesha e lindjes së ulët dhe sëmundjet e lindura.

2. 4. Standardet mbi nivelet e lejuar të ndotjeve elektromagnetike.

Standardet janë të vendosura për të mbrojtur shëndetin tonë dhe janë të mirënjohur për shumë aditivë të ushqimit, për përqëndrimin e kimikateve në ujë ose ndotës të ajrit. Në mënyrë të ngjashme, ekzistojnë standarde të fushës për të kufizuar ekspozimin ndaj niveleve të fushës elektromagnetike të pranishme në mjedisin tonë.

Standardet kombëtare mbi nivlet e lejuara ndaj ndotjeve të fushave elektromagnetike bazohen në udhëzimet e vendosura nga Komisioni Ndërkombëtar për Mbrojtjen nga Rrezatimi Jo-Jonizues (ICNIRP). Kjo organizatë joqeveritare, e njohur zyrtarisht nga OBSH, vlerëson rezultatet shkencore nga e gjithë bota. Bazuar në një rishikim në thellësi të literaturës, ICNIRP ka hartuar dhe nxjerë udhëzime që rekomandojnë kufizime për ekspozimin ndaj fushave elektromagnetike.

Tabela më poshtë është një përmbledhje e udhëzimeve të ekspozimit për tre fushat që janë bërë në qendër të interesit të publikut: energjia elektrike në shtëpi, stacionet bazë të telefonisë mobile dhe furrat me mikrovalë. Këto udhëzime u përditësuan në prill 1998.

Tabela. 2.1. Standardi mbi vlerat e lejuara të fushës elektromagnetike në mjediset të ndryshme. (Përmbledhje e udhëzimeve të ekspozimit të ICNIRP) [41].

	Frekuenca evropiane e energjisë		Frekuenca e stacionit basë të telefonisë celulare		Frkuenca e furrës me mikrovalë
Frekuencë	$50(Hz)$	$50(Hz)$	$900(MHz)$	$1.8(GHz)$	$2.45(GHz)$
	Fusha elektrike	Fusha magne tike	Densitet i i energjis		Densiteti i energjisë $(W/m\ 2)$

	(Intesiteti i fushës elektrike) (V/m)	**(Induksioni i fushës magnetike)** (μT)	ë $(W/m\ 2)$	Densiteti i energjisë $(W/m\ 2)$	
Kufijtë e ekspozimt publik	5 000	100	4.5	9	10
Kufijtë e ekspozimt në punë	10 000	500	22.5	45	

ICNIRP, udhëzimet e EMF, Physics Physics 74, 494-522 (1998)

Tabela 2.2. Burimet e zakonshme të fushave elektromagnetike, vlerat e niveleve maksimale gjatë ekspozimit publik. (Zyra Rajonale e OBSH për Evropën) [41].

Burimet	Vlerat mekasimle te ekspozimi publik	
	Fusha elektrike (V/m)	Dendësia e fluksit magnetic (μT)
Fusha natyrore	200	70 (Fusha magnetike e Tokës)
Fuqia e rrjetit (në shtëpitë jo afër linjave energjetike)	100	0.2
Fuqia e rrjetit (nën linjat e mëdha të energjisë)	10 000	20
Trena elektrike dhe tramvaje	300	50
TV, ekranet kompjuterike	10	0.7
	Ekspozimi maksimal tip publik $(W/m\ 2)$	
Transmetuesit (TV, radio)	0,1	
Stacionet e telefonit celular	0,1	
Radarët	0.2	
Furra me mikrovalë	0.5	

Tabela 2.3. Vlera e densitetit të fushës elektrike të krijuara nga pajisjet e përdorimit shtëpiakë, distancë$30(cm)$. (Zyra Federale për Sigurinë nga Rrezatimi, Gjermani 1999). [41].

Aparati elektrik	Forca e fushës elektrike (V/m)
Stereo marrës	180
Hekur	120
Frigorifer	120
Mikser	100
ai që thotë dolli	80
Tharëse flokësh	80
TV me ngjyra	60
Makinë kafeje	60
Pastrues me vakum	50
Furra elektrike	8
Llambë e lehtë	5
Vlera kufi e udhëzimit	5000

Tabela 2.4. Vlera e densitetit të fushës magnetike të krijuara nga pajisjet e përdorimit shtëpiakë (Zyra Federale për Sigurinë nga Rrezatimi, Gjermani 1999) [21].

Pajisjet shtëpijake	Vlerat e energjisë elektrike (μT) me frekuencë$50\ Hz$ sipas distancës nga burrimi		
	$3(cm)$	$30(cm)$	$1(m)$
Tharëse flokësh	6 - 2000	0.01 - 7	0.01 - 0.03
Rruajtës elektrik	15 - 1500	0.08 - 9	0.01 - 0.03
Pastrues me vakum	200 - 800	2 - 20	0.13 - 2
Dritë fluoreshente	40 - 400	0.5 - 2	0.02 - 0.25
Mikrovalë	73 - 200	4 - 8	0.25 - 0.6
Radio portative	16 - 56	1	<0.01
Furra elektrike	1 - 50	0.15 - 0.5	0.01 - 0.04
Makinë larëse	0.8 - 50	0.15 - 3	0.01 - 0.15
Hekur	8 - 30	0.12 - 0.3	0.01 - 0.03
Pjatalarëse	3.5 - 20	0.6 - 3	0.07 - 0.3
Kompjuter	0.5 - 30	<0.01	
Frigorifer	0.5 - 1.7	0.01 - 0.25	<0.01
TV me ngjyra	2,5 - 50	0.04 - 2	0.01 - 0.15

Fuqia e fushës magnetike rreth të gjitha pajisjeve të përdorimit shtëpijak është në vartësi të tipit të pajisjes, karakteristikave të saj, por gjithësesi sipas matjeve të realizuara nga Zyra Federale për Sigurinë nga Rrezatimi, Gjermani, në distancën prej $30cm$ janë $83(\mu T)$ në $60(Hz)$, më shumë se 100 herë më të ulëta se kufiri i optimal i rekomanduar, prej $100(\mu T)$ në $50(Hz)$ për publikun e gjerë.

2. 5. Projekti EMF. (Impaktet e ndotjeve ektromagnetike)

Ndotjet dhe pasojat që shkaktojnë fushat elektromagnetike të të gjitha frekuencave përfaqësojnë një nga ndikimet më të zakonshme dhe më të shpejta mjedisore, ndaj të cilave të gjitha popullatat janë të ekspozuar ndaj shkallëve të ndryshme të EMF, por këto pasoja dhe nivele do të vazhdojnë të rriten me përparimin dhe zhvillimet teknologjike.

Njohja, vlerësimi dhe masat konkrete ndaj ndikimit të mundshëm të ekspozimit ndaj fushave elektro-magnetike mbi shëndetin e njerëzëve, kanë nevojë për studime, njohuri dhe masa shkencore. Ekspozimi ndaj EMF tani ndodh në shkallë të ndryshme për të gjitha popullatat e botës, por edhe një pasojë e vogël shëndetësore nga ekspozimi EMF mund të ketë një ndikim të madh shëndetësor publik.

Kështu, ekspozimi ndaj fushave magnetike të frekuencave ekstremisht të ulëta (ELF) në frekuencat e fuqisë $(50/60(Hz)$ mund të çojë në një rritje të incidencës së kancerit tek fëmijët dhe efektet e tjera shëndetësore. Fushat e radiofrekuencës (RF) që përdoren për përfitime të mëdha në shumë aspekte të jetës së përditshme, ekspozimi ndaj këtyre fushave RF të moduluara me pulsim dhe amplitudë të ndryshme gjatë përdorimit mund të shkaktojë efekte specifike shëndetësore.

Por, sot me aplikimet që kanë marrë përdorimi i EFM, ELF, RF në zhvillimet dhe aplikimet e teknologjive të caktuara po çon gjithnjë e më shumë në rritjen e ekspozimit ndaj këtyre fushave elektromagnetike, sidomos në industri, transport, transmetimin e energjisë, hulumtimin dhe mjekësinë, e tjera. Por, duke qenë se deri më sot këto efektet ndaj shëndetit nuk janë vlerësuar siç duhet, përdorimet që kanë marrë dhe po marrin këto fusha të forta magnetike, duhen vlerësuar për shkak të ndikimit në shëndetin.

Sot, nisur nga rëndësia dhe pesha që zënë ndotjet nga EMF, si dhe pasojat që shkaktojnë këto ndotje ndaj popullatës në botë, si pjesë e kartës për të mbrojtur shëndetin publik dhe në përgjigje të shqetësimit të publikut, Organizata Botërore e Shëndetësisë, krijoi Projektin Ndërkombëtar të EMF në vitin 1996 për të vlerësuar evidencën shkencore të efekteve të mundshme shëndetësore të EMF në frekuencën vargun nga 0 në $300(GHz)$. Projekti EMF inkurajon hulumtime të fokusuara për të

mbushur boshllëqet e rëndësishme në njohuri dhe për të lehtësuar zhvillimin e standardeve të pranueshme ndërkombëtare që kufizojnë ekspozimin ndaj EMF.

Popullsia e ekspozuar në profesion përbëhet nga të rriturit të cilët në përgjithësi përjetojnë kushte të njohura elektromagnetike. Këta punëtorë janë të trajnuar që të jenë të vetëdijshëm për rrezikun e mundshëm dhe të marrin masat e duhura paraprake. Në të kundërt, publiku i përgjithshëm përbëhet nga individë të të gjitha moshave dhe me status të ndryshëm shëndetësor. Në shumë raste, këto nuk janë në dijeni të ekspozimit të tyre ndaj EMF.

Për më tepër, anëtarët individualë të publikut nuk mund të priten që të marrin masa paraprake për të minimizuar ose shmangur ekspozimin. Këto janë konsideratat themelore për kufizime më të rrepta të ekspozimit për publikun e gjerë sesa për popullatën e ekspozuar në punë.

Siç kemi parë më parë, fushat elektromagnetike me frekuencë të ulët nxisin rrymat në trupin e njeriut (shih çfarë ndodh kur jeni të ekspozuar ndaj fushave elektromagnetike?). Por reagime të ndryshme biokimike brenda vetë trupit gjenerojnë rryma si. Qelizat ose indet nuk do të jenë në gjendje të zbulojnë ndonjë rrymë të shkaktuar nën këtë nivel sfondi. Prandaj, në frekuenca të ulëta, udhëzimet e ekspozimit sigurojnë që niveli i rrymave të shkaktuara nga një fushë elektromagnetike është nën atë të rrymave të trupit natyror.

Efekti kryesor i energjisë së radiofrekuencës është ngrohja e indeve. Rrjedhimisht, udhëzimet e ekspozimit për fushat e radiofrekuencës dhe mikrovalët janë vendosur për të parandaluar efektet e shkaktuara nga ngrohja e lokalizuar ose e tërë trupit.

2. 6. Burime natyrore të fushave elektromagnetike

Fushat elektromagnetike janë të pranishme kudo në mjedisin tonë, por janë të padukshme për syrin e njeriut. Fushat elektrike janë prodhuar nga ngritja lokale e ngarkesave elektrike në atmosferën e lidhur me stuhitë. Fusha magnetike e tokës shkakton një gjilpërë të busullës për të orientuar në një drejtim Veri-Jug dhe përdoret nga zogjtë dhe peshqit për navigim.

2.6.1. Burime njerëzore të fushave elektromagnetike

Përveç burimeve natyrore, spektri elektromagnetik gjithashtu përfshin fusha të krijuara nga burime të prodhuara nga njeriu: rrezet *X* janë të punësuar për të diagnostifikuar një gjymtyrë të thyer pas një aksidenti sportiv. Energjia elektrike që del nga çdo fole elektrike ka fusha të lidhura elektromagnetike me frekuencë të ulët. Dhe

lloje të ndryshme të radiovalëve më të larta të frekuencës përdoren për të transmetuar informacion - qoftë nëpërmjet antenave televizive, stacioneve radio ose stacioneve bazë të telefonisë mobile.

2.6.2. Çfarë i bën format e ndryshme të fushave elektromagnetike kaq të ndryshme?

Fushë elektromagnetike (EMF) kanë si karakteristika kryesore frekuencën dhe gjatësinë e valës. Fushat elektromagnetike dhe frekuencave të ndryshme veprojnë ndaj trupit te njeriut në mënyra dhe forma të ndryshme. Valët elektromagnetike mund të imagjinohen si seri valësh shumë të rregullta që shpërndahen me një shpejtësi të madhe, shpejtësinë e dritës. Frekuenca thjesht përshkruan numrin e oshilacioneve ose cikleve për sekondë, ndërsa termi gjatësi vale përshkruan distancën midis një valë dhe tjetrës.

Prandaj gjatësia e valës dhe frekuenca janë të ndërthurur në mënyrë të pandashme: sa më e lartë të jetë frekuenca aq më e shkurtër do të jetë gjatësia e valës.

Një analogji e thjeshtë duhet të ndihmojë për të ilustruar konceptin: lidhni një litar të gjatë me një dorëz dere dhe mbajeni në fund të lirë. Lëvizja e saj lart dhe pastaj poshtë ngadalë do të gjenerojë një valë të vetme të madhe; lëvizja më e shpejtë do të gjenerojë një seri të tërë të valëve të vogla. Gjatësia e litarit mbetet konstante, prandaj, më shumë valë që gjeneroni (frekuenca më e lartë), më e vogël do të jetë distanca ndërmjet tyre (gjatësia më e shkurtër e valës). [41].

Cili është ndryshimi midis fushave elektromagnetike jo jonizuese dhe rrezatimit jonizues?

Gjatësia e valës dhe frekuenca përcaktojnë një tjetër karakteristikë të rëndësishme të fushave elektromagnetike: Valët elektromagnetike mbahen nga grimcat quanta quanta. Kuantet me frekuencë më të lartë (gjatësi vale më të shkurtër) bartin më shumë energji se sa frekuenca më e ulët (gjatësia më e madhe e valës).

Disa valë elektromagnetike bartin aq shumë energji për kuantin se ata kanë aftësinë për të thyer lidhjet midis molekulave. Në spektrin elektromagnetik, rrezet gama të dhëna nga materialet radioaktive, rrezet kozmike dhe rrezet *X* mbajnë këtë pronë dhe quhen 'rrezatim jonizues'. Fushat, kuantet e të cilëve janë të pamjaftueshëm për të thyer lidhjet molekulare quhen 'rrezatim jo-jonizues'.

Burimet e bëra nga njeriu të fushave elektromagnetike që përbëjnë një pjesë të madhe të jetës së industrializuar-energjia elektrike, mikrovalët dhe fushat e radiofrekuencës-gjenden në gjatësinë vale relativisht të gjatë dhe në fundin e frekuencave të ulëta të spektrit elektromagnetik dhe sasitë e tyre nuk janë në gjendje të thyejnë lidhjet kimike.

2.6.3. Fushat elektromagnetike në shtëpi

Sfondi i niveleve të fushës elektromagnetike nga pajisjet e transmetimit dhe shpërndarjes së energjisë elektrike

Energjia elektrike transmetohet në distanca të gjata nëpërmjet linjave të tensionit të lartë. Transformatorët reduktojnë këto tensione të larta për shpërndarje lokale në shtëpi dhe biznese. Pajisjet e transmetimit dhe shpërndarjes së energjisë elektrike dhe instalimet dhe pajisjet e banimit përbëjnë nivelin e sfondit të fushave elektrike dhe magnetike të frekuencës së energjisë në shtëpi. Në shtëpitë që nuk ndodhen pranë linjave të energjisë, kjo fushë e sfondit mund të jetë deri në rreth $0.2(\mu T)$. [41].

Drejtpërdrejt nën linjat e energjisë fusha janë shumë më të forta. Dendësitë e fluksit magnetik në nivelin e tokës mund të shkojnë deri në disa (μT). Nivelet e fushës elektrike nën linjat energjetike mund të jenë deri në $10(kV/m)$. Megjithatë, fushat (elektrike dhe magnetike) bien me distancë nga linjat. Në distanca $50(m)$ deri në $100(m)$ fushat janë normalisht në nivele që gjenden në zona larg linjave të tensionit të lartë. Përveç kësaj, muret e shtëpive zvogëlojnë ndjeshëm nivelet e fushës elektrike nga ato që gjenden në vende të ngjashme jashtë shtëpisë. [63].

2.7.Ndotje e mjediseve natyrore të formave të ndryshme

Në vendin tonë qëndrimi i shoqerisë njerëzore si dhe i organeve të pushtetit dhe të drejtimit të bendit ka lëndë për të deshiruar. Por sot në kuadër të nënshkrimit të konventave ndërkombëtare dhe të antarësimit në organizatet e ndryshme botërore të vendit ton çdo gjë ka ndryshuar. Aktualisht vendi ynë si anëtar i OKB, po harton dhe zbaton të gjithë legjislacionin botëror mbi ndotjet.

Ndotje nga ekspozimi ndaj pasojave dhe rezatimeve nga fushat elektromagnetike normohen nëpërmjet edhe një Vendimi të posaçëm të qeverisë shqiptare i cili bazohet në Përmbledhjen e udhëzimeve të ekspozimit të ICNIRP, konkretishte në Vendimin e Këshillit të Ministrave të RSH Nr.743, datë 16.10.2012 "Për miratimin e rregullores "Për mbrojtjen e publikut nga rrezatimet jonizuese" (Ndryshuar me VKM nr.67, datë 3.2.2017).

Ky vendim mbështet dhe reflekton standardet dhe udhëzimet e një numër i organizatave kombëtare dhe ndërkombëtare të cilat kanë formuluar udhëzime për vendosjen e limiteve për ekspozimin profesional dhe rezidencial të EMF. Kufijtë e ekspozimit për fushat EMF të zhvilluara nga Komisioni Ndërkombëtar për Mbrojtjen nga Rrezatimi Jo-Jonizues (ICNIRP) - një organizatë joqeveritare e njohur zyrtarisht nga OBSH, u zhvilluan pas rishikimeve të të gjithë literaturës shkencore të rishikuar, duke përfshirë edhe efektet termike dhe jo-termike. Standardet bazohen në vlerësimet

e efekteve biologjike që janë krijuar për të pasur pasoja shëndetësore. Përfundimi kryesor nga shqyrtimet e OBSH është se ekspozimet EMF nën kufijtë e rekomanduar në udhëzimet ndërkombëtare të ICNIRP nuk duket se kanë ndonjë pasojë të njohur për shëndetin.

OBSH ka përpiluar një bazë të të dhënave e cila përfshin standardet mbarëbotërore për vendet që kanë legjislacion për ekspozimin ndaj fushave elektromagnetike.

Për shkak se pabarazitë në standardet e EMF në mbarë botën kanë shkaktuar ankth publik në rritje rreth ekspozimeve të EMF nga futja e teknologjive të reja, OBSH filloi një proces harmonizimi të standardeve të fushave elektromagnetike (EMF) në mbarë botën. Me 54 vende pjesëmarrëse dhe 8 organizata ndërkombëtare të përfshira në Projektin Ndërkombëtar të EMF, ajo ofron një mundësi unike për të bashkuar vendet për të zhvilluar një kuadër për harmonizimin e standardeve EMF dhe për të inkurajuar zhvillimin e limiteve të ekspozimit dhe masave të tjera të kontrollit që ofrojnë të njëjtin nivel të mbrojtjes shëndetësore për të gjithë njerëzit.

Kufijtë e ekspozimit që rekomandohen nga komitetet shkencore të ekspertëve, siç është Komisioni Ndërkombëtar për Mbrojtjen nga Rrezatimi Jo-Jonizues (ICNIRP), përbëjnë bazën për rregullimin në Bashkimin Evropian. Rekomandimi i Këshillit 1999/519 / EC i datës 12 korrikut 1999 “Mbi valët e radios, fushat elektrike dhe magnetike të frekuencave jashtëzakonisht të ulëta dhe fushave elektro dhe magnetike statike”. Ky rekomandim ka të bëjë me ekspozimin e popullsisë së përgjithshme ndaj rrezatimit elektromagnetik që vjen nga instalimet si kullat e transmetimit dhe linjat e tensionit të lartë dhe nga produkte të tilla si telefonat celularë dhe furrat me mikrovalë.

KAPITULLI 3.

FORMA MATEMATIKORE TË KARAKTERISTIKAVE TË FUSHËS ELEKTROMAGNETIKE

3.1.Hyrje

Kuptimet e përgjithshme të teorisë së fushës elektromagnetike janë të nevojshme për kuptimin e nocioneve themelore të linjave transmetuese dhe antenave. Andaj të gjitha konceptet themelore të teorisë së fushës elektromagnetike dhe ato të linjave transmetuese dhe antenave janë vendimtare për të kuptuar bazat e *fushave elektromagnetike*.

Duhet theksuar edhe një herë që brezi i frekuencave të përcaktuara nga rregullatori janë: 150*kHz*-30*MHz* për emetimet konduktive (nëpërmjet përçuesve) dhe 150*MHz*-1*GHz* për emetimet rrezatuese (nëpërmjet valëve). Mirëpo dimensionet elektrike të prodhimeve elektronike dhe kabllove lidhëse mund të mos jenë elektrikisht të vogla, dhe në atë rast nuk mund të përdoren ligjet e qarqeve me parametra të koncentruar siç janë ligjet e Kirhofit.

Nëse tentohet të përdoren ligjet e qarqeve elektrike me parametra të koncentruar në strukturat elektrikisht të mëdha ato do të shpiejnë në konkluzione të gabueshme dhe dizajn të gabuar. Ligjet që vlejnë për struktura të mëdha elektrikisht (ekuacionet e Maksuellit) nuk janë aq të thjeshta për përdorim siç janë ligjet e qarqeve elektrike.

Të gjitha dukuritë elektromagnetike makroskopike u nënshtrohen ekuacioneve të Maksuellit. Këto ekuacione nga pikëpamja matematikore janë mjaft të ndërlikuara, mirëpo mjaft lehtë mund të shpjegohet ana fizike e tyre. Këto ekuacione shpjegojnë natyrën e fushës elektromagnetike e cila ka karakter të parametrave të shpërndarë, do të thotë se madhësitë e fushës elektromagnetike janë të shpërndara në hapësirë.

Andaj ekuacionet diferenciale që përshkruajnë fushën elektromagnetike e që quhen ekuacionet e Maksuellit janë ekuacione diferenciale parciale sepse madhësitë e fushës janë funksione të parametrave hapësinorë *x, y, z,* e gjithashtu edhe kohës *t*. Në rastet kur lejojnë kushtet (për struktura elektrikisht të vogla) mund të përdoren metodat e përafërta me ç'rast ekuacionet shndërrohen në ekuacione diferenciale të zakonshme ku variablat janë funksione vetëm të kohës *t*.

3.2. Fusha magnetike e rrymave elektrike

Bashkëveprimi i magneteve me njëri-tjetrin, mbi ngarkesat elektrike në lëvizje, mbi përcjellësit me rrymë apo edhe i përcjellësve me rrymë me njëri tjetrin, ka natyrë të njëjtë në të gjitha rastet. Origjina e këtij bashkëveprimi është lëvizja e ngarkesave elektrike. Shpjegimi i këtij bashkëveprimi bëhet me anë të fushës magnetike, në mënyrë të ngjashme me fushën elektrike, që shpjegon bashkëveprimin e ngarkesave në prehje. Pra magnetet, përcjellësit me rrymë apo çdo trup tjetër i ngarkuar që lëviz,

shkaktojnë në hapësirën që i rrethon ndryshime fizike (të cilat nuk janë të pranishme në mungesë të tyre). Thuhet se në hapësirën që rrethon këta trupa ka fushë magnetike.

Atëherë bashkëveprimi magnetik midis trupave magnetik realizohet me anë të veprimit të fushës magnetike të krijuar nga njër trup mbi tjetrin dhe anasjelltas. Pra bashkëveprimi në largësi, si edhe në rastet e tjera realizohet me anë të fushës, pra kemi bashkëveprim në afërsi. Studimi i karakteristikave të fushës magnetike bëhet pa marrë parasysh burimet që e krijojnë atë, por duke mos haruar që burimi më i thjeshtë për krijimin e fushës magnetike është përcjelësi me rrymë.

3.2.1. Fusha magnetike e një përcjellësi me rrymë. Ligji Bio Savar

Në vitin 1819 Ersted zbuloi se një gjilpërë magnetike devijohet kur ndodhet pranë një pëcjellësi me rrymë. Më vonë Zhan Baptist Bio dhe Feliks Savar kryen eksperimente për të vlerësuar nga ana sasiore forcën që ushtrojnë rrymat mbi një gjilpërë magnetike. Nga rezultatet eksperimentale Bio dhe Savar nxorën një shprehje matematike, që lejon të llogaritet fusha magnetike në një pike çfarëdo të hapësirës në funksion të rrymës që krijon fushën.

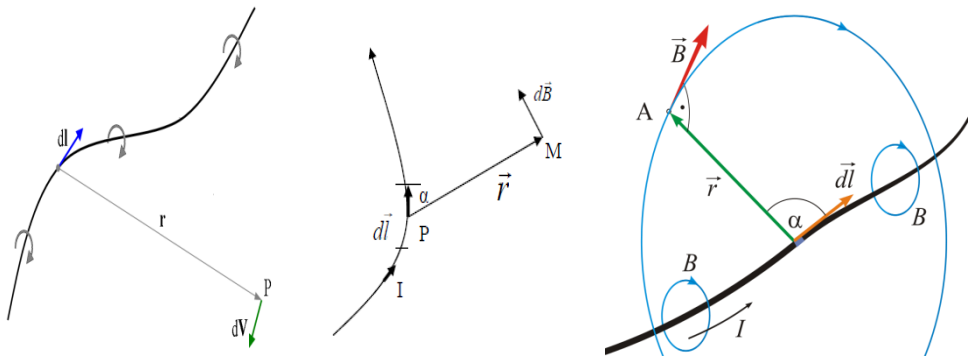


Figura 3.1 Fusha magnetike në një pikë çfarëdo të hapësirës në funksion të rrymës që krijon fushën

Duke studjuar fusha magnetike në një pikë çfarëdo të hapësirës në funksion të rrymës që krijon fushën, vrojtimet eksperimentale treguan se induksioni i fushës magnetike $d\vec{B}$ në një pikëP, i krijuar nga një element rryme (një përcjellës $d\vec{S}$) me intensitet gëzon këto veti:

1. Vektori $d\vec{B}$ është pingul si me vektorin$d\vec{S}$, që ka drejtimin e rrymës ashtu edhe me vektorin njësi $\vec{r}$ që është i orientuar nga $d\vec{S}$ drejt pikës P

2. Moduli i $d\vec{B}$ është në përpjesëtim të zhdrejtë me r^2, ku r është largësia e pikës P nga elementi dS .

3. Moduli i $d\vec{B}$ është në përpjesëtim të drejtë me intensitetin e rrymës dhe me gjatësinë ds të elementit të rrymës.

4. Moduli i $d\vec{B}$ është në përpjesëtim të drejtë me $\sin\theta$, ku θ është këndi midis vektorëve $d\vec{S}$ dhe $\vec{r}$.

Duke i përmbledhur të gjitha këto në një shprehje matematike vektoriale marrim shprehjen për vlerën e induksionit të rrymës, që njihet me emrin: ligji Bio Savar:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Id\vec{S}\times\vec{r}}{r^2} \quad (3.1)$$

kuμ_0 është konstante dhe quhet **përshkueshmëri magnetike e boshllëkut:**

$$\mu_0 = 4\pi\, 10^{-7}\ (T\frac{m}{A}) \quad (3.2)$$

Shprehja (3.1) jep induksionin e fushës magnetike të krijuar nga një rrymë, që rrjedh në një element të përcjellësit shumë të vogël me gjatësidS . Për të llogaritur induksionin e fushës magnetike $\vec{B}$ të një përcjellësi me rrymë me përmasa të fundme, duhet të bëjmë shumën vektoriale të kontributeve të të gjitha elementëve të rrymës $\vec{S}$, pra vlera e $\vec{B}$ gjendet duke integruar shprehjen (3.1):

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 l}{4\pi}\int\frac{d\vec{S}\times\vec{r}}{r^2} \quad (3.3)$$

ku integrali llogaritet për gjithë shpërndarje e rrymës. Ligji i Bio Savar është i vlefshëm edhe në rastin kur rryma elektrike krijohet nga ngarkesa që lëvizin në hapësirë, p.sh.brenda tubit katodik të një televizori.

Në këtërast $d\vec{S}$ paraqet gjatësinë e një segmenti të vogël të hapësirës Brenda të cilit lëvizin ngarkrkesat. Ka shumë ngjashmëri midis ligjit të Bio Savar për magnetizmin dhe ligjit të Kulonit për elektrostatikën. Elementi i rrymës krijon një fushë magnetike, kurse ngarkesa pikësore krijon një fushë elektrike. Intensiteti i fushës magnetike në një pike është në përpjesëtim të drejtë me katrorine largësisë nga elementi me rrymë ashtu si intensiteti i fushës elektrike të ngarkesës pikësore.

Ndërsa drejtimet e dy fushave janë komplet ndryshe. Fusha elektrike e gjeneruar nga një ngarkesë pikësore është radiale, kurse fusha magnetike e krijuar nga një element rryme është pingul si me elementin me rrymë $d\vec{S}$ ashtu edhe me rrezen vektore$\vec{r}$. Kështu në qoftë se përcjellësi ndodhet në planin e figures 3.1, $d\vec{B}$ do të jetë pingul dhe del nga faqja në pikën, ndërsa në pikën P' do të jetë pingul dhe hyn në faqe. Një ndryshim tjeter midis fushave elektrike dhe magnetike lidhet me burimet e fushave

Një fushë elektrike gjenerohet nga një ngarkesë e vetme e izoluar. Edhe pse një pike çfarëdo, fusha magnetike e gjeneruar nga element të veçantë të rrymës përcaktohet nga ligji Bio Savar, element të izoluar të rrymës nuk ekzistojnë, ndërkohë që ngarkesa elektrike të izoluara ekzistojnë. Një element rryme duhet të jetë një qark komplet i mbyllur, gjatë të cilit lëvizin ngarkesat.

Për këtë arsye ligji i Bio Savar përfaqëson vetëm hapin e pare për të llogaritur fushën magnetike; më tej bëhet integrimi sipas gjithë shpërndarjes së ngarkesës. Fusha magnetike për rastin që po flasim, është fusha magnetike e krijuar nga një përcjellës i përshkruar nga rryma dhe nuk duhet ngatërruar me fushën magnetike të jashtme që ndodhet jashtë përcjellësit e krijuar nga burime të tjera, p.sh. nga një magnet që ndodhet afër.

3.2.2. Fusha magnetike e një përcjellësi të drejtë me rrymë

Duke u bazuar në ligjin Bio Savar, le të gjejmë intensitetin e fushës magnetike të një përcjellësi të gjatë vijëdrejtë me rrymë në një pike P në largësi r nga përcjellësi. Në përcjellës rrjedh rryma me intensitet I dhe përmasat e prerjes tërthore të përcjellësit janë shumë të vogla në krahasim me largësitë ku përcaktohet fusha magnetike. Intensiteti i fushës magnetike dB në një pike P i krijuar nga një element, në bazë të (3.1) dhe duke patur parasysh që këndi midis $d\vec{S}$ dhe $\vec{r}$ është, do të jetë:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{IdS\sin\theta}{r^2} \quad (3.4)$$

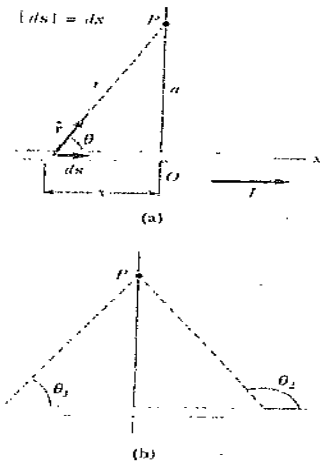


Figura 3.2 Drejtimi i vektorit $d\vec{B}$ është pingul me planin e figurës

Drejtimi i vektorit $d\vec{B}$ në figuren 3.2 është pingul me planin e figurës.Gjithashtu dB në pikën P ka të njëjtin drejtim për çdo element rryme që mund të jetë ndarë përcjellësi. Në këtë mënyrë për të gjetur intensitetin e fushës magnetike të krijuar në pikën P nga elementët e rrymës që ndodhen në pjesën e sipërme të përcjellësit, integrojmë barazimin (3.4). Gjithashtu edhe fusha magnetike e krijuar nga elementet e rrymës së gjysmës së poshtme të përcjellësit ka të njëjtin intensitet dhe drejtim si edhe gjysma e sipërme.

Për të gjetur intensitetin e plotë integrojmë barazimin (3.4) dhe e shumëzojnë me dy dhe do të kemi:

$$B = \int dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \int_0^{\infty} \frac{\sin\theta dS}{r^2} \quad (3.5)$$

Nga figura gjendet që:

$$r = \frac{a}{\sin\theta} \quad (3.6)$$

dhe:

$$x = \frac{a}{\operatorname{cotg}\theta} \quad (3.7)$$

Duke derivuar (3.7) gjejmë:

$$dx = dS = \frac{ad\theta}{(\sin\theta)^2} \quad (3.8)$$

Zëvendësojmë (3.6) dhe (3.8) në shprehjen (3.5) dhe do të kemi:

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{ad\theta \sin\theta}{(\sin\theta)^2} \frac{(\sin\theta)^2}{a^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin\theta \, d\theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (cos\theta_1 - cos\theta_2) \quad (3.9)$$

Në bazë të barazimit (3.9) llogaritet fusha magnetike e krijuar nga një përcjellës vijëdrejtë me rrymë, në qoftë se njihet gjeometria, pra këndet $\theta_1$dhe θ_2.
Në rastin kur përcjellësi është pambarimisht i gjatë, elementët e rrymës mbulojnë gjithë pozicionet nga $-\infty$ në $+\infty$ dhe këndet do të ndryshojnë nga $\theta_1 = 0$ në $\theta_2 = \pi$. Duke qenë se $cos\theta_1 - cos\theta_2 = cos0 - cos\pi = 2$, ekuacioni (3.9) do të bëhet:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \quad (3.10)$$

Ekuacionet (3.9) dhe (3.10) tregojnë që intensiteti i fushës magnetike në një pikë të fushës është në përpjesëtim të drejtë me intensitetin e rrymës dhe në përpjesëtim të zhdrejtë me largësinë nga përcjellësi.

Ky ekuacion ka të njëjtën formë matematike si dhe intensiteti i fushës elektrike i krijuar nga një përcjellës shumë i gjatë i ngarkuar.

Për shkak të simetrisë, vijat e fushës magnetike janë rrathë koncentrikë me qendër në përcjellës dhe që shtrihen në plane pingule me të. Moduli i B është konstant mbi çdo rreth me rreze a dhe jepet nga barazimi 3.10. Kahu i B përcaktohet me anë të rregullës të dorës së djathtë sipas së cilës përcjellësi mbështillet me dorën e djathtë, duke mbajtur gishtin e majtë sipas kahut të rrymës. Katër gishtërinjtë që mbështjellin përcjellësin tregojnë kahun e fushës magnetike.

Figura 3.3 Pamje tredimensionale të fushës magnetike që rrethon një përcjellës me rrymë.

3.2.3. Fusha magnetike e një përcjellësi rrethor me rrymë

Le të kemi një spirë rrethore, që përshkohet nga një rrymë me intensitet i (fig.3.4), dhe të përcaktojmë fushën magnetike B në një pike B, që ndodhet në boshtine spirës, në një largësi x nga qendra e spirës. Në këtë rast të gjithë elementët $d\vec{s}$ janë pingulë me vektorin njësi $\vec{r}$, prandaj $|d\vec{s} \times \vec{r}| = dS \cdot 1 \cdot sin90^{\circ} = dS$. Gjithashtu të gjithë elementët e spirës gjenden në të njëjtën largësi r nga spira, ku $r^2 = x^2 + R^2$. Atëherë moduli i fushës magnetike $d\vec{B}$, e krijuar nga çdo element ds në pikën P, në bazë të ligjit Bio – Savar, do të jetë:

$$dB = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\frac{|d\vec{S} \times \vec{r}|}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\frac{dS}{(x^2 + R^2)} \quad (3.11)$$

Sipas figures 3.4. Vektori i fushës magnetike dB, i krijuar nga elementi i rrymës IdS është pingul me planin e përcaktuar nga vektorët $\vec{r}$ dhe $d\vec{S}$

E zbërthejnë vektorin $d\overrightarrow{B_x}$ dhe $d\overrightarrow{B_y}$ sipas dy boshteve pingul $x$dhe y. Shuma e të gjithë përbërësve dB_y është zero, sepse për arsye simetrie, çdo element i qarkut

gjeneron një përbërëse y është e barabartë dhe e kundërt me atë të krijuar nga elementi simetrik në lidhje me diametrin. Prandaj fusha magnetike në P do të jetë rezultante vetëm e përbërësve sipas bushtit x duke iu referuar figurës 3.4, komponentja e fushës sipas boshtit x do të jetë:

$$dB_x = dBcos\theta \quad (3.12)$$

Duke zëvendësuar (3.11) në (3.12) dhe duke integruar, gjejmë fushën magnetike rezultante B:

$$B_x = \oint dB_x = \oint dBcos\theta = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\oint \frac{dScos\theta}{x^2+R^2} \quad (3.13)$$

ku integrali llogaritet për gjatë gjithë gjatësisë së spirës. Meqenëse θ, x dhe R janë konstant për të gjithë elementët e spirës, duke qenë se $cos\theta = \frac{R}{(x^2+R^2)}$ marrim:

$$B_x = \frac{\mu_0 IR}{4\pi\,(x^2+R^2)^{\frac{3}{2}}}\oint dS = \frac{\mu_0 IR^2}{2\,(x^2+R^2)^{\frac{3}{2}}} (3.14)$$

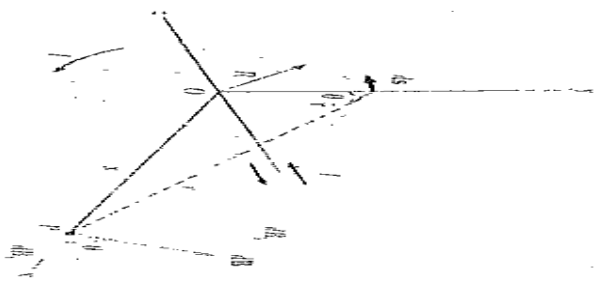


Figura 3.4 Vektori i fushës magnetike dB, i krijuar nga elementi i rrymës IdS është pingul me planin e përcaktuar nga vektorët $\vec{r}$ dhe $d\vec{S}$

Në (3.14) $\oint dS = 2\pi r$ është perimetri i spirës. Për të llogaritur fushën magnetike në qendër të spirës, mjafton të zëvendësojmë $x = 0$ në (3.14) dhe do të kemi:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R} (3.15)$$

Fusha magnetike në distance shumë të madhe nga spira, d.m.th. x shumëmë e madhe se R, $x \gg R$, gjendet nga formula (9.14), duke marrë parasysh termin R^2:

$$B = \frac{\mu_0 IR^2}{2x^2} \quad (\text{për } x \gg R) \quad (3.16)$$

Meqenëse moduli i momentit të dipolit magnetic të një spire μ është i barabartë me prodhimin e intensitetit të spirës me sipërfaqen e saj, pra $\mu = I \cdot (\pi R^2)$, ekuacioni (3.16) mund të shkruhet:

$$B = \frac{\mu_0 I \pi R^2}{2\pi x^2} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{\mu}{x^2} \quad (3.17)$$

Ky rezultat është i ngjashëm me atë të fushës së një dipoli elektrik.

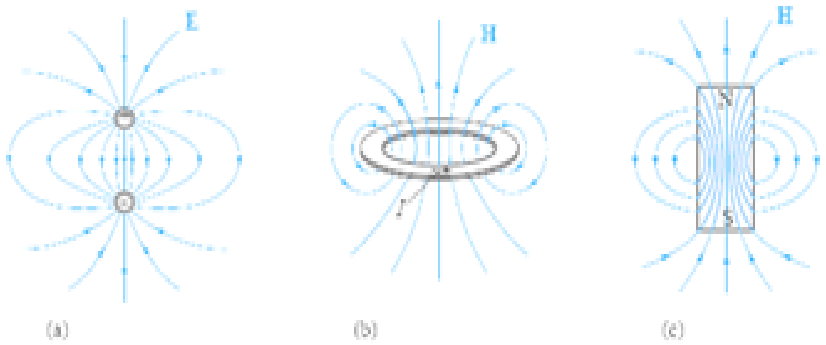


Figura 3.5 Pamje e konfiguracionit të vijave të fushës magnetike të një spirë rrethore paraqitet në (a). Kjo fushë mund të vihet në dukje me anë të pluhurit të hekurit (b).Fusha ka simetri dhe është e ngjashme me fushën magnetike të një shufre magnetike c).

3.2.4. Forca magnetike midis dy përcjellësve paralel

Gjate studimeve dime se mbi një përcjellës me rrymë të vendosur në një fushë magnetike ushtrohet një force që quhet force magnetike, si dhe se një përcjellës me rrymë krijon në hapësirën rreth tij një fushë magnetike. Është e qartë se dy përcjellës me rrymë krijojnë fusha magnetike që ushtrojnë reciprokisht forca mbi njëri tjetrin.

Le të kemi dy përcjellës me rrymë shumë të gjatë dhe të vendosur paralelisht me njëri tjetrin. Nga sa thamë më lart ata do të ushtrojnë forca mbi njëri tjetrin. Në figurën 3.6 paraqiten dy përcjellës të tillë në një largësi a nga njëri tjetri dhe që përshkohen nga rrymat I_1dhe I_2. Forcat që ushtrohen nga këta përcjellës mund të paraqitet sipas skemës:

Rrymë ↔ Fushë magnetike ↔ Rrymë

Përcjellësi 1 në figure krijon një fushë magnetike B_1 në pikat ku ndodhet përcjellës 2i, kurse përcjellësi 2 krijon një fushë magnetike B_2 është pingul me përcjellësin.

Dime se forca magnetike që vepron mbi një pjesë me gjatësi l të përcjellësit 1 është $\overrightarrow{F_1} = I_1\ \vec{l} \times \overrightarrow{B_2}$.

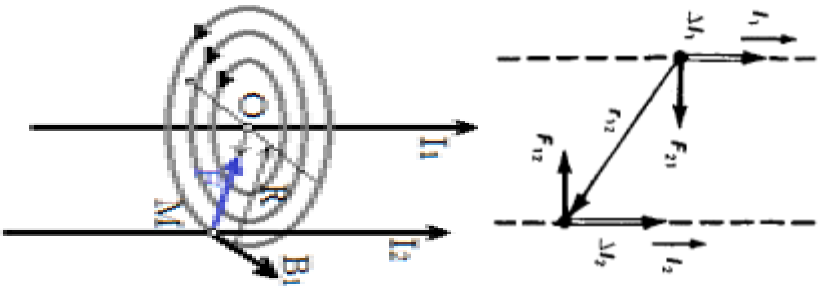


Figura 3.6 Paraqitja e dy përcjellës të cilet në një largësi a nga njëri tjetri, përshkohen nga rrymat I_1dhe I_2.

Meqenëse $\vec{l}$ dhe $\overrightarrow{B_2}$ janë pingul, moduli i forcës $\overrightarrow{F_1}$ do të jetë:

$$F_1 = I_1\ l\ B_2 \quad (3.18)$$

Fusha magnetike e krijuar nga përcjellësi 2 në pikat ku ndodhet përcjellësi 1, në bazë të formulës (9.10) do të jetë:

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi a} \quad (3.19)$$

Duke zëvendësuar (9.19) në (9.18) do të kemi:

$$F_1 = I_1\ l\ \left(\frac{\mu_0 I_2}{2\pi a}\right) = \frac{\mu_0 l I_1\ I_2}{2\pi a} \quad (3.20)$$

Produkti vektorial $\vec{l} \times \overrightarrow{B_2}$ është i drejtuar poshtë, kështu që forca $\overrightarrow{F_1}$ është e drejtuar drejt përcjellësit 1. Në mënyrë analoge mund të llogarisim edhe forcën $\overrightarrow{F_2}$ që përcjellësi 1 ushtron mbi përcjellësin 2, e cila është e barabartë në modul, ka drejtim të njëjtë por kahe të kundërt me forcën F_1. Kjo gjë mund të shprehet edhe direkt në bazë të ligjit të tretë të Njutonit.

Kur rrymat në përcjellës kanë drejtime të kundërta, forcat ndryshojnë drejtim dhe përcjellësit shtyhen. Pra tek përcjellësit parallel, kur rrymat kanë kahe të njëjta ata tërhiqen dhe kur kanë kahe të kundërta, shtyhen. Forca që veprom midis rrymave në përcjellësit paralel përdoret për të përkufizuar njësinë e intensitetit të rrymës, amperin $1A$, që është një nga shtatë njësitë themelore të sistemit SI:

Amperi është intensiteti i asaj rryme konstante, që rrjedh në dy përcjellës paralel vijëdrejtë, me gjatësi të pafundme dhe me prerje tërthore të papërfillshme, të vendosur $1m$ larg njëri tjetrit, ushtrojnë mbi meter gjatësi të përcjellësit. Vlera $2 \cdot 10^7$ gjendet, duke zëvendësuar në (3.20)

$$I_1 = I_2 = 1,\ a = 1,\ l = 1, \text{ atëherë:} F = \frac{\mu_0}{2\pi} = \frac{4\pi 10^{-7}}{2\pi}$$

Duke u bazuar në amperin, mund të përkufizojmë njësinë e ngarkesës elektrike, $1C$ (kulon) në sistemin SI: **Një kulon ($1C$) është sasia e ngarkesës elektrike që kalon në një sekondë, në një prerje çfarëdo të përcjellësit me rrymë.**

3.3. Ligji i Amperit

Në elektrostatikë, në bazë të ligjit të Kulonit mund të llogarisim fushën elektrike të krijuar nga ngarkesat elektrike, për çdo lloj shpërndarje të tyre. Edhe për shpërndarje komplekse kërkohet një sasi e madhe llogaritjesj, por gjithmonë është e mundur që të përcaktohet me çfarëdo lloj saktësie. Megjithatë, kur të shikojmë ekuacionet e Maksuellit, fusha elektrostatike nuk përfaqësohet nga ligji i Kulonit, por nga ai i Gausit

Në elektrostatikë, ku ngarkesat janë në prehje ose lëvizin ngadalë, të dy këto ligje janë ekuivalent. Megjithatë ligji i Gausit është shumë më i përshtatshëm në formë me ekuacionet e tjera të elektromagnetizmit, në krahasim me ligjin e Kulonit dhe lejon të zgjidhen problemet mbi fushën elektrike, në rastin kur kemi një shkallë të lartë simetrie.

Situata është e ngjashme edhe në rastin e magnetizmit. Mund të llogaritet fusha magnetike e krijuar nga rrymat elektrike, për çdo lloj shpërndarje të tyre, në bazë të ligjit Bio – Savar, që është ekuivalent me ligjin e Kulonit. Edhe në këtë rast në sistemin e ekuacioneve të Maksvellit për elektromagnetizmin, fusha magnetike nuk për elektromagnetizmin, fusha magnetike nuk përfaqësohet nga ligji Bio – Savar, por nga ligji i Amperit ose nga teorema e Amperit.

Si ligji i ashtu dhe ai i Bio – Savar janë relacione midis shpërndarjes së rrymës dhe fushës magnetike që ajo krijon. Megjithatë ligji i Amperit ka një thjeshtësi dhe formë që e bën më të përshtatshëm me ekuacionet e tjerë të elektromagnetizmit dhe ashtu si edhe ligji i Gausit lejon zgjidhjen e problemeve të fushës magnetike, në rastet kur ka një shkallë të lartë simetrie.

Le të shikojmë tani ligjin e Amperit. Dimë që gjilpëra e një busulle devijohet kur vendoset pranë një përcjellësi me rrymë, gjë që tregon se përcjellësi me rrymë kryjon fushë magnetike. Në qoftë se disa gjilpëra magnetike vendosen në një plan horizontal pranë një përcjellësi vertical shumë të gjatë, ato do të vendosen në drejtimin e vet të përcaktuar nga fusha magnetike e Tokës, në rastin kur përcjellësi nuk përshkohet nga rryma (fig.3.7a).

Në rastin kur përcjellësi përshkohet nga një rrymë e vazhduar, me intensitet të lartë, gjilpërat do të orientohen sipas tangents me rrethin me qendër përcjellësin (fig.3.7b). Kahu i fushës magnetike të gjeneruar nga rryma në përcjellës përcaktohet me rregullin e dorës së djathtë (fig.3.3).

Kur ndryshon kahu i rrymës ndryshon edhe kahu i gjilpërave në figurën 3.7c. Meqë gjilpërat kanë kahun e $\vec{B}$, atëherë vijat e forces së fushës magnetike janë rrathë koncentrikë me përcjellësin.

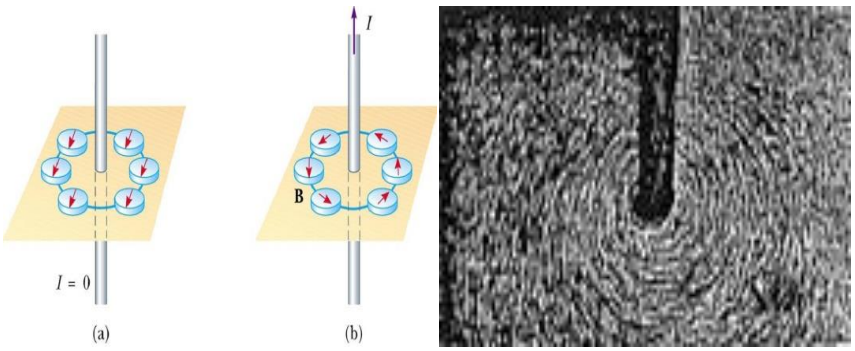


Figura 3.7 Në rastin kur përcjellësi nuk përshkohet nga rryma (a). Në rastin kur përcjellësi përshkohet nga një rrymë e vazhduar, me intensitet të lartë, gjilpërat do të orientohen sipas tangents me rrethin me qendër përcjellësin (b). Kur ndryshon kahu i rrymës ndryshon edhe kahu i gjilpërave (c).

Për arsye simetrie, mbi çdo rreth me qendër në përcjellës dhe që ndodhet në një plan pingul me përcjrllësin, intensiteti i fushës është i njëjtë.Duke ndryshuar intensitetin e rrymës dhe largësinë a nga përcjellësi, gjendet që B është në përpjesëtim të drejtë me intensitetin e rrymës dhe në përpjesëtim të zhdrejtë me largësinë nga përcjellësi, në përputhje me ekuacionin 3.10.

Llogaritni tani produktin skalar $\vec{B}d\vec{S}$ për një gjatësi elementare ds të marrë në rrethin e përcaktuar nga gjilpërat dhe bëjmë shumën për të gjithë elementët që formojnë rrethin. Në çdo pikë vektorët $d\vec{s}$ dhe $\vec{B}$janë paralel, prandaj produkti skalar $\vec{B}d\vec{S} = BdS$. Vlera e B është konstante gjatë vijës rrethore dhe llogaritet sipas ekuacionit 3.10. Shuma e produkteve BdS që është integrali sipas vijës rrethore të $\vec{B} \cdot d\vec{S}$:

$$\oint \overrightarrow{\vec{B} \cdot d\vec{S}} = B \cdot \oint dS = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}(2\pi r) = \mu_0 I \quad (3.21)$$

ku$\oint dS = 2\pi r$ është gjatësia e rrethit.

Ky rezultati i llogaritur për rastin e veçantë të një vije rrethore është i vlefshëm në përgjithësi për çfarëdo vijë të të mbyllur, atëherë në formulën 3.21, I përfaqëson shumën algjebrike të rrymave që ndodhen brenda konturit të mbyllur, kurse rrymat që

ndodhen jashtë këtij konturi nuk hyjnë në llogaritje në formulën 3.21. Atëherë ligji i Amperit formohet:

Integrali linear i $\vec{B}d\vec{S}$, i shtrirë gjatë çdo vije të mbyllur është i barabartë me $\mu_o I$, ku I është shuma algjebrike e rrymave të vazhduara që përshkojnë një sipërfaqe çfarëdo që kufizohet nga vija e mbyllur.

$$\oint \vec{B}d\vec{S} = \mu_0 I \text{ (Ligji i Amperit)} \quad (3.22)$$

Ligji i Amperit përshkruan fushat magnetike të krijuara nga një konfiguracion i çfarëdoshëm i rrymave të vazhduara, por ne do ta përdorim atë për të llogaritur fushat magnetike, të krijuara nga ato konfiguracione të rrymave që kanë një shkallë të lartë simetrie. Është e dukshe anologjia me ligjin e Gausit, sipas të cilit integrali i $\vec{E}$ sipas një sipërfaqe çfarëdo të mbyllur varet vetëm nga shuma algjebrike e ngarkesave që ndodhen brenda sipërfaqes.

3.4. Zbatime të ligjit të Amperit

3.4.1. Fusha magnetike e nje percjellësi vijëdrejtë të gjatë me rrymë

Përcaktimi i fushës magnetike në një përcjellës të gjatë, që përshkohet nga rryma me intensitet I_O është rasti më i thjeshtë, që ka simetri të mjaftueshme dhe lejon përdorimin e ligjit të Amperit. Zgjedhimi si vijë të mbyllur një rreth koncentrik me rreze r (fig.3.8).

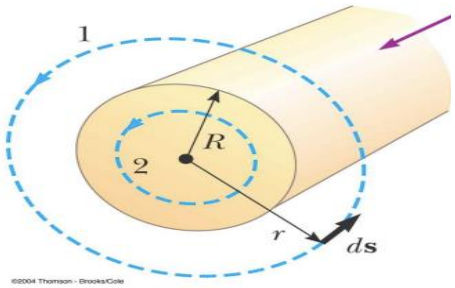


Figura 3.8. Analiza e n vijë të mbyllur te një rreth koncentrik me rreze r.

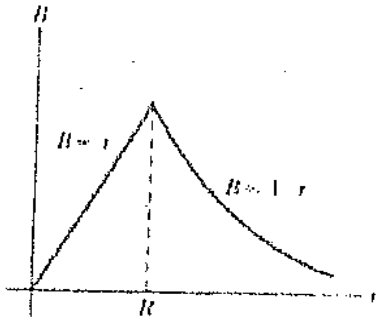


Figura 3.9. Vlerat e$\vec{B}$ dhe $d\vec{S}$ kanë kahe të njëjtë ose kahe të kundërt.

Në këtë mënyrë kemi simetri cilindrike. Për shkak të kësaj simetrie $\vec{B}$ ka modul të njëjtë në çdo pikë të spirës dhe është tangent me spirën. Kështu $\vec{B}$ dhe $d\vec{S}$ kanë kahe të njëjtë ose kahe të kundërt.

Supozojmë se $\vec{B}$ dhe $d\vec{S}$kanë kahe të njëjtë dhe atëherë këndi ndërmjet tyre është i barabartë me zero. Duke zbatuar ligjin e Amperit do të kemi:

$$\oint \vec{B}d\vec{S} = B\oint d\vec{S} = B(2\pi r) = \mu_0 \cdot I_O$$

Nga barazimi i fundit gjejmë:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I_O}{2\pi r} \text{për} r \geq R \quad (3.23)$$

që është e njëjtë me barazimin (3.10), i cili është gjetur duke zbatuar ligjin Bio-Savar. Le të shqyrtojmë tani një vijë të mbyllur rrethore me rreze r brenda përcjellësit $r < R$ Në këtë rast intensiteti i rrymës I është më i vogël se I_O. Meqënëse rryma është e shpërndarë njëtrajtësisht gjatë sipërfaqes së prerjes tërthore të përcjellësit, atëherë raporti i intensiteteve të rrymave është i barabartë me raportin e sipërfaqeve përkatëse, pra:

$$\frac{I}{I_O} = \frac{\pi r^2}{\pi R^2}$$

që nga:$I = \frac{r^2}{R^2} I_O$

Duke vepruar njëlloj si në rastin e parë, kemi:

$$\oint \vec{B}d\vec{S} = B(2\pi r) = \mu_0 I = \mu_0(\frac{r^2}{R^2} I_O)$$

Nga barazimi i fundit nxjerrim :

$$B = \left(\frac{\mu_0 \cdot I_O}{2\pi R^2}\right) r \text{për} r < R \quad (3.24)$$

Ky rezultat është i ngjashëm me shprehjen e fushës elektrike brenda një sfere të ngarkuar njëtrajtësisht. Pra fusha magnetike B varet nga r Kjo varësi paraqitet në figurën 3.9, brenda përcjellësit kur $\rightarrow o$, $B \rightarrow o$. Për $r = R$, të dy ekuacionet (3.23) dhe (3.24) japin të njëjtën vlerë të fushës magnetike.

3.4.2. Fusha magnetike e një solenoidi

Solenoidi është një përcjellës i gjatë, i mbështjellë ngushtë në formë spirale. Përcaktimi i fushës magnetike të një solenoidi është një rast tjetër ku, simetria e lartë

dhe zbatimi i ligjit të amperit përbëjnë një avantazh për përcaktimin e fushës magnetike. Me anë të solenoidit krijohet një fushë magnetike mjaft uniforme në hapësirën brenda mbështjellës të përshkuar nga rryma.

Çdo spirë mund të shqyrtohet afërsisht si një unazë rrethore dhe fusha magnetike rezultante e solenoidit është e barabartë me shumën vektoriale të fushave vektoriale të krijuara nga çdo spirë.

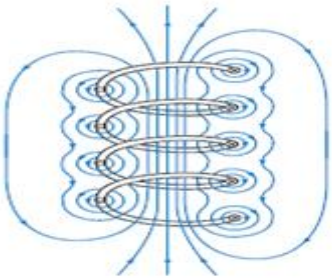


Figura 3.10. Paraqitja e vijë e fushës së një solenoidi

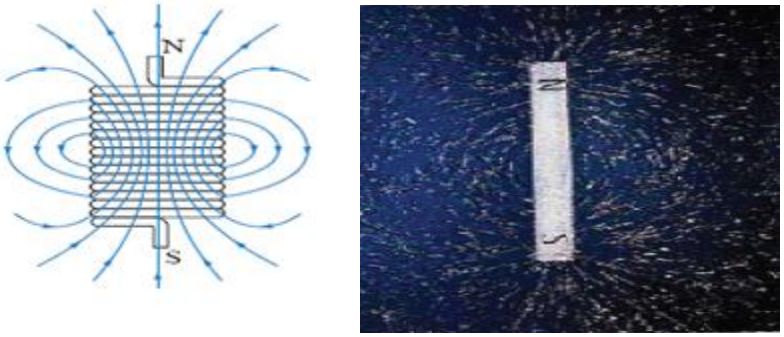


Figura 3.11. Kur spirat janë shumë të ngjeshura dhe solenoid ka një gjatësi të kufizuar, vijat e fushës janë si në figurën a.Konfiguracioni i vijave të fushës është i ngjashëm me atë të një shufre magnetike(fig.a). Për këtë arsye një skaj i solenoidit sillet si pol veri (N) i një magneti dhe tjetri si pol jug (S).

Vihet re se vijat e fushës brenda pështjellave janë gati paralele dhe të shpërndara njëtrajtësisht dhe shumë afër njëra tjetrës. Kjo tregon që fusha magnetike në këtë zonë është e njëtrajtshme dhe me intensitet të lartë.

Vijat e rrymës së dy elementëve me rrymë të dy spirave fqinjë tentojnë të anulojnë reciprokisht njëra tjetrën, sepse fushat në këto dy elemente janë të kundërta. Në pikat e jashtme, p.sh. në pikën P fusha është e dobët sepse fusha e gjeneruar nga elementët e rrymës që gjenden në anën e djathtë të një spire tentojnë të tentojnë të anulojnë fushën e gjeneruar nga elementët e anës së majtë.

Me rritjen e gjatësisë së solenoidit, fusha magnetike brenda tij bëhet gjithnjë e më e njëtrajtshme dhe ajo jashtë tij gjithmonë e më e dobët. Në se spirat janë shumë afër me njëra tjetrën dhe gjatësia është shumë më e madhe se rrezja e solenoidit, ai konsiderohet si solenoid ideal. Në këtë rast fusha jashtë solenoidit është zero dhe brenda është uniforme, pothuajse në gjithë volumin e tij. Për të gjetur madhësinë e fushës brenda solenoidit përdorim ligjin e Amperit.

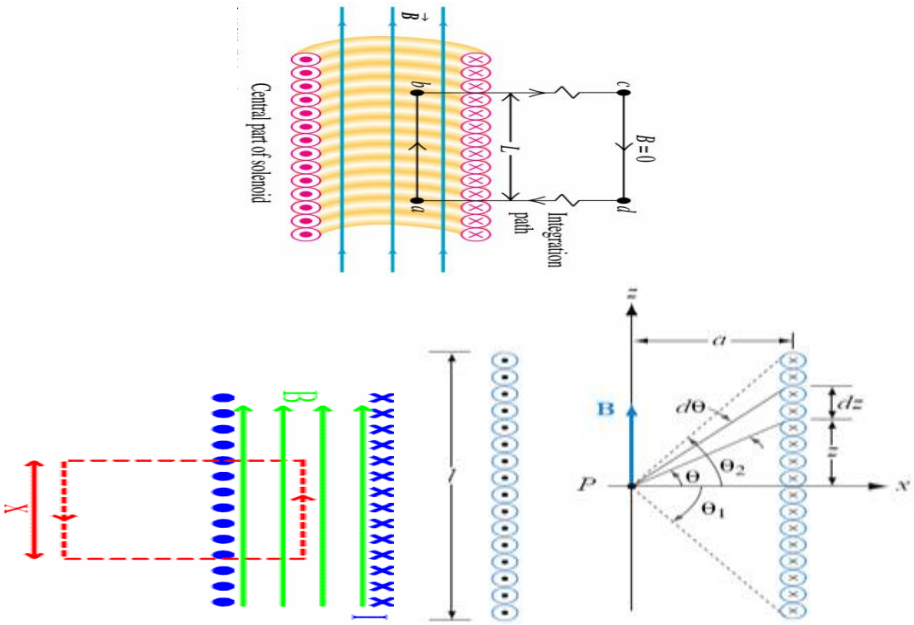


Figura 3.12 Prerje gjatësore e një pjese të solenoidit me rrymë I

Nëse solenoidi është ideal, fusha magnetike brenda tij është e njëtrajtshme dhe paralele me boshtin e solenoidit, ndërsa jashtë është zero. Le të shqyrtojmë një këndë drejtë me gjatësi l dhe gjerësi w dhe zbatojmë ligjin e Amperit duke llogaritur $\vec{B}d\vec{S}$ për të katër brinjët e drejtkëndëshit. Kontributi i brinjës 3 është zero, sepse në këtë zonë $B = O$ kontributet e brinjëve 2 dhe 4 janë gjithashtu zero. Kjo sepse B është pingul me dS; brinja 1 kontribon me madhësinë Bl, sepse gjatë kësaj brinje B është e njëtrajtshme dhe pingule me dS. Integrali gjatë kësaj vije të mbyllur drejtkëndore është:

$$\oint \vec{B}d\vec{S} = \int_{gjatë\ rrugës\ 1} \vec{B}d\vec{S} = B\int dS = Bl$$

Në këtë rast intensiteti i rrymës që përshkon vijën drejtkëndore është i barabartë me rrymën që kalon në çdo spirë shumëzuar me numrin e spirave. Nëse N është numri i spirave gjatë gjatësisë l, atëherë rryma totale nëpër drejtkëndësh është NI. Duke zbatuar ligjin e Amperit kemi:

$$\oint \vec{B} d\vec{S} = Bl = \mu_0 NI \text{ që nga:} B = \mu_0 \frac{N}{l} I = \mu_0 nI \quad (3.25)$$

Ku $n = \frac{N}{l}$ është numri i spirave për njësi të gjatësisë. Ekuacioni (3.25) është i vlefshëm vetëm në pikat që gjenden në afërsi të qendrës së solenoidit, d.m.th. larg skajeve. Fusha afër skajeve është më e vogël se ajo e llogaritur nga ekuacionet (3.25). Në skajin e një solenoid shumë të gjatë intensiteti i fushës është sa gjysma e intensitetit në qendër.

3.4.3. Fusha magnetike e toroidit

Për të gjetur fushën magnetike brenda toroidit, mund të shfrytëzojmë ligjin e Amperit dhe duke u bazuar në simetrinë e sistemit. Vijat e fushës brenda toroidit formojnë rrathe koncentrike si në figurë.

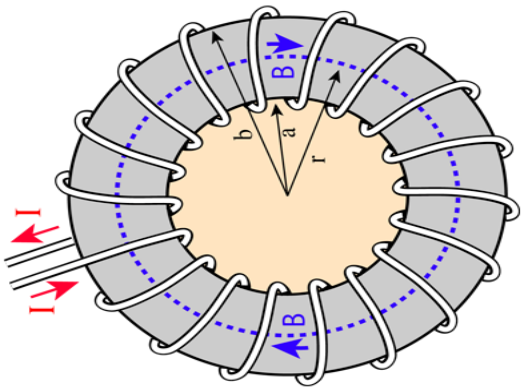


Figura 3.13 Toroidi mund të konsiderohet si një solenoid i palosur në formën e një unaze

Zgjedhim nje rreth me rreze r si vijë të mbyllur dhe llogaritim $\int \vec{B} \cdot d\vec{S}$ gjatë kesaj vije. Për simetri vlera e fushës duhet të jetë konstante dhe tangent gjatë kësaj vije, prandaj $\vec{B}\, d\vec{S} = BdS$ .Në qoftë se vija e mbyllur përmban N spira, që përshkohen nga e njëjta rrymë I, kështu që intensiteti i rrymës do të jetë NI Atëherë ligji i Amperit do të shkruhet:

$$\oint \vec{B} d\vec{S} = B \oint dS = B(2\pi r) = \mu_0 NI$$

që nga: $$B = \frac{\mu_0 N I}{2\pi r} \quad (3.26)$$

Pra B ndryshon si $\frac{1}{r}$ dhe si rrjedhim fusha magnetike nuk është uniforme në zonën brenda toroidit. Nëse r është shumë më e madhe se rrezja e prerjes tërthore të toroidit, fusha brenda toroidit do të jetë afërsisht uniforme. Për një toroid ideal me spira shumë afër, fusha magnetike jashtë toroidit është zero.

3.4.4. Fusha magnetike e një pllake plane të pakufizuar

Le të kemi një pllakë të hollë me përmasa të pafundme që ndodhet në planin xz, me densitet linear të rrymës J_s Rryma rrjedh në drejtimin pozitiv të boshtit të Z dhe J_s është intensiteti i rrymës për njësi të gjatësisë. Për të llogaritur fushën magnetike në afërsi të pllakës do të bëjmë një llogaritje të ngjashme me përdorimin e teoremës së Gausit në elektrostatikë

Kemi gjetur që fusha elektrike e krijuar nga një pllakë e pafundme e ngarkuar nuk varet nga largësia e pllakës. Presim të kemi një rezultat të ngjashëm edhe për fushën magnetike. Për të zbatuar ligjin e Amperit do të zgjedhim një vijë të mbyllur drejtkëndëshe si në figurën 3.14, sipas së cilës do të llogaritim integralin linear.

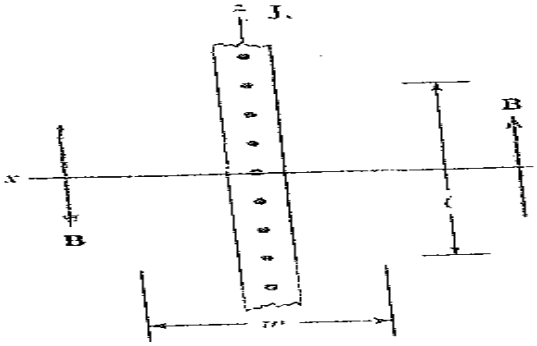


Figura 3.14 Zbatim i ligjit e Amperit per një vijë të mbyllur drejtkëndëshe sipas së cilës do të llogaritim integralin linear

Drejtkëndëshi ka përmasa $l$dhe w, ku brinja l është paralele me sipërfaqen e pllakës. Rryma që përshkon sipërfaqen e drejtkëendëshit është $J_s l$. Duke zbatuar ligjin e Amperit, vërejmë se që dy brinjët me gjatësi w nuk kontribojnë në integralin linear, sepse përbërësja e B gjatë këtyre brinjëve është zero. Për arsye simetrie mund të themi që meqenëse çdo pikë e pllakës së pafundme është ekuivalente, fusha magnetike është konstante gjatë brinjëve me gjatësi l.

Drejtimet e vetme të mundshme të fushës janë ato paralele dhe pingule me pllakën; një fushë pingule duhet pra të përshkojë rrymën dhe kjo gjë është në mospërputhje me ligjin Bio-Savar. Me një fushë paralele dhe konstante me planin e pllakës fitojmë:

$$\oint \vec{B} d\vec{S} = \mu_0 NI = \mu_0 J_s I$$

Ose $2BI = \mu_0 J_s I$ dhe $B = \mu_0 \frac{J_s}{2}$ (3.27)

3.5. Fluksi magnetik ligji i Gausit për magnetizmin

Fluksi i fushës magnetike përcaktohet në mënyrë të ngjashme me fluksin e fushës elektrike. Mbi një sipërfaqe elementare dS (fig.3.15).

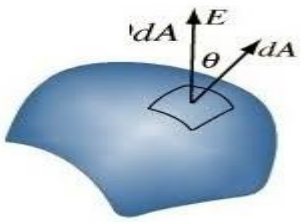


Figura 3.15 Përcaktimi fluksit te fushes magnetike mbi një sipërfaqe elementare dS në mënyrë të ngjashme me fluksin e fushës elektrike.

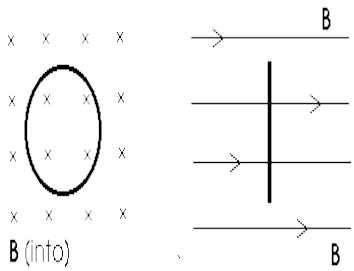


Figura 3.16 Fluksi magnetik nëpër sipërfaqen plane

Nëse fusha magnetike në këtë element sipërfaqe është $\vec{B}$, do të quajmë fluks magnetik nëpër këtë sipërfaqe produktin skalar $d\Phi = \vec{B}\, d\vec{S}$, ku $d\vec{s}$ është vektori pingul me sipërfaqen dhe me modul të barabartë me sipërfaqen ds Fluksi i plotë nëpër sipërfaqen S është i barabartë me shumën e flukseve elementare $d\Phi$:

$$\Phi = \int d\phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{S} \quad (3.28)$$

Në qoftë se shqyrtojmë një sipërfaqe plane S në një fushë magnetike uniforme $\vec{B}$, që formon një kënd θ me vektorin $d\vec{S}$, atëherë fluksi magnetik nëpër sipërfaqen plane është:

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = BScos\theta \quad (3.29)$$

Nëse fusha magnetike është paralele me sipërfaqen plane (fig.3.16a), d.m.th. këndi $\theta = 90^{\circ}$ është zero. Nëse fusha magnetike është pingul me sipërfaqen (fig.3.16b),

d.m.th. këndi$\theta = 0^{\circ},\ cos0^{\circ} = 1$ dhe fluksi merrë vlerën maksimale BS. Njësia e fluksit magnetik është $Tesla \cdot m^2$ dhe quhet Veber (Wb) : $1WB = 1T \cdot m^2$

Në elektrostatikë kemi parë se fluksi i fushës elektrike nëpër një sipërfaqe të mbyllur, që përmban brenda saj një ngarkesë elektrike, përbën ligjin e Gausit për elektrostatikën.

Me fjalë të tjera numri i vijave të fushës elektrike, që dalin nga sipërfaqja është në përpjestim të drejtë me ngarkesën elektrike që ndodhet brenda kësaj sipërfaqe. Kjo veti përcaktohet nga fakti që vijat e forcës së fushës elektrike kanë fillim dhe mbarim në ngarkesat elektrike. Situata është krejt e ndryshme në rastin e fushës magnetike, ku vijat e forcës së fushës magnetike nuk fillojnë dhe nuk mbarojnë në ndonjë pikë, si p.sh. në rastin e vijave të fushës së një shufre magnetike (fig.3.17).

Vërehet se për çdo sipërfaqe të mbyllur si ajo e paraqitur me vija të ndërprera në figurë, numri i vijave të fushës që hyjnë në sipërfaqe është i barabartë me numrin e vijave që dalin; kjo do të thotë që fluksi magnetik është zero. Përkundrazi, duke zgjedhur një sipërfaqe të mbyllur që rrethon një prej ngarkesave të një dipoli elektrik, fluksi elektrik është i ndryshëm nga zero (fig.3.18).

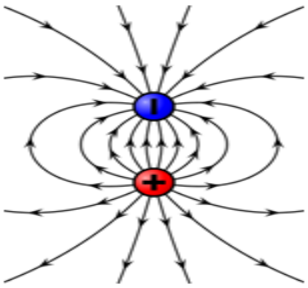


Figura 3.17 Fusha magnetike, ku vijat e forcës së saj nuk fillojnë dhe nuk mbarojnë në ndonjë pike

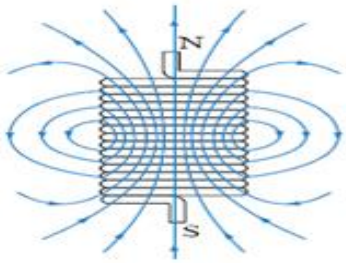


Figura 3.18 Fluksi elektrik ne një sipërfaqe të mbyllur që rrethon një prej ngarkesave të një dipoli elektrik

Pra, ligji i Gausit thotë se fluksi magnetik, që përshkon një sipërfaqe çfarëdo të mbyllur është gjithmonë I barabartë me zero.

$$\oint \vec{B} d\vec{S} = 0 \quad (3.30)$$

Ky pohim lidhet me faktin eksperimental që nuk janë zbuluar asnjëherë pole magnetike të izoluar ose monopole dhe ndoshta nuk ekzistojnë. Megjithatë kërkuesit vazhdojnë të kërkojnë duke u mbështetur në disa teori, që janë të afta të shpjegojnë me

sukses dukuri të tjera fizike themelore dhe parashikojnë ekzistencën e mundshme të monopoleve.

3.6. Rryma e zhvendosjes dhe ligji i Amperit, i përgjithësuar

Pamë që ngarkesat elektrike në levizje krijojnë fusha magnetike. Kur një përcjellës me rrymë elektrike gëzon simetri të lartë, fusha magnetike e krijuar përcaktohet në bazë të ligjit të Amperit. Në ekuacionin (3.22) integrali linear shtrihet për çdo vijë të mbyllur, për të cilën sipërfaqja e kufizuar prej saj përshkohet nga rryma e përcjellshmërisë me intensitet $I = \frac{dq}{dt}$. Maksvelli zbuloi se ligji i Amperit në këtë formë ka kufizime dhe është i vlefshëm vetëm në rastin kur fushat elektrike janë konstante në lidhje me kohën dhe e modifikoi atë edhe në rastin e fushave elektrike të ndryshueshme.

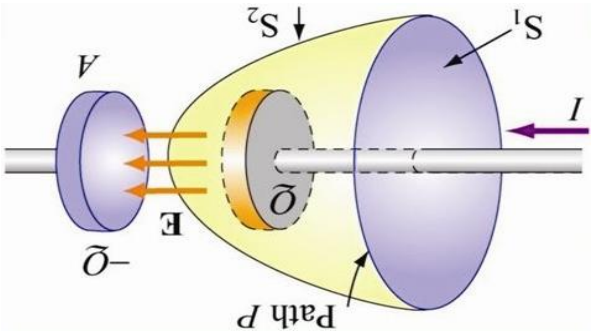


Figura 3.19 Për të shqyrtuar këte problem le të ndjekim procesin e ngarkimit të një kondensatori

Gjatë kalimit të rrymës elektrike të përcjellshmërisë, ndryshon ngarkesa në pllakën positive të kondensatorit, por nuk ka asnjë rrymë përcjellshmërie në hapësirën midis pllakave të kondensatorit. Le të marrim dy sipërfaqe S_1 dhe S_2, që kufizohen nga e njëjta vijë P Sipas ligjit të Amperit integrali linear $\oint \vec{B} \cdot d\vec{S}$ gjatë vijës së mbyllur duhet të jetë i barabartë me $\mu_o I$, ku I është intensiteti i rrymës totale, që përshkon një sipërfaqe çfarëdo, që kufizohet nga vija P.

Duke shqyrtuar sipërfaqen S_1 që kufizohet nga vija P shkruajmë ligjin e Amperit $\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = \mu_o I$ pasi sipërfaqja S_1 përshkohet nga rryma I. Përkundrazi, duke shqyrtuar sipërfaqen S_2, e cila kufizohet nga vija P, $\oint \vec{B} \cdot d\vec{S}$ ajo është e barabartë me zero, pasi nuk ka asnjë rrymë përcjellshmërie që të përshkojë atë sipërfaqe, pra nuk vlen ligji i Amperit.

Kjo është një situatë kontradiktore, që shkaktohet nga pavazhdueshmëria e rrymës së përcjellshmërisë në hapësirën midis pllakave të kondensatorit. Për të zgjidhur këtë kontradiktë, Maksvelli vendosi të shtojë në ligjin e Amperit, në anën e djathtë të

ekuacionit (3.22) termin e dytë, të cilin ai e quajti rrymë e zhvendosjes që përcaktohet nga shprehja:

$$I_c = \varepsilon_o \frac{d\Phi_E}{dt} \quad (3.31)$$

kuε_o është konstantja dielektrike e boshllëkut dhe $\Phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{S}$ është fluksi i fushës elektrike. Ndërsa kondensatori ngarkohet ose shkarkohet, fusha elektrike e ndryshueshme midis pllakave të kondensatorit, mund të përfytyrohet ekuivalente me një rrymë, që është vazhdim i rrymës së përcjellshmërisë në përcjellës

Kur në anën e djathtë të ligjit të Amperit shtohet shprehja për rrymën e zhvendosjes sipas shprehjes (3.31), kapërcehet vështirësia e evidentuar në figurën 3.19. Çfarëdo sipërfaqe të kufizojë vija do të përshkohet patjetër ose nga rryma e përcjellshmërisë ose nga rryma e zhvendosjes. Me këtë plotësim me termin I_C , mund të shkruajmë ligjin e Amperit, të përgjithësuar ose ligji i Amper - Maksuellit:

$$\oint \vec{B} d\vec{S} = \mu_0(I + I_c) = \mu_0 I + \mu_0 \varepsilon_o \frac{d\Phi_E}{dt} \quad (3.32)$$

Kuptimi i kësaj shprehje shpjegohet në figurën 3.20. Fluksi elektrik nëpër sipërfaqen S_2 është $\Phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{S} = ES$, ku S është sipërfaqja e pllakës së kondensatorit dhe E është intensiteti i fushës elektrike të njëtrajtshme midis pllakave të kondensatorit. Nëse në një farë çasti ngarkesa në pllakat e kondensatorit është Q, atëherë $E = \frac{Q}{\varepsilon_o S}$ Si pasojë fluksi i fushës elektrike nëpër sipërfaqen S_2 është:

$$\Phi_E = ES = \frac{Q}{\varepsilon_o}$$

Kurse rryma e zhvendosjes nëpër S_2 është:

$$I_c = \varepsilon_o \frac{d\Phi_E}{dt} = \frac{dQ}{dt} \quad (3.33)$$

Gjetëm kështu që rryma e zhvendosjes që kalon nëpër S_2 është llogaritur me përpikmëri e barabartë me rrymën e përcjellshmërisë I që kalon nëpër S_1 Duke shqyrtuar sipërfaqen S_2 mund të identifikojmë rrymën e zhvendosjes si burim të fushës magnetike të ndryshueshme rreth kufirit të sipërfaqes. Rryma e zhvendosjes lind nga një fushë elektrike e ndryshueshme me kohën.

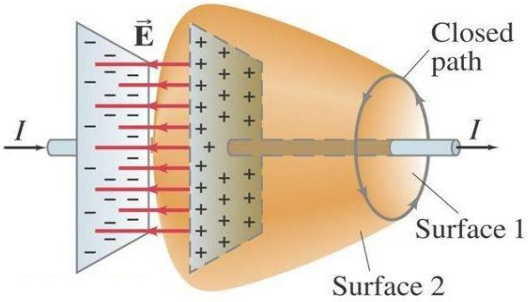


Figura 3.20 Fluksi elektrik nëpër sipërfaqen S_2 pllake

Përfundimisht mund të formulojmë:

Fushat magnetike krijohen si nga rrymat e përcjellshmërisë ashtu edhe nga fushat elektrike të ndryshueshme me kohën. Ky është rezultati më i rëndësishëm i punimeve teorike të Maksvellit dhe përben një hap themeltar për të kuptuar elktromagnetizmin.

3.7. Konservimi (ruajtja) e ngarkesës elektrike

Ngarkesa nuk mund të krijohet e as të shkatërrohet. Formulimi matematik për këtë pohim jepet me:

$$\oint_s Jds = -\frac{d}{dt}\int_v \rho_v dv \quad (3.34)$$

Shprehja e mësipërme tregon se rryma e cila del nga një sipërfaqe s e mbyllur ndikon në zvogëlimin e ngarkesës brenda sipërfaqes së mbyllur. Forma diferenciale e ligjit mbi ruajtjen e ngarkesës elektrike është

$$\nabla \cdot J = -\frac{\partial \rho_v}{\partial t} \quad (3.35a)$$

ose në formë të zbërthyer

$$\frac{\partial J_x}{\partial x} + \frac{\partial J_y}{\partial y} + \frac{\partial J_z}{\partial z} = -\frac{\partial \rho_v}{\partial t} \quad (3.35b)$$

Duhet theksuar se ligji i Faradejit, Amperit dhe Gausit duke përfshi edhe atë mbi ruajtjen e ngarkesës i referohen ekuacioneve të Maksuellit. Këto pesë ekuacione nuk janë të gjitha të pavarura.

3.8. Parametrat konstituiv të mjedisit

Ekuacionet e Maksuellit përmbajnë pesë madhësi të panjohura: $E, D, B, H dhe\ J$. Relacionet konstituive paraqesin marrëdhëniet ndërmjet këtyre madhësive. Fusha elektromagnetike ekziston në mjedise materiale dhe ekzistojnë mënyra të ndryshme për të përshkruar këto mjedise. Mjedisi më i thjeshtë dhe i përdorur është mjedisi i thjeshtë, në të cilin vektorët e fushës shprehen me shprehjet:

$$D = \varepsilon\, E \quad (3.36a)$$

$$B = \mu\, H \quad (3.36b)$$

$$J_c = \sigma\, E \quad (3.36c)$$

Në përgjithësi vektori i dendësisë së rrymësJ përmban edhe vektorin e burimit të fushës. Andaj në ligjin e Amperit është$J = J_c + J_s$ .Parametrat $\varepsilon,\ \mu, dhe\ \sigma$ në relacionet (3.36) janë permitiviteti, permeabiliteti dhe përçueshmëria e mjedisit, përkatësisht. Duke i zëvendësuar shprehjet (3.36) në ligjin e Faradejit, dhe Amperit, fitohen ekuacionet e Maksuellit për mjedise të thjeshta:

$$\nabla \times E = -\mu\, \frac{\partial H}{\partial t} \quad (3.37)$$

$$\nabla \times H = \sigma\, E + \varepsilon \frac{\partial E}{\partial t} + J_s \quad (3.38)$$

Shprehjet (3.38) japin gjashtë ekuacione sipas komponenteve në drejtim të boshteve x, y dheztë vektorëve E dhe H. Pasi të përcaktohen këta dy vektorë, atëherë mund të përcaktohen edhe vektorët D, B dhe J_c nga shprehjet (3.38). Duhet theksuar se e gjithë analiza e fushës elektromagnetike do të bëhet për mjedise të thjeshta, kështu që ekuacionet (3.18) janë të rëndësisë primare.

Mjediset e thjeshta për të cilat vektorët e fushës jepen me relacionet e thjeshta (3.38) thuhet se janë lineare, homogjene dhe izotropike. Mjedisi është jolinear atëherë kur varësia e vektorit D dhe E, B dhe H dhe J dhe E nuk është lineare. Shembull i mjedisit jolinear është mjedisi ferro magnetik ku varësia e B nga H është një funksion jolinear që grafikisht paraqitet me lakoren e histerezës. Me fjalë tjera parametrat e mjedisit janë varësi e vektorëve të fushës: $\varepsilon(E)$, $\mu(H)$ dhe/ose $\sigma(E)$. Mjedisi është jo homogjen nëse parametrat e mjedisit janë funksione të pozitës, p.sh. $\varepsilon(x, y, z)$, $\mu(x, y, z)$dhe $\sigma(x, y, z)$. Shembuj të materieve johomogjene janë përçuesit e izoluar me dieleltrik ose pllakat e stampuara ku fusha elektrike pjesërisht ekziston në ajër $(\varepsilon_r = 1)$ e pjesërisht në materien izoluese për të cilën$(\varepsilon_r \neq 1)$.

Përfundimisht, mjedisi është anizotropik nëse, vektorët E dhe D nuk janë kolinear, ose B nuk është kolinear me H dhe J_c nuk është paralel me E. Ferritet janë shembuj tipik të mjediseve anizotropike. Këto materie përdoren për ndërtimin e pajisjeve mikrovalore siç janë cirkulatorët, etj., por nuk janë objekt i shqyrtimit në këtë kurs.

3.9. Kushtet kufitare

Ekuacionet e zakonshme diferenciale me të cilat përshkruhen dukuritë në qarqet elektrike me parametra të koncentruar kanë zgjidhje të panumërta dhe kërkojnë kushte fillestare në mënyrë që të përcaktohet zgjidhja. Ekuacionet parciale diferenciale, siç janë ato të Maksuellit, kërkojnë njohjen e kushteve kufitare në mënyrë që të caktohet njëra prej zgjidhjeve të panumërta.

Së pari le të vështrohen kushtet kufitare ndërmjet dy mjediseve fizike.
Mjedisi 1 karakterizohet me parametratε_1, μ_1, dheσ_1 përderisa mjedisi 2 karakterizohet me parametrat ε_2, μ_2 dhe σ_2. Nuk është e domosdoshme që mjediset të jenë të thjeshta.Kushtet kufitare për vektorët E dhe H janë: $\varepsilon_1,\ \mu_1\ dhe\ \sigma_1$.

$$E_{t_1} = E_{t_2} \quad (3.39a)$$

$$H_{t_1} = H_{t_2} \quad (3.39b)$$

Gjithashtu, komponentet normale të vektorëve D dhe B janë kontinuale ndërmjet dy mjediseve fizike:

$$D_{n_1} = D_{n_2} \quad (3.40a)$$

$$B_{n_1} = B_{n_2} \quad (3.40b)$$

Deri më tash janë diskutuar mjediset reale, fizike, pra mjedist që ekzistojnë fizikisht. Mirëpo, ka raste kur duhet të përdoren mjedise të cilat konsiderohen si ideale, ose përafrohen si ideale, të cilat fizikisht nuk ekzistojnë, por ato merren si ideale për të thjeshtësuar llogaritjet matematikore. Rast tipik i këtyre mjediseve është përçuesi ideal, i cili karakterizohet me përçueshmëri të pafundme.

Ndikimi i përçueshmërisë së pafundme bën që të gjitha fushat në përçuesin ideal të jenë zero: $E_2 = 0, H_2 = 0, D_2 = 0\ \ dhe\ B_2 = 0$. Meqë të gjitha fushat në mjedisin 2 (përçues ideal) janë zero, të tilla janë edhe komponentet normale dhe tangjenciale në kufi. Kjo kërkon që komponenta tangjenciale e E_1 duhet të jetë zero në sipërfaqen kufitare,

$$E_{t_1} = 0\ ; \quad \sigma_2 = \infty \quad (3.41a)$$

Gjithashtu komponenta normale e D_1 duhet të jetë zero në kufi:

$$B_{n_1} = 0\,; \quad \sigma_2 = \infty \quad (3.41b)$$

Duhet theksuar se H_{t_1} dhe D_{n_1} nuk mund të jenë zero, në mjedisin 1, përveç nëse në sipërfaqen kufitare nuk ka rryma sipërfaqësore K_s dhe ngarkesa me dendësi sipërfaqësoreρ_s, pra vlen:

$$H_{t_1} = K_s\,; \quad \sigma_2 = \infty \quad (3.41c)$$

dhe $$D_{n_1} = \sigma_S\,; \quad \sigma_2 = \infty \quad (3.41d)$$

3.10. Ekuacionet e fushës elektromagnetike në regjimin periodik të thjeshtë.

Në teorinë e fushës elektromagnetike ndër madhësitë e ndryshueshme me kohën më të rëndësishmet janë madhësitë periodike të thjeshta. P.sh. komponenti në drejtim të boshtit x e vektorit të fushës elektrike mund të paraqitet në formën:

$$\underline{E_x}(x,y,z) = E_{xm}(x,y,z)e^{j\theta(x,y,z)} = E_{xm}\underline{\theta_x} \quad (3.42)$$

Forma momentale e fazorit të vektorit të fushës elektrike fitohet duke shumëzuar këtë fazorë me$e^{j\omega t}$ dhe duke marrë pjesën reale të saj. P.sh.

$$E(x,y,z,t) = R_e\left\{\underline{E_x}(x,y,z)e^{j\omega t}\right\} = R_e\left\{\underline{E_{xm}\theta_x}e^{j\omega t}\right\} = R_e\left\{\underline{E_{xm}}e^{(\omega t+\theta_x)}\right\}$$

$$= R_e\{E_m\, cos(\omega t + \theta_x) + jE_{xm}\, sin(\omega t + \theta_x)\} = E_m\, cos(\omega t + \theta_x) \quad (3.43)$$

Për të zgjedhur ekuacionet e Maksuellit për eksitim periodik të thjeshtë, duhet që vektorët e fushës të paraqiten nëpërmjet fazorëve përkatës të shumzuar me $e^{j\omega t}$. Diferencimi i këtyre formave, sipas kohës *t*, jep:

$$\frac{\partial}{\partial t}\underline{E}(x,y,z)e^{j\omega t} = j\omega E(x,y,z)e^{j\omega t} \quad (3.44)$$

Kjo veti e rëndësishme mundëson mjaft thjeshtimin e zgjidhjes së ek. të Maksuellit. Duke i zëvëndësuar vektorët e fushave në fazorët përkatës dhe duke i anuluar nga të dy anët kufizate$e^{j\omega t}$, fitohet forma fazorike e ekuacionit të Maksuellit. Nëse mjedisi është

linear, homogjen dhe izotropik (mjedisi i thjeshtë), ekuacionet fazorike të Maksuellit marrin formën:

$$\oint_c Edl = -j\omega\mu \int_s Hds \nabla \times E = -j\omega\mu H \quad (3.45a)$$

$$\oint_c Hdl = (\sigma + j\omega) \int_s Eds + \int_s J_s ds, \nabla \times H = (\sigma + j\omega)E + J_s \quad (3.45b)$$

$$\oint_c Hds = 0, \qquad \nabla \times H = 0 \quad (3.45)$$

$$\oint_c Eds = \frac{1}{\varepsilon}\int_v \rho_v dv, \qquad \nabla \cdot H = \frac{\rho_v}{\varepsilon} \quad (3.45d)$$

$$\oint_s Jds = -j\omega \int_v \rho_v dv \ , \qquad \nabla \cdot J = -j\omega J_s \quad (3.45e)$$

Në këto ekuacione, permitiviteti, permeabiliteti dhe përçueshmëria mund të jenë funksione të frekuencës $f, \varepsilon(f), \mu(f)$ dhe $\sigma(f)$që është rast mjaft i rëndomtë.

3.11. Rrjedhja e fuqisë

Duke pasur parasysh që njësia për intensitetin e fushës elektrike është $\frac{V}{m}$ ndërsa për intensitetin e fushës magnetike, $\frac{A}{m}$, atëherë prodhimi i dy madhësive jep dendësinë e fuqisë me njësi $\frac{W}{m^2}$. Mirëpo prodhimi i këtyre dy madhësive vektoriale mund të jetë i dyllojshëm: prodhim skalar dhe prodhim vektorial. Prodhimi vektorial iE dhe H jep dendësinë e vektorit të fuqisë ose vektorin e Pointingut që ka të bëjë me rrjedhjen e fuqisë. Vektori i Pointingut përkufizohet si:

$$P = E \times H \quad (3.46)$$

Pas disa operacioneve dhe duke i përdorë disa identitete vektoriale, mund të arrihet deri te shprehja:

$$\oint_s Pds = \int_v E \cdot Jdv + \int_v (E \cdot \frac{\partial D}{\partial t} + H \cdot \frac{\partial D}{\partial t})dv \quad (3.47)$$

Kufiza në anën e majtë të shprehjes (3.47) paraqet fluksin total të $\wp$ brenda vëllimit v. Kufiza e parë në anën e djathtë të shprehjes (3.47) paraqet humbjet e fuqisë

brenda vëllimit ν, ndërsa kufiza e dytë paraqet shpejtësinë e ndryshimit të energjisë së akumuluar brenda vëllimit ν.

Vektori i Pointingut i përkufizuar në këtë mënyrë paraqet fuqi momentale. Për eksitim periodik të thjeshtë me rëndësi është fuqia mesatare. Për të përcaktuar rrjedhjen e fuqisë mesatare, përkufizohet fazori i vektorit të Pointingut si:

$$P = E \times H^* \quad (3.48)$$

Dendësia e fuqisë mesatare fitohet si vlerë mesatare e dendësisë së vektorit të Pointingut:

$$P_{av} = \frac{1}{2} R_e\{\underline{P}\} = \frac{1}{2} R_e\{\underline{E} \times \underline{H^*}\}(\frac{W}{m^2}) \quad (3.49)$$

3.12. Valët e rrafshëta elektromagnetike

Nga teoria e fushës elektromagnetike por edhe nga sistemi i ekuacioneve të Maksuellit është e qartë se fusha elektrike dhe magnetike janë shkaktare të njëra tjetrës. Prandaj është e mundur që fusha elektrike, e cila shkaktohet nga veprimi indonjë gjeneratori (ose nga sistemi i përçuesve rrymorë), të ekzistojë edhe pas ndërprerjes së burimit, pra fusha do të ekzistojë pavarësisht nga burimi.

Një prej parashikimeve të rëndësishme të Maksuellit është ekzistimi i fushës elektromagnetike, e cila e krijuar një herë, përhapet pavarësisht nga burimi. Fusha e këtillë quhet valë elektromagnetike. Pra, vala elektromagnetike është formë e veçantë e fushës elektromagnetike e cila lëvizë në krahasim me vështruesin, dhe kjo lëvizje paraqet shpejtësinë e lëvizjes së valës.

Në vazhdim do të analizohet lloji më i thjeshtë i valëve elektromagnetike (VEM): valët e rrafshëta uniforme. Valët e këtilla në natyrë nuk ekzistojnë por rezultatet dhe përfundimet që nxjerren për to mund të vlejnë edhe për disa lloje të valëve reale që përhapen në natyrë.

Kuptimi valë e rrafshët ka kuptimin që në ndonjë pikë në hapësirë vektorët e intensitetit të fushës elektrike dhe magnetike shtrihen në një rrafsh dhe rrafshet në dy pika të ndryshme janë paralel. Kuptimi uniforme do të thotë që vektorët *E* dhe *H* janë të pavarur nga pozita në secilin rrafsh. Le të supozohet se vektorët *E* dhe *H* shtrihen në rrafshin *xy* dhe vektori *E* shtrihet në drejtim të boshtit *x* (fig. 3. 21.), pra:

$$E = E_x(z,t)a_x \quad (3.50)$$

Në mënyrë që vala të jetë uniforme duhet që vektorët e fushës të jenë të pavarur nga x dhe y,

$$\frac{\partial E_x}{\partial y} = \frac{\partial E_y}{\partial x} = 0 \quad (3.51)$$

andaj vektorët e fushës mund të jenë funksione vetëm të koordinatës z dhe natyrisht kohës t siç shihet nga shprehja (3.50).

Duke e zëvëndësuar shprehjen (3.50) në ligjin e Faradejit dhe duke e pasur parasysh shprehjen (3.51) mund të tregohet që fusha magnetike ka komponente vetëm në drejtim të boshtit y:

$$H = H_y(z,t)a_y \quad (3.52)$$

Andaj vektorët E dhe H janë ortogonal dhe shtrihen në rrafshin xy. Ngjashëm, meqë vala është uniforme atëherë:

$$\frac{\partial H_x}{\partial y} = \frac{\partial H_y}{\partial x} = 0 \quad (3.53)$$

Duke i zëvëndësuar këto rezultate në ligjin e Faradejit dhe Amperit fitohen ekuacionet diferenciale të vektorëve të fushës për mjedise të thjeshta:

$$\frac{\partial E_x(z,t)}{\partial z} = -\mu \frac{\partial H_y(z,t)}{\partial t} \quad (3.54a)$$

$$\frac{\partial H_y(z,t)}{\partial z} = -\varepsilon\, E_x(z,t) - \varepsilon \frac{\partial E_x(z,t)}{\partial t} \quad (3.54b)$$

Nëse vektorët e fushës ndryshojnë sipas regjimit peridik të thjeshtë, nga shprehjet (3.54) del:

$$\frac{\partial^2 \underline{E}_x(z)}{\partial z^2} = \underline{\gamma}^2 \underline{E}_x(z) \quad (3.55)$$

$$\frac{\partial^2 \underline{H}_y(z)}{\partial z^2} = \underline{\gamma}^2 \underline{H}_y(z) \quad (3.56)$$

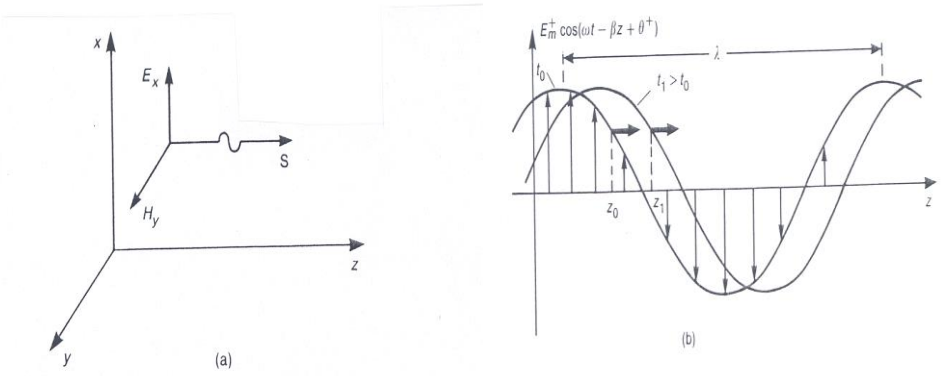


Figura 3.21. Vektorët E dhe H shtrihen në rrafshin xy dhe vektori E shtrihet në drejtim të boshtit x

Meqë fazorët e fushës janë funksione të vetëm një variabli (z) derivatet parciale janë zëvëndësuar me derivate të zakonshme. Nëse derivohen për nga variabli z, fitohet:

Zgjidhja e tyre është e formës:

$$\underline{E}_x = \underline{E}_m^+ e^{-\underline{\gamma} z} + \underline{E}_m^- e^{\underline{\gamma} z} \quad (3.57a)$$

$$\underline{H}_y = \frac{\underline{E}_m^+}{\underline{\eta}} e^{-\underline{\gamma} z} - \frac{\underline{E}_m^-}{\underline{\eta}} e^{\underline{\gamma} z} \quad (3.57b)$$

ku konstanta e përhapjes është:

$$\underline{\gamma} = \sqrt{j\omega\mu(\sigma + j\omega\varepsilon)} = \alpha + j\beta \quad (3.58)$$

dhe impedanca valore (karakteristike)

$$\underline{\eta} = \sqrt{\frac{j\omega\mu}{\sigma + j\omega\varepsilon}} = \frac{j\omega\mu}{\underline{\gamma}} = \eta|\underline{\theta_r} \quad (3.59)$$

Madhësiaα në shprehjen (3.58) quhet konstanta e dobësimit ($\frac{Np}{m}$), ndërsa β quhet konstanta fazore ($\frac{rad}{m}$), ndërsa $\underline{\eta}$ është impedanca karakteristike (valore) e mjedisit (Ω). Në varësi nga këto madhësi ekuacionet (3.57) marrin formën:

$$\underline{E}_x = \underline{E}_m^+ e^{-\alpha z} e^{-j\beta z} + \underline{E}_m^- e^{\alpha z} e^{j\beta z} \quad (3.60a)$$

$$\underline{H}_y = \frac{\underline{E}_m^+}{\underline{\eta}} e^{-\alpha z} e^{-j\beta z} e^{-j\theta\eta} - \frac{\underline{E}_m^-}{\underline{\eta}} e^{\alpha z} e^{j\beta z} e^{-j\theta\eta} \quad (3.60b)$$

Duke i paraqitur konstantet e papërcaktuara $\underline{E}_m^+$ dhe $\underline{E}_m^-$ nëpërmjet modulit dhe argumentit si:

$$\underline{E}_m^+ = E_m^+ e^{j\theta^+} = E_m^+ |\underline{\theta^+}, \qquad \underline{E}_m^- = E_m^- e^{j\theta^-} = E_m^- |\underline{\theta^-}$$

atëherë shprehjet (2.40) marrin formën:

$$\underline{E}_x = \underline{E}_m^+ e^{-\alpha z} e^{-j\beta z} e^{j\theta^+} + \underline{E}_m^- e^{\alpha z} e^{j\beta z} e^{j\theta^-} \quad (3.61a)$$

$$\underline{H}_y = \frac{\underline{E}_m^+}{\eta} e^{-\alpha z} e^{-j\beta z} e^{-j\theta\eta} e^{j\theta^+} - \frac{\underline{E}_m^-}{\eta} e^{\alpha z} e^{j\beta z} e^{-j\theta\eta} e^{j\theta^-} \quad (3.61b)$$

ndërsa në domenin kohor

$$E_x = R_e\{\underline{E}_x\, e^{j\omega}\} = \underline{E}_m^+ e^{-\alpha z} cos(\omega t - \beta z + \theta^+) + \underline{E}_m^- e^{\alpha z} cos(\omega t + \beta z + \theta^-) (3.62a)$$

$$H_x = R_e\{\underline{H}_y\, e^{j\omega}\} = \frac{\underline{E}_m^+}{\underline{\eta}} e^{-\alpha z} cos(\omega t - \beta z + \theta^+ - \theta\eta) + \frac{\underline{E}_m^-}{\underline{\eta}} e^{\alpha z} cos(\omega t + \beta z + \theta^- - \theta\eta) \quad (3.62b)$$

3.13. Mjediset pa humbje

Për të thjeshtuar analizën e përhapjes së valëve së pari do të vështrohet kur vala elektromagnetike përhapet në një mjedis pa humbje, $\sigma = 0$. Për këtë rast konstanta e përhapjes do të jetë:

$$\gamma = 0 + j\omega\sqrt{\mu\varepsilon}$$

$$\alpha = 0 \quad (3.63a)$$

$$\beta = \omega\sqrt{\mu\varepsilon} \quad (3.63b)$$

Meqë $\alpha = 0$, vala nuk ka dobësim, pra përhapet nëpër mjedis pa kurrëfar dobësimi. Impedanca karakteristike në këtë rast do të jetë:

$$\eta = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \quad (3.64a)$$

$$\theta\eta = 0 \quad (3.64b)$$

Andaj, vektorët e fushave për mjedisin pa humbje marrin formën:

$$E_x = E_m^+ cos(\omega t - \beta z + \theta^+) + E_m^- cos(\omega t + \beta z + \theta^-) \quad (3.65a)$$

$$E_x = \frac{E_m^+}{\eta} cos(\omega t - \beta z + \theta^+) - \frac{E_m^-}{\eta} cos(\omega t + \beta z + \theta^-) \quad (3.65b)$$

Le të vështrohet fillimisht vetëm kufiza e parë e shprehjes (3.65a), $E_m^+ cos(\omega t - \beta z + \theta^+)$. Kjo kufizë paraqet valën e cila udhëton në kahun e boshtit z, që mund të shihet nga fig.3.21b ku $E_m^+ cos(\omega t - \beta z + \theta^+)$ është paraqitur grafikisht në varësi të koordinatës z për dy momente të ndryshme kohore, t_0 dhe $t_1 > t_0$. Duhet vërejtur nga figura që pikat koresponduese të lakoreve paraqiten në pozitat dhe kahet ashtu që argumentet e kosinuseve kanë vlera të njëjta, d.m.th.,

$$\omega t_0 - \beta z_0 + \theta^+ = \omega t_1 - \beta z_1 + \theta^+$$

Do të thotë se pika në grafik duhet të lëvizë në kahun e boshtit z me rritjen e kohës, pra:

$$\omega t - \beta z + \theta^+ = constant$$

Duke e derivuar shprehjen e fundit për nga koha fitohet shpejtësia e lëvizjes së pikës e cila udhëton me fazë konstante, dhe quhet shpejtësi fazore e valës:

$$v = \frac{dz}{dt} = \frac{\omega}{\beta} = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}} \left(\frac{m}{s}\right) \quad (3.66)$$

Ngjashëm, kufiza e dytë e shprehjes (3.65b), $E_m^- cos(\omega t + \beta z + \theta^-)$paraqet valën e cila udhëton në kahun e kundërt të boshtit z, dhe quhet *valë e reflektuar*. Duhet theksuar se vektori i intensitetit të fushës magnetike të valës reflektuese ka kahun e kundërt të boshtit *y*.

Madhësia $\beta = \omega\sqrt{\mu\varepsilon}$ quhet konstanta fazore me njësi *rad/m*, kështu që β paraqet ndryshimin në fazë të valës. Largësia ndërmjet dy pikave korresponduese në valë quhet *gjatësi valore* dhe shënohet me λ.

Nga fig.3.22.b shihet se $\beta\lambda = 2\pi$. Meqë $\beta = \omega\sqrt{\mu\varepsilon}$dhe $v = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}}$, për mjedise pa humbje, gjatësia valore do të jetë:

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{v}{f} \quad (3.67)$$

Nga shprehja e fundit shihet se për rritje të frekuencës fitohet gjatësi valore më e shkurtër. Gjithashtu vërehet se gjatësia valore varet nga vetitë e mjedisit sepse $v = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}}$. Për mjediset tipike ku, $\mu \geq \mu_0$, dhe $\varepsilon \geq \varepsilon_0$ andaj shpejtësia fazore e përhapjes është më evogël se në hapsirën e lirë ndërsa gjatësia valore më e vogël. Në hapsirën e zbrazët $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}(\frac{H}{m})$ dhe $\varepsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi}(\frac{F}{m})$, kështu që

$$v_1 \cong 3 \cdot 10^8(\frac{m}{s})$$

Për frekuencën 300 (MHz)

$$\lambda_0 = \frac{v_0}{f} = 1(m)$$

$$\lambda_0 = 1(cm), \qquad \text{për } f = 30(GHz)$$

$$\lambda_0 = 100(Km), \qquad \text{për } f = 50(Hz)$$

Impedanca karakteristike do të jetë:

$$\mu_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = 120\pi \cong 377(\Omega)$$

Për mjedise tjera pa humbje për të cilat$\varepsilon = \varepsilon_0\varepsilon_r,\ \mu = \mu_0\mu_r$, fitohet:

$$v = \frac{v_0}{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}} \left(\frac{m}{s}\right) \quad (3.68a)$$

$$\eta = \eta_0 \sqrt{\frac{\mu_r}{\varepsilon_r}} \ (\Omega) \quad (3.68b)$$

$$\beta = \beta_0 \sqrt{\mu_0 \varepsilon_r} \left(\frac{rad}{m}\right) \quad (3.68c)$$

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\mu_r \varepsilon_r}} (m) \quad (3.68d)$$

Gjatësia valore për frekuencën $750\ (MHz)$, mund të llogaritet duke e njohur gjatësinë valore për *300 (MHz) [1m]*:

$$\lambda_{750} = \frac{300}{750} \lambda_{300} = 0.4\ (m) = 40\ (cm)$$

3.14. Mjediset me humbje

Ekzistojnë dy dallime të rëndësishme ndërmjet valëve të rrafshëta në mjediset pa humbje dhe në ato me humbje. Dallimi i parë është se konstanta e përhapjes γ e ka të ndryshme nga zeroja pjesën reale të sajα. Kjo rezulton në faktin që valët në mjediset pa humbje shumzohen me $e^{-\alpha z}$ dhe $e^{\alpha z}$, siç shihet në shprehjen (3.60). Këto dy komponente paraqesin valët direkte (incidente) dhe të reflektuara, por amplitudat e valëve direkte janë $E_m^+ e^{-\alpha z}$dhe $(\frac{E_m^+}{\eta}) e^{-\alpha z}$ të cilat zvogëlohen me rritjen e z (në kahun e përhapjes).

Ngjashëm amplitudat e valëve reflektuese $E_m^+ e^{\alpha z}$ dhe $(\frac{E_m^+}{\eta}) e^{\alpha z}$, gjithashtu zvogëlohen, meqë përhapen në kahun e kundërt të boshtit z. Pjesa reale eγ, quhet për këtë arsye konstanta e dobësimit.

Dallimi i dytë ndërmjet mjediseve pa humbje dhe atyre me humbje qëndron në atë se impedanca karakteristike e mjedisit me humbje e ka fazën të ndryshueshme me zero,$\theta_\eta \neq 0$.

Për rastin e mjediseve pa humbje$\theta_\eta = 0$, dhe vërehet që fusha elektrike dhe magnetike e valës direkte (incidente) janë në fazë kohore, siç janë ato të valës reflektuese.

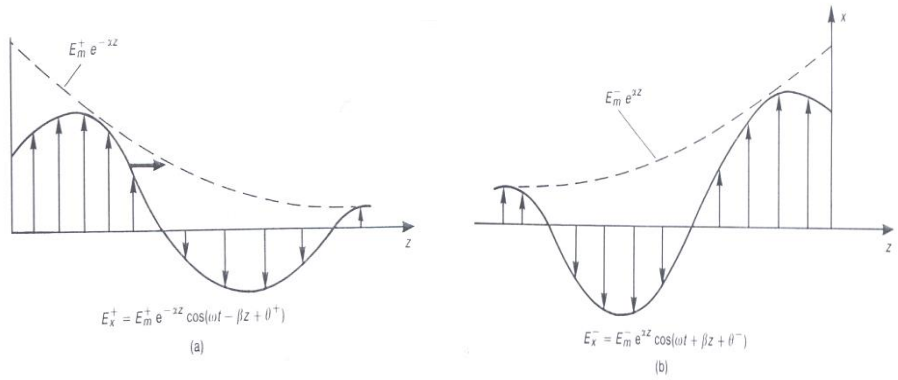


Figura 3.22 Karakteristikat e valëve të rrafshëta në mjediset pa humbje dhe në ato me humbje.

Për rastin e mjedisit me humbje, meqë ekziston këndiθ_η, atëherë fusha elektrike dhe magnetike janë të shfazuara për këtë kënd. Nga shprehja (3.59) shihet se $0 \leq \theta_\eta \leq 45^\circ$.

3.15. Rrjedhja e fuqisë

Dendësia mesatare e fuqisë së vektorit të Pointingut për valët e rrafshëta uniforme është:

$$P_{av} = \frac{1}{2} R_e\{\underline{E} \times \underline{H^*}\} = \frac{1}{2} R_e\left\{\underline{E_x} a_x \times \underline{H_y^*} a_y\right\} = \frac{1}{2} R_e\{\underline{E} \times \underline{H^*}\} a_x \quad (3.69)$$

Duke i zëvëndësuar fazorët përkatës në shprehjen e fundit fitohet:

$$\emptyset_{av} = [\frac{1}{2}\frac{(E_m^+)}{\eta} e^{-\alpha z} cos\theta_\eta - \frac{1}{2}\frac{(E_m^-)}{\eta} e^{\alpha z} cos\theta_\eta - \frac{E_m^+ E_m^-}{\eta} sin\theta_\eta \, sin(2\beta z + \theta^- - \theta^+)] a_z \quad (3.70)$$

Kufiza e parë paraqet dendësinë mesatare të fuqisë të valës direkte (në mungesë të valës së reflektuar). Kufiza e dytë paraqet dendësisë mesatare të fuqisë së valës reflektuese. Kufiza e tretë paraqet kufizën ndërlidhëse e cila zhduket për mjediset pa humbje ku $\theta_\eta = 0$. Për rastin e mjedisit pa humbje mund të përcaktohet fuqia që transmetohet në kahun e boshtit z si dendësi e fuqisë së valës direkte minus dendësia e fuqisë së valës së reflektuar.

3.16. Përçuesit dhe dielektrikët

Në rastin e mjediseve me humbje $\sigma \neq 0$, andaj nga ligji i Amperit fitohet

$$\nabla \times H = (\sigma + j\omega\varepsilon)E \quad (3.71)$$

Shprehja e mësipërme për rastin pa humbje $\sigma = 0$ merrë formën:

$$\nabla \times H = j\omega\varepsilon E \quad (3.72)$$

Shprehja (3.71) mund të paraqitet si:

$$\nabla \times H = j\omega\left(\frac{\sigma}{j\omega} + \varepsilon\right)E = j\omega\left(\varepsilon - j\frac{\sigma}{\omega}\right)E \quad (3.73)$$

Duke i krahasuar shprehjet (3.72) dhe (3.73) shihet se edhe për mjediset me humbje mund të përdoret shprehja (3.72) por në vend tëε të përdoret permitiviteti kompleks:

$$\underline{\varepsilon} = \varepsilon - j\frac{\sigma}{\omega} = \varepsilon\left(1 - j\frac{\sigma}{\omega\varepsilon}\right) \quad (3.74)$$

Madhësia $\frac{\sigma}{\omega\varepsilon}$ paraqet tangjentin e humbjeve të materialit, dhe është funksion i frekuencës. Vlera e tangjentit të humbjeve është madhësi eksperimentale që mund të matet për materiale të ndryshme dhe mund të tabelohen për frekuenca të ndryshme.
Duhet vërejtur që në ligjin e Amperit përfshihen dy komponente të rrymës: rryma konduktive $J_c = \sigma E$ dhe dendësia e rrymës së zhvendosjes $J_c = j\omega\varepsilon E$.

Përderisa rryma konduktive paraqet humbje të energjisë, rryma e zhvendosjes paraqet ruajtje të energjisë. Raporti i këtyre dy rrymave paraqet natyrën e humbjeve të materialit. Pikërisht ky raport bën dallimin ndërmjet materieve përçuese dhe atyre dielektrike. Materiet klasifikohen si përçues ose dielektrik varësisht nga raporti i rrymës konduktive dhe asaj të zhvendosjes:

$$\frac{\sigma}{\omega\varepsilon} \ll 1 \textit{ dielektrik i mirë}$$

$$\frac{\sigma}{\omega\varepsilon} \gg 1 \textit{ përçues i mirë}$$

Llogaritjet e konstantës së përhapjes $\underline{\gamma}$ dhe impedancës karakteristike $\underline{\eta}$ mund të thjeshtohen varësisht se mjedisi është përçues i mirë apo dielektrik i mirë në bazë të kritereve të mësipërme.
Le të vështrohet së pari dielektriku i mirë ku $\frac{\sigma}{\omega\varepsilon} \ll 1$. Në këtë rast konstanta e përhapjes është:

$$\underline{\gamma} = \alpha + j\beta = \sqrt{j\omega\mu(\sigma + j\omega\varepsilon)} = j\omega\sqrt{\mu\varepsilon}\sqrt{1 - j\frac{\sigma}{\omega\varepsilon}} \quad (3.75)$$

Për $\frac{\sigma}{\omega\varepsilon} \ll 1$ shprehja e mësipërme dukshëm thjeshtohet: $\underline{\gamma} = j\beta = j\omega\sqrt{\mu\varepsilon}$.
Gjithashtu edhe impedanca karakteristike merr formë më të thjeshtuar:

$$\underline{\eta} = \sqrt{\frac{j\omega\mu}{\sigma+\omega\varepsilon}} = j\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}\frac{1}{1-j\frac{\sigma}{\omega\varepsilon}}} \cong \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \quad (3.76)$$

Në vazhdim le të vështrohet rasti i përçuesit të mirë, ku $\frac{\sigma}{\omega\varepsilon} \gg 1$. Konstanta e përhapjes, shpejtësia e përhapjes, dhe impedanca karakteristike në këtë rast janë:

$$\underline{\gamma} = \sqrt{j\omega\mu(\sigma + j\omega\varepsilon)} = \sqrt{j\omega\mu\sigma(1 + j\frac{\omega\varepsilon}{\sigma})} \cong \sqrt{j\omega\sigma\mu} \cong \sqrt{\omega\mu\sigma}\,\underline{|45^0} \quad (3.77)$$

$$\propto = \beta \cong \sqrt{\frac{1}{2}}\omega\mu\sigma \quad (3.78)$$

$$v = \frac{\omega}{\beta} \cong \sqrt{\frac{2\omega}{\mu\sigma}} \quad (3.79)$$

$$\underline{\mu} = \sqrt{\frac{j\omega\mu}{\sigma+j\omega\varepsilon}} = \sqrt{\frac{\frac{j\omega\mu}{\sigma}}{1+\frac{j\omega\varepsilon}{\sigma}}} \cong \sqrt{\frac{j\omega\mu}{\sigma}} = \sqrt{\frac{\omega\mu}{\sigma}}45^\circ = \sqrt{\frac{\omega\mu}{2\sigma}}(1 + j) \quad (3.80)$$

3.17. Thellësia e depërtimit

Kuptimi thellësi e depërtimit shpesh përdoret në analizën e përhapjes së valëve elektromagnetike në mjediset përçuese. Le të vështrohet një valë udhëtuese direket në mjedisin me humbje. Meqë vala udhëton nëpër mjedisin me humbje, amplituda e valës $E_m^+ e^{-\alpha z}$ zvogëlohet. Në largësinë $\delta = \frac{1}{\alpha}$ amplituda do të bie për $\frac{1}{e}$ ose 37%.

Madhësia δ quhet thellësia e depërtimit në materie për frekuencë të caktuar. Duke e zëvendësuar relacionin e konstantës së dobësimit për përçuesin e mirë (3.78), fitohet:

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}} = \sqrt{\frac{1}{f\pi\mu\sigma}} \quad (3.81)$$

Tabela 3.1.Vlerat e thellësisë së depërtimit për bakër

f	δ
60 Hz	**8.5 mm**
1 KHz	**2.09 mm**
10 KHz	**0.66 mm**
100 KHz	**0.21 mm**
1 MHz	**2.6 mils**
10 MHz	**0.82 mils**
100 MHz	**0.26 mils**
1 GHz	**0.0823 mils**

P.sh. thellësia e depërtimit për përçuesin e bakrit në frekuencën 100(MHz) është 0.0066(mm). Kjo do të thotë që vala gjatë kalimit nëpër përçues shumë shpejt dobësohet dhe praktikisht ajo në sipërfaqen e tij bëhet zero. Duhet thekësuar se për shndërrimin e njësisë mils në metër duhet shumëzuar me $2.54 \cdot 10^{-5}$..

KAPITULLI 4.

RRYMAT BREDHËSE- KUPTIMI, FAKTORËT, IMPAKTI I TYRE.

4.1. Fusha elektromagnetike

4.1.1. Fusha elektrike

Fushat elektrike lindin nga prania e tensionit (diferenca e potencialeve) dhe kalim rryme, por edhe kur një pajisje është e fikur. Fuqia e fushes elektrike matet në Volt për metër (V/m) dhe varet nga distance nga burimi i rrymese, rritje e së cilës e zvogëlon. Kështu, lidhja e një teli në një prizë krijon fusha elektrike në ajër rreth tij, fuqia e fushës elektrike të krijuar është aq më e madhe sa më i lartë të jetë tensionit. Në rastet kur tensioni nuk ekziston edhe kur nuk ka rrymë të rrjedhshme, pajisjet nuk ndizen, por në dhomën rrethë tyre ekziston një fushë elektrike.

Fushat elektrike ekzistojnë sa herë që ekziston prania e një ngarkesë elektrike pozitive ose negative. Çdo tel elektrik që është i ngarkuar do të prodhojë një fushë elektrike të lidhur.

4.1.2. Fusha magnetike

Fushat magnetike krijohen vetëm kur rryma elektrike rrjedh. Fushat magnetike dhe fushat elektrike pas krijimit ekzistojnë së bashku në mjedisin e lindjes. Forca e fushës, varet nga distancë e burimit, rritja e së cilës çonë në zvogëlimin e densitetit të saj. Fushat elektrike rreth telit të një pajisjeje pushojnë së ekzistuari vetëm kur pajisja është e shkëputur ose e fikur në mur. Ata do të vazhdojnë të ekzistojnë rreth kabllit prapa murit

Sa më e madhe të jetë forca e fushes aq më e fortë është fusha magnetike. Tensionet e larta përdoren për transmetimin dhe shpërndarjen e energjisë elektrike, ndërsa tensione relativisht të ulëta përdoren në shtëpi. Tensionet e përdorura nga pajisjet e transmetimit të energjisë ndryshojnë pak nga dita në ditë, rrymat përmes një linje transmetimi ndryshojnë me konsumimin e energjisë.

Fuqia e fushave magnetike matet në amper për metër (A/m) dhe si tregues i saj është densitet fluksi, që matet (në mikrotesla (μT) ose militesla (mT).

Fusha magnetike lindin nga lëvizja e ngarkesave elektrike. Në dallim nga fushat elektrike, një fushë magnetike lind vetëm një herë kur pajisja ndizet dhe vazhdon të ekzistoj gjatë kalimit të rrymës elektrike. Karakteristikat e fushës magnetike, fuqia e fushës magnetike varen dhe përcaktohen nga parametrat e pajisjes dhe burimit të rrymës.

4.1.3. Fushat elektrike dhe fushat magnetike

Fushat elektrike dhe fushat magnetike janë më të forta afër burimit të origjinës së tyre dhe fillojnë të dobësohen apo zhduken me shpejtësi me rritjen e distancës nga burimi. Fushat elektrike bllokohen nga materialet ndërsa fushat magnetike nuk janë të bllokuara nga materiale të përbashkëta të tilla si muret e ndërtesave.

Fushat elektrike krijohen nga dallimet në tension: sa më e lartë të jetë voltafi, aq më e fortë do të jetë fusha rezultuese. Fushat magnetike krijohen kur rryma elektrike rrjedh: sa më e madhe të jetë e tanishme, aq më e fortë është fusha magnetike. Një fushë elektrike do të ekzistojë edhe kur nuk ka rrjedhë aktuale. Nëse rryma rrjedh, forca e fushës magnetike do të ndryshojë me konsumin e energjisë, por forca e fushës elektrike do të jetë konstante.

Fusha elektromagnetike , pronë e hapësirës së shkaktuar nga lëvizja e një elektrike ngarkuar . Një pagesë stacionare do të prodhojë vetëm një fushë elektrike në hapësirën përreth. Nëse ngarkesa është në lëvizje, a fusha magnetike është gjithashtu e prodhuar. Një fushë elektrike mund të prodhohet edhe nga një fushë magnetike që ndryshon. Bashkëveprimi i ndërsjellë i fushave elektrike dhe magnetike prodhon një fushë elektromagnetike, e cila konsiderohet se ka ekzistencën e vet në hapësirë, përveç ngarkesave ose rrymave (një rrymë lëvizëse) me të cilat mund të lidhet. Nën rrethana të caktuara, kjo fushë elektromagnetike mund të përshkruhet si një valë që transporton energji elektromagnetike.

4.1.4. Konstante elektrike dhe magnetike

Në ekuacionet që përshkruajnë fushat elektrike dhe magnetike dhe përhapjen e tyre, normalisht përdoren tre konstante. Njëra është shpejtësia e dritës c dhe dy të tjerat janë permitiviteti elektrik i hapësirës së lirë ε_0 dhe përshkueshmëria magnetike e hapësirës së lirë, μ_0 . Përshkueshmëria magnetike e hapësirës së lirë merret që të ketë vlerën e saktë

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N}{A^2}$$

Shih gjithashtu përshkueshmërinë relative

Kjo përmban njësinë e forcës *N* për Newton dhe njësia *A* është amperi, njësia e rrymës elektrike .

Me përshkueshmërinë magnetike të vendosur, lejueshmëria elektrike merr vlerën e dhënë nga marrëdhënia:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$$

ku shpejtësia e dritës **c** është dhënë nga

$$c = 2.99792458 \times 10^{-8} \frac{m}{s(exact)} \approx 3 \times 10^{8} \frac{m}{s}$$

Kjo jep një vlerë të permitivitetitnë hapësirë të lirë

$$\varepsilon_0 = 8.854187817 \times 10^{-12} \frac{F}{m} \approx 8.85 \times 10^{-12} \frac{F}{m}$$

që në praktikë shpesh përdoret në formë

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8.987552 \times 10^{9} \frac{Nm^2}{C^2} = Coulomb's\ constant$$

Këto shprehje përmbajnë njësitë F për Farad, njësinë e kapacitetit , dhe C për kulm, njësia e ngarkesës elektrike .

Në prani të medias polarizuese ose magnetike, konstantet efektive do të kenë vlera të ndryshme.Në rastin e një mjedisi polarizues, të quajtur dielektrike , krahasimi është deklaruar si një permitivitet relativ ose një konstantë dielektrike . Në rastin e mediave magnetike, mund të thuhet përshkueshmëria relative .

Lidhjet fizike me lejueshmërinë elektrike dhe përshkueshmërinë magnetike

Shprehjet për fushat elektrike dhe magnetike në hapësirën e lirë përmbajnë lejueshmërinë elektrikeε_0 dhe përshkueshmërisë magnetike μ_0 të hapësirës së lirë. Siç tregohet në seksionin për konstantet elektrike dhe magnetike , këto dy sasi nuk janë të pavarura por lidhen me " c ", shpejtësinë e dritësdhe valëve të tjera elektromagnetike.

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$$

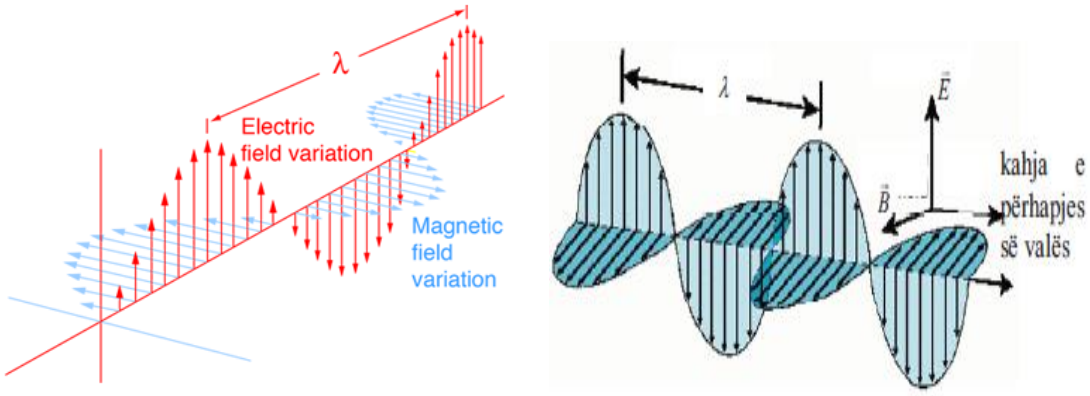


Figura 4.1 Siç tregohet në seksionin. Vlerat e konstantës elektrike dhe magnetike

Permitiviteti elektrik lidhet me energjinë e ruajtur në një fushë elektrike. Ai është i përfshirë në shprehjen e kapacitetit sepse ndikon në sasinë e ngarkesës që duhet të vendoset në një kondensator për të arritur një fushë të caktuar elektrike elektrike. Në praninë e një mjedisi polarizues , ai merr më shumë ngarkesë për të arritur një fushë të caktuar elektrike neto dhe efekti i mediumit shpesh shprehet në terma të një permitiviteti relativ.

$$C = \frac{k\varepsilon_0 A}{D}$$

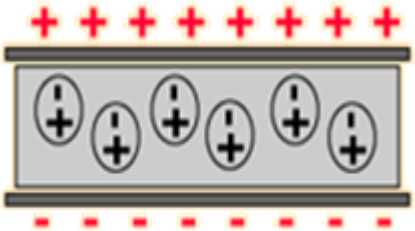


Figura 4.2 Shprehja e efektit të mediumit në praninë e një mjedisi polarizues

Përshkueshmëria magnetike lidhet me energjinë e ruajturnë një fushë magnetike. Ai është i përfshirë në shprehjen për induktancë, sepse në praninë e një mjedisi magnetizues , një sasi më e madhe e energjisë do të ruhet në fushën magnetike për një rrymë të dhënë nëpërmjet spirales. Efekti i mediumit shpesh shprehet në terma të përshkueshmërisë relative.

$$B = k\mu_0 nI$$

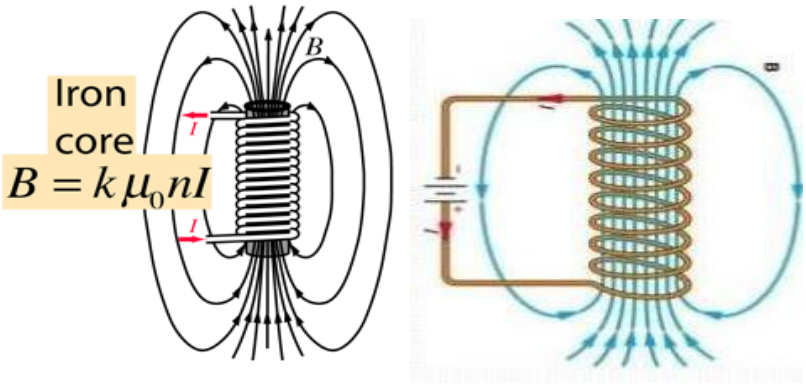


Figura 4.3 Efekti i mediumit te shprehet në terma të përshkueshmërisë relative.

4.2. Rrymat bredhëse (parazitare apo endacake)

4.2.1. Hyrje

Programi dhe perspektivat e zhvillimit të Shqipërisë lidhen ngushtë me nivelin e zhvillimit të transportit në përgjithësi dhe atij detar në veçanti, për shkakë të veçorisë gjeografike që ka vendi ynë.

Programi dhe perspektivat e qeverisë shqiptare, synojnë në ndërtimin e një sistemi të transportit të qëndrueshëm, të sigurt, me kosto optimale dhe miqësor me mjedisin, të integruar në rajon dhe Europë, të arritshëm nga të gjithë, që të kontribuoni në rritjen ekonomike të vendit, si dhe në cilësinë e jetës së qytetarëve.

Qeveria shqiptare në veprimtarinë e saj, e konsideron ruajtjen dhe mbrojtjen e mjedisit, si faktor me rëndësi jetike për mbrojtjen dhe ruajtjen e jetës njerëzore, florës dhe faunës, si dhe tërësinëe ekosistemit.

4.2.2. Rrymat elektrike bredhës (shëtitëse)

Rrymat bredhës janë rryma elektrike të cilat rrjedhin nga qarqet elektrike [1], [4]. apo induktohen nga fushat elektromagnetike [2].që krijohen, ose çfardo llojë rrymash të tjera që lindin në tokë, uji dhe ajër nga burime të jashtëm.

Zakonisht këto rryma kur janë në vlera të vogëla dhe veprojnë për intervale të shkurtëra kohore, ato nuk shkatojne dëmtime të mëdha, por në rastet kur ato veprojnë për intervale të gjata kohore dhe kanë si burim rrymat e vazhduara me frekuenca të larta ato përbëjnë rezik serioz [4].

Rrymat bredhëse elektrike, mund të jenë të vazhduar ose alternative apo rryma që ekzistojnë per intervale të pjesshme kohore apo në intervale kohore të vazhdueshme.

4.2.3. Burrimet e rrymave elektrike bredhëse

Burimet e rrymave bredhës në mjediset protuale janë: fushat elektromagnetike të makinerive dhe pajisjeve të instaluara, instalimet e sistemeve mbrojtëse ndaj korrozionit, sistemet dhe instalimet e veshjeve galvanizuese, sistemet dhe pajisjet e elektrosaldimit, rrymat e induktuar të sistemeve të tubacioneve të shtrira në mjediset portuale, rrymat e induktuar të kabllove të linjave elektirke, linjat hekurudhore, të tranvajave, të vinçave urrë, brenda apo pranë mjediseve portuale, si dhe çdo avari apo defekt tjetër që mund të lindi në sistemet energjetike portuale. Apo gjithë burimet e tjera të rrymave bredhës nga konsumatorët e tjerë të energjisë elektike që ndodhen pranë apo në periferi të mjediseve portuale. (shtëpi, infrastruktura industriale e tjera) [1].

Rrymat elektrike bredhëse (shëtitëse) në tokë, uji dhe ajër në mjediset portale, shkatojnë dëmtime të punës mormale të mekanizmave dhe makinerive ku ato lindin dhe ekzistojnë, dëmtime të formës shkatërruese korrodive, dëmtime të shëndetit të njerëzve, dëmtime të biodiversitetit (florës dhe faunës), si dhe ndikojnë në punën e makinerive dhe pajisjeve elektrike të instaluara në portë.

Vlerat e larta dhe të konsiderueshme të rrymave bredhës apo densitetit të tyre shkakton jo vetëm korrozion si forma më e lartë e shkatërrimeve në fushën e transportit detar që janë dëmtimet e mjediseve detare dhe dëmtime të infrastrukturës, por shkaktojnë edhe dëmtime ndaj faunës dhe florë, njerëzve dhe të tjera dëmtime që duhen vlerësuar.

4.3. Pasojat dhe dëmtimet nga rrymat bredhëse

4.3.1.Rrymat bredhëse - burimi kryesor i korrozionit

Rrymat elektrike bredhëse janë forma e ndotjeve që shkaktojnë dëmtimet më të mëdha nga korrozioni. Kështu, sipas Xhonit [1] dëmtimet në formën e korroizonit shkatuar në çelikët me karbon që ndodhen në tretësirat e $NaCl$ me përqëndrim $0{,}1\ \boldsymbol{N}$, tëçajerzuara, nga rrymat bredhës me fekuencë $60\ HZ$ dhe densitet $300\ (A/m2)$ janë shume të mëdha, ndërsa intensiteti i dëmtimeve bi kur ato janë tëçajerzuara, për shkak të reaksionit të çlirimit të hidrogjenit. Gjithashtu rrezikshmëri dhe shkalla e dëmtimit nga korrozioni i rrymave bredhëse, rritet në rastet kur ato janë të vazhduara, rritje në vlerën e dëmtimit shkon deri në 1% [1].

Dëmtimet nga korrozioni i rrymave bredhëse të vazhduar është i madhë sidomos materialet e aluminit dhe lidhjet e tij, konkretisht kur densiteti i tyre është $15\ (A/m2)$

shkalla e dëmtimeve arrijnë në 5 %, kur densiteti rritet në $100(A/m^2)$ shkalla e dëmtimit shkonë në 31%.

4.3.2. Dëmtimi dhe pasojat negative nga fushat elekromagnetike dhe rrymat bredhëse.

Krahës ndikimit dhe pasojave negative që sjellin për makineritë dhe pajisjet këto fusha elektromagnetike apo këto ndotje nga rrymat bredhës, ndaj ekosistemit (faunës dhe florës), ato sjellin edhe pasoja negative për shoqërinë njerëzore.

Ka një grup njerëzish të cilët raportojnë probleme shëndetësore nga fushat elektromagnetike si psh. dhimbje koke, marrje mendsh, probleme me memorien, çrregullime të ritmit të zemrës dhe irritomë të lëkurës. Këta konsiderohen si të ndjeshëm ndaj këtyre fushave [5], [6].

Të dhënat e studimit të Carlsson et al. tregojnë se 1.9% e njerëzve kanë probleme me monitorët (jo LCD-të) dhe dritat fluoreshente (këto emetojnë dhe valë elektromagnetike përveç dritës). 2.4% raportojnë bezdisje nga fushat elektrike. Në vitin 1991 William J. Rea konkludoi se "ka prova të forta që tregojnë se ndjeshmëria ndaj fushave elektromagnetike ekziston" [5].

Një pjesë e njerëzve "alergjikë" ndaj fushave elektromagnetike kanë probleme shëndetësore të rënda, ata marrin raporte mjekësore ose dalin në pension invaliditeti për këtë shkak. Ndjeshmëria ndaj fushave elektromagnetike është sidomos e njohur në Suedi. [6] Mendohet se fushat elektromagnetike rrisin rrezikun e leuçemisë [7], [8].

4.4. Burime natyrore të fushave elektromagnetike

Fushat elektromagnetike janë të pranishme kudo në mjedisin tonë, por janë të padukshme për syrin e njeriut. Fushat elektrike janë prodhuar nga ngritja lokale e ngarkesave elektrike në atmosferën e lidhur me stuhitë. Fusha magnetike e tokës shkakton një gjilpërë të busullës për të orientuar në një drejtim Veri-Jug dhe përdoret nga zogjtë dhe peshqit për navigim.

4.4.1. Burime njerëzore të fushave elektromagnetike

Përveç burimeve natyrore, spektri elektromagnetik gjithashtu përfshin fusha të krijuara nga burime të prodhuara nga njeriu: rrezet X janë të punësuar për të diagnostikuar një gjymtyrë të thyer pas një aksidenti sportiv. Energjia elektrike që del nga çdo fole elektrike ka fusha të lidhura elektromagnetike me frekuencë të

ulët. Dhe lloje të ndryshme të radiovalëve më të larta të frekuencës përdoren për të transmetuar informacion - qoftë nëpërmjet antenave televizive, stacioneve radio ose stacioneve bazë të telefonisë mobile.

4.4.2. Bazat e gjatësisë së valës dhe frekuencës

Fushë elektromagnetike (EMF) kanë si karakteristika kryesore frekuencën dhe gjatësine e valës. Fushat elektromagnetike me frekuencave të ndryshme veprojnë ndaj trupit të njeriut në mënyra dhe forma të ndryshme. Valët elektromagnetike mund të imagjinohen si seri valësh shumë të rregullta që shperndahen me një shpejtësi të madhe, shpejtësinë e dritës. Frekuenca thjesht përshkruan numrin e oshilacioneve ose cikleve për sekondë, ndërsa termi gjatësi vale përshkruan distancën midis një valë dhe tjetrës. Prandaj gjatësia e valës dhe frekuenca janë të ndërthurur në mënyrë të pandashme: sa më e lartë të jetë frekuenca aq më e shkurtër gjatësia e valës.

Një analogji e thjeshtë duhet të ndihmojë për të ilustruar konceptin: lidhni një litar të gjatë me një dorezë derri dhe mbajeni në fund të lirë. Lëvizja e saj lart dhe pastaj poshtë ngadalë do të gjenerojë një valë të vetme të madhe; lëvizja më e shpejtë do të gjenerojë një seri të tërë të valëve të vogla. Gjatësia e litarit mbetet konstante, prandaj, më shumë valë që gjeneroni (frekuenca më e lartë), më e vogël do të jetë distanca ndërmjet tyre (gjatësia më e shkurtër e valës).

Cili është ndryshimi midis fushave elektromagnetike jo jonizuese dhe rrezatimit jonizues?

Gjatësia e valës dhe frekuenca përcaktojnë një tjetër karakteristikë të rëndësishme të fushave elektromagnetike: Valët elektromagnetike mbahen nga grimcat kuanta. Kuantat me frekuencë më të lartë (gjatësi vale më të shkurtër) bartin më shumë energji sesa frekuenca më e ulët (gjatësia më e madhe e valës). Disa valë elektromagnetike bartin aq shumë energji për kuantin se ata kanë aftësinë për të thyer lidhjet midis molekulave. Në spektrin elektromagnetik, rrezet gama të dhëna nga materialet radioaktive, rrezet kozmike dhe rrezet *X* mbajnë këtë pronë dhe quhen 'rrezatim jonizues'. Fushat, kuantat e të cilëve janë të pamjaftueshëm për të thyer lidhjet molekulare quhen 'rrezatim jo-jonizues'. Burimet e bëra nga njeriu të fushave elektromagnetike që përbëjnë një pjesë të madhe të jetës së industrializuar - energjia elektrike, mikrovalët dhe fushat e radiofrekuencës - gjenden në gjatësinë vale relativisht të gjatë dhe në fundin e frekuencave të ulëta të spektrit elektromagnetik dhe sasitë e tyre nuk janë në gjendje të thyejnë lidhjet kimike.

4.4.3. Fusha elektromagnetike në frekuenca të ulëta EMF

Rryma elektrike të vogla ekzistojnë dhe janë të pranishme në trupin e njeriut për shkak të reaksioneve kimike që ndodhin si pjesë e funksioneve normale trupore, edhe në mungesë të fushave të jashtme elektrike. Burimet e këtyre rrymave në trupin e njeriut janë: nervat që gjatë transmetojnë sinjale, të cilat shoqërohen me transmetimet të impulseve elektrike, reagimet biokimike të tretjeve në aktivitetet e trurit shkojnë së bashku me rirregullimin dhe grimca të ngarkuara, aktiviteti elektrike i zemrës, gjatë vizitave diagnostike me ndihmën e një elektrokardiogrami, e tjera.

Fushat elektrike me frekuencë të ulëtndikojnë në trupin e njeriut ashtu siç ndikojnë në ndonjë material tjetër të përbërë nga grimca të ngarkuara. Kur fushat elektrike veprojnë në materialet përçuese, ato ndikojnë në shpërndarjen e ngarkesave elektrike në sipërfaqen e tyre. Ata shkaktojnë rrjedhën e rrjedhjes së trupit në tokë.

Fushat magnetike me frekuencë të ulët nxisin rrymat qarkulluese brenda trupit të njeriut. Fuqia e këtyre rrymave varet nga intensiteti i fushës magnetike të jashtme.Nëse janë mjaft të mëdha, këto rryma mund të shkaktojnë stimulim të nervave dhe muskujve ose të ndikojnë në procese të tjera biologjike.

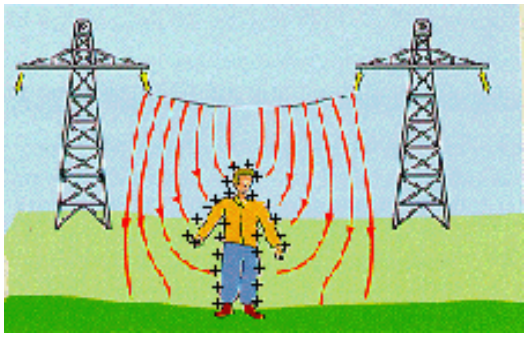


Figura 4.4 Simbolizimi i pasojave mbi njerëzit nga fushat e krijuar nga linjat e transmetimit të tensionit të lartë.

Të dy fushat elektrike dhe magnetike nxisin tensione dhe rryma në trup, por madje drejtpërdrejt nën një linjë të transmetimit të tensionit të lartë, rrymat e induktuara janë shumë të vogla krahasuar me pragjet për prodhimin e goditjeve dhe efekteve të tjera elektrike.

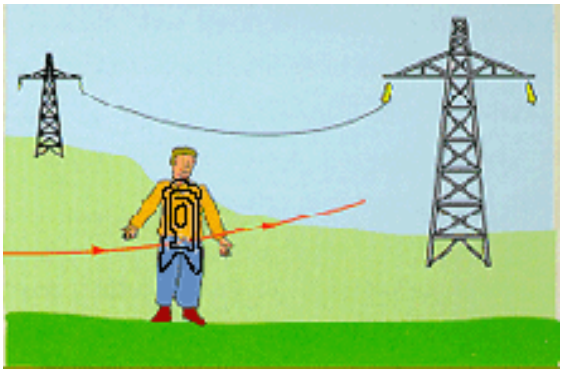


Figura 4.5 Simbolizimi i pasojave mbi njerëzit nga fushate krijuar nga linjat e transmetimit të tensionit të lartë.

Ngrohja është efekti kryesor biologjik i fushave elektromagnetike të fushave të radiofrekuencës. Në furrat me mikrovalë ky fakt përdoret për të ngrohur ushqimin.Nivelet e fushave të radiofrekuencave në të cilat njerëzit zakonisht ekspozohen janë shumë më të ulëta se ato që nevojiten për të prodhuar ngrohje të konsiderueshme.

Efekti i ngrohjes i radiovalëve formon bazën themelore për udhëzimet aktuale. Shkencëtarët gjithashtu po hetojnë mundësinë që efektet nën nivelin e pragut për ngrohjen e trupit ndodhin si pasojë e ekspozimit afatgjatë. Deri më tani, nuk janë konfirmuar efekte të dëmshme shëndetësore nga niveli i ulët, ekspozimi afatgjatë ndaj fushave të frekuencës ose frekuencës së energjisë, por shkencëtarët po vazhdojnë aktivisht të hulumtojnë këtë fushë.

4.5. Fusha elektrike dhe fusha magnetike e ndryshueshme

Për të nxjerë në dukje burimin kryesorë të rrymave bredhëse aapo endacake mendojmë se ka rëndësi të njihet mirë dukuria se si fusha elektrike lind nga ngarkesat elektrike në qetësi dhe fushat magnetike lindin nga ngarkesat elektrike në lëvizje. Do të shqyrtojmë tani lindjen e fushës elektrike nga fusha magnetike e ndryshueshme. Në qoftë se vendosim një spirë përcjellëse të mbyllur në një fushë magnetike të jashtme dhe nëpër spirë kalojmë rrymë elektrike, mbi spirën vepron një moment përdredhës që tenton ta verë në lëvizje rrotulluese. Kjo që thamë mund të paraqitet skematikisht:

Rryme elektrike ⇒ Moment përdredhës (4.1)
(Spira në një fushe magnetike)

Shprehja (4.1) paraqet parimin e motorit elektrik. Parimi i simetrisë, që ka rëndësi shumë të madhe në fizikëna detyron të pyesim: Ç'farë ndodh nëse veprojmë

në drejtim të kundërt? Supozojmë se vendosim një spirë të mbyllur në një fushë magnetike të jashtme dhe e rrotullojmë spirën, duke i dhënë asaj një moment përdredhës me anë të një force të jashtme. Në spirë do të shfaqet rrymë elektrike. Në menyrë skematike mund të shkruajmë:

Moment përdredhës ⇒ Rryme elektrike (4.2)
(Spira në një fushe magnetike)

Shprehja (4.2) paraqet parimin e gjeneratorit elektrik. Ligji i fizikës, që përcakton nga se varet kjo rrymë quhet ligji i induksionit të Faradeit. Ky ligj u zbulua nga Faradei në Angli në vitin 1831, dhe në të njëjtën kohë nga fizikanti amerikan Jozef Henri. Faradei ishte autodidakt dhe që në moshën 14 vjeç punonte si çirak në një ndërmarrje të lidhjes së librave, kurse Henri punonte qysh nga mosha 13 vjeç si praktikant në një fabrikë orësh.

Ligji i Faradeit përcakton se vlera e f.e.m. e induktuar, qëlind në një qark është e barabartë me derivatin në lidhje me kohën e fluksit magnetik, që përshkon qarkun. Me ligjin e Faradeit plotësohen ligjet themelore të elektromagnetizmit, të cilët përbëjnë një bashkësi prej katër ekuacionesh dhe quhen ekuacionet e Maksuellit.

Këto katër ekuacione së bashku me ligjin për forcën e Lorencit përbëjnë një teori të plotë, që është në gjendje të përshkruaj bashkëveprimin midis trupave të ngarkuar. Ekuacionet e Maksuellit lidhin fushat elektrike dhe magnetike midis tyre, dhe më pas këto fusha me burimet e tyre, që janë ngarkesat elektrike.

4.5.1. Ligji i induksionit i Faradeit

Për të parë se si fusha magnetike e ndryshueshme mund të prodhojë një forcë elektromotore le të bëjmë këtë eksperiment: marrim një spirë percjellëse në të cilën është lidhur një galvanometër, i cili mund të nxjerrë në pah rrymën elektrike në spirë. Normalisht galvanometri nuk tregon gjë sepse nuk ka gjeneratorë të rrymës në qark. Por kur një magnet i afrohet spirës, treguesi i galvanometrit do të zhvendoset nga pozicioni zero, si në figurën 4.6.a.

Kur magneti largohet nga spira, treguesi i galvanometrit zhvendoset në kahe të kundërt si në figurën 4.6.c. Kur magneti është në qetësi, në lidhje me spirën nuk vërehet asnjë spostim i treguesit të galvanometrit, si në figurën 4.6.b. Sa më shpejt të lëvizë magneti, aq më e madhe është rryma që tregon galvanometri. Nëse magneti qëndron në qetësi dhe rryma që tregon galvanometri.

Në se megneti qëndron në qetësi dhe afrohet ose largohet spira drejt magnetit, vërehet përsëri një devijim i treguesit të galvanometrit. Në qofte se ndryshon poli, që i afrohet magnetit, p.sh. në vend të polit veri drejt spirës lëviz poli jug, eksperimenti jep

të njëjtat rezultate si dhe me lart, por zhvendosjet e treguesit të galvanometrit do të jenë të kundërta.

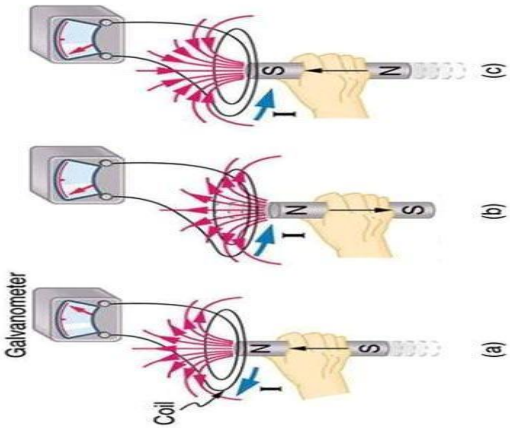


Figura 4.6 Pamje e një spirë përcjellëse në të cilën është lidhur një galvanometër, (a) ndikimi mbi spirë kur afrohet një magnet (b) dhe kur largohet (c).

Galvanometri tregon rrymë vetëm gjatë kohës që magneti dhe spira lëvizin në lidhje me njëri tjetrin. Pra ajo që ka rëndësi është lëvizja e magnetit në lidhje me spirën. Nuk ka ndryshim, në se lëviz spira drejt magnetit apo magneti drejt spirës. Nga vrojtimet e kryera mund të arrihet në konkluzionin se spira "ndjen" lëvizjen e magnetit (rryma që kalon nëpër spirë) sepse ndryshon fusha magnetike që e përshkon. Si rrjedhojë duket se ekziston një lidhje midis rrymës dhe ndryshimit të fushës magnetike. Këto rezultate janë shumë interesante, për shkak se kemi një prodhim të rrymës elektrike, pa prezencën e një baterie në qark. Këtë rrymë e quajmë rrymë të induktuar dhe themi se ajo gjenerohet nga një f.e.m. e induktuar.

Shqyrtojmë tani një eksperiment të dytë që është kryer për herë të parë nga Faradei dhe skematikisht paraqitet në figurën 4.7. Një bobinë e quajtur primare është e lidhur në seri me një çelës dhe një bateri. Bobina mbështjell një unazë dhe rryma që rrjedh në bobinë, kur çelësi është i mbyllur, prodhon një fushë magnetike.

Një bobinë tjetër e quajtur sekondare, mbështjell të njëjtën unazë dhe është e lidhur me një galvanometër. Asnjë bateri nuk është prezent në qarkun sekondar dhe qarku sekondar nuk është i lidhur me atë primar. Çdo rrymë që zbulohet në qarkun sekondar duhet të jetë e lidhur me ndonjë veprim të jashtëm.

Në pamje të parë mund të mendohet se nuk do të mund të zbulohet asnjë rrymë në qarkun sekondar. Por kur çelësi i qarkut primar hapet ose mbyllet ndodh diçka e papritur. Në çastin që qarku primar mbyllet treguesi i galvanometrit të qarkut sekondar devijohet në një farë drejtimi dhe pastaj kthehet në zero. Galvanometri tregon zero gjatë kohës që qarku primar është i mbyllur dhe në të rrjedh rrymë. Në çastin që qarku

primar hapet, treguesi i galvanometrit devijohet në drejtim të kundërt dhe pastaj kthehet përsëri në zero.

Për të kuptuar se çfarë ndodh në këtë eksperiment duhet të vërejmë me kujdes që kur çelësi mbyllet rryma në qarkun primar prodhon një fushë magnetike në zonën ku ndodhet qarku dhe që depërton edhe në qarkun sekondar. Kurse çelësi hapet, fusha magnetike e prodhuar nga rryma në qarkun primar, ndryshon nga një farë vlere në zero dhe është kjo fushë e ndryshueshme që indukton rrymë në qarkun sekondar.

Nga këto dy eksperimente mund të nxjerrim si përfundim se: Një f.e.m. inuktohet vetëm, kur diçka ndryshon. **Në një gjendje statike, ku asnjë objekt fizik nuk ndryshon dhe rrymat ngelenkonstante, asnjë f.e.m. nuk induktohet "fjala kyç eshte ndryshim"**. Faradei që i aftë që të dallojë se çfarë është e përbashkët në të dy eksperimentet e mësipërme.

Ajo që Faradei dalloi me intuitën e tij në këto dy eksperimente ishte: **Një f.e.m. e induktuar në spirën sekondare të figurës 4.7 dhe në spirën e figurës 4.6 ndodh vetëm kur numri i vijave të forcës së fushës magnetike që përshkojnë spirën ndryshon**. Pra ajo diçka që duhet të ndryshojë për të prodhuar një f.e.m. të induktuar, është numri i vijave të forcës së fushës magnetike që përshkojnë spirën. Është ndryshimi i numrit të vijave të forcës që përcakton lindjen f.m.e. dhe jo numri efektiv i vijave të forcës që përshkojnë spirën, nga kjo del që **shpejtësia, me të cilën ky numër ndryshon, përcakton vlerën e f.e.m. të induktuar**.

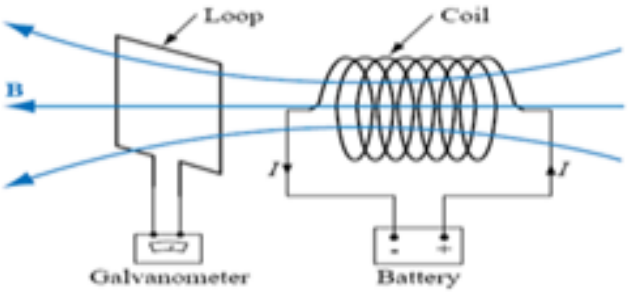


Figura 4.7. Një bobinë e quajtur primare është e lidhur në seri me një çelës dhe një bateri.

Në eksperimentin e figurës 4.6, vijat e forcës e kanë origjinen tek magneti dhe numri i vijave të forcës që përshkojnë spirën rritet kur magneti afrohet dhe zvogëlohet kur magneti largohet. Në eksperimentin e figurës 4.7, vijat e forcës shoqërojnë rrymën në primar. Numri i vijave të forcës nëpër spirën e sekondarit rritet duke nisur nga zero, kur mbyllet çelësi, d.m.th. kemi kalim të rrymës dhe zvogëlohet duke u kthyer në zero, kur hapet çelësi, d.m.th. ndërpritet rryma. Nisur nga këto vrojtime **Faradei konkludoi**

se mund të induktohet rrymë elektrike në njëqark nga një fushë magnetike e ndryshueshme.

Qarku sillet në këtë rast sikur për intervale të shkurtra të kohës të jetë lidhur një gjenerator i f.e.m., nga kjo thuhet se në qark induktohet një f.e.m. nga një fushë magnetike e ndryshueshme. Në të dy shembujt e mësipërm f.e.m. induktohet, kur fluksi magnetik në qark ndryshon me kohën. **Në përgjithësi forca elektromotore e induktuar është e barabartë me derivatin në lidhje me kohën të fluksit magnetik që përshkon qarkun**. Ky është ligji i Faradeit dhe mund të shkruhet në formën:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (4.3)$$

ku: $\Phi_B = -\int \vec{B} \cdot d\vec{S}$ është fluksi magnetik nëpër qark. Nëse qarku është një bobinë me n spira, të gjitha me sipërfaqe të barabartë dhe Φ është fluksi që përshkon një spirë f.e.m. e induktuar në bobinë do të jetë e barabartë me shumën e f.e.m. të çdo spire, pra:

$$\varepsilon = -N\frac{d\Phi}{dt} \quad (4.4)$$

Shenja $-$ ka një kuptim të rëndësishëm fizik, që do të shpjegohet në paragrafin që vijon. Supozojmë se spira që kufizon një sipërfaqe S është e zhytyr në një fushë magnetike uniforme si në figurën 4.8.

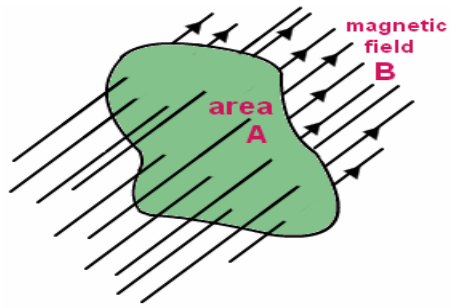


Figura 4.8 Spira që kufizon një sipërfaqe S është e zhytyr në një fushë magnetike uniforme

Fluksi që përshkon spirën është $BScos\theta$. Dhe f.e.m. e induktuar mund të shkruhet :

$$\varepsilon = -\frac{d}{dt}(BScos\theta) \quad (4.5)$$

Kjo shprehje tregon se ka disa mënyra, që mund të induktohet f.e.m. në qark:
1. Kur moduli i $\vec{B}$ ndryshon me kohën;

2. Kur ndryshon sipërfaqja që kufizohet nga qarku;
3. Kur ndryshon kendi θ midis $\vec{B}$ dhe normales me sipërfaqen e qarkut;
4. Si dhe një kombinim i rasteve të mësipërme.

Një zbatim interesant i ligjit të Faradeit është një paisje sigurimi, që përdoret për të mbrojtur përdoruesit e aparaturave elektrike nga shkarkesat elektrike. Në këtë paisje mbrojtëse (fig.4.9) fija 1 arrin nga paisja në faqet e aparatit elektrik prej të cilit duam të jemi të siguruar, kurse fija 2 vjen nga faqet e aparatit. Një unazë prej hekuri të butë rrethon të dy fijet dhe një bobinë dedektimi mbështjell një pjesë të unazës. Për shkak se drejtimet në fijet kanë drejtime të kundërta, fluksi magnetik nëpër bobinë, i prodhuar nga të dy rrymat është zero.

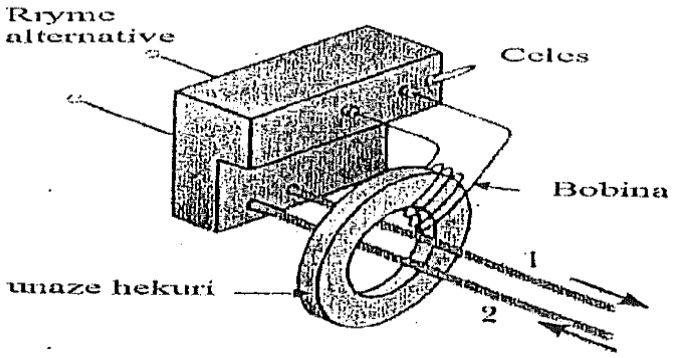


Figura 4.9. Paisje sigurimi, që përdoret për të mbrojtur përdoruesit e aparaturave elektrike nga shkarkesat elektrike

Nëse rryma e kthimit nëpër fijen 2 ndryshon, fluksi magnetik që përshkon bobinën nuk është më zero. Kjo mund të ndodhë kur funksionimi i aparatit nuk është korrekt dhe një pjesë e rrymës shkarkon në tokë. Meqenëse kemi të bëjmë me rrymë alternative, fluksi magnetik nëpër bobinë ndryshon me kohën, duke induktuar një f.e.m. në vet bobinën. Kjo f.e.m. përdoret për të aktivizuar çelësin, që ndërpret rrymën para se ajo të arrijë nivele të rrezikshme. Zbatim tjetër interesant i ligjit të Faradeit është prodhimi i tingujve në kitarën elektrike (fig.4.10).

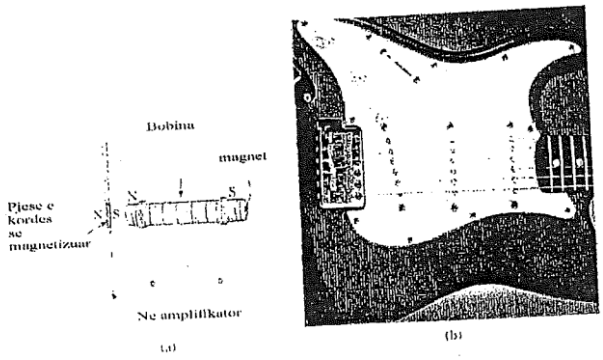


Figura 4.10. Prodhimi i tingujve në kitarën elektrike

Një bobinë që luan rolin e sensorit vendoset afër një kordë të kitarës. Çdo kordë përbëhet nga material që mund të magnetizohet. Brenda bobinës gjendet një magnet permanent, i cili magnetizon pjesën e kordës që ndodhet më afër bobinës. Kur korda vibron me një farë frekuence, segmenti i magnetizuar prodhon një ndryshim të fluksit magnetik që përshkon bobinën. Ndryshimi i fluksit prodhon një f.e.m. në bobinë, e cila çohet në një amplifikator. Dalja e amplifikatorit është e lidhur me altopërlantin që prodhon valët zanore, të cilat i dëgjojmë ne.

4.5.2. Forca elektromagnetike në qarqet në lëvizje

Pamë lindjen e f.e.m. të induktuar nga një fushë magnetike e ndryshueshme, kur qarku është në lëvizje. Tani do të shqyrtojmë rastin e lindjes së f.e.m. të induktuar nga një fushë magnetike konstante, kur përcjellësi është në lëvizje. Le të shqyrtojmë një përcjellës vijëdrejtë me gjatesi 1 (fig.4.11), i cili leviz në një fushë magnetike uniforme që hyn në planin e figurës. Për thjeshtësi do të supozojmë që përcjellësi nën veprimin e një force të jashtme, lëviz me një shpejtësi konstante pingul me fushën.

Mbi elektronet e përcjellësit vepron forca $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$, që është e drejtuar gjatë 1 dhe është pingule si me $\vec{v}$ ashtu dhe me $\vec{B}$. Nën veprimin e kësaj force, elektronet lëvizin drejt skajit të poshtëm të përcjellësit dhe grumbullohen aty, duke lënë në skajin tjetër të sipërm të përcjellësit një ngarkesë pozitive. Si rezultat i kësaj ndarje të ngarkesave, në përcjellës prodhohet një fushë elektrike. Ngarkesat në skajet e përcjellësit vazhdojnë derisa forca magnetike qvB të barazohet me forcën elektrike qE. Në bazë të kushteve të ekuilibrit shkruajmë:

$$qE = qvB \qquad \text{ose} \qquad E = vB$$

Fusha elektrike që shfaqet në përcjellës lidhet me diferencën e potencialeve në skajet e përcjellësit me relacionin $\Delta V = El$. Duke zëvendësuar$E$ nga barazimi mësipërm kemi:

$$\Delta V = El = Bvl \qquad (4.6)$$

ku ekstremi i sipërm ka potencial më të lartë se ai i poshtmi.

Pra kur një përcjellës lëviz në një fushë magnetike, në skajet e tij lind një diferencë potencialesh. Në qoftë se ndryshon drejtimi i lëvizjes, ndryshon edhe polariteti i diferencës së potencialeve. Është me interes rasti kur përcjellësi është pjesë e një qarku të mbyllur. Për këtë le të shikojmë një qark të përbërë nga një shufër përcjellëse me gjatësi l që rrëshqet mbi dy udhëzues përcjellës të fiksuar dhe paralel, si në figurën 4.12.a.

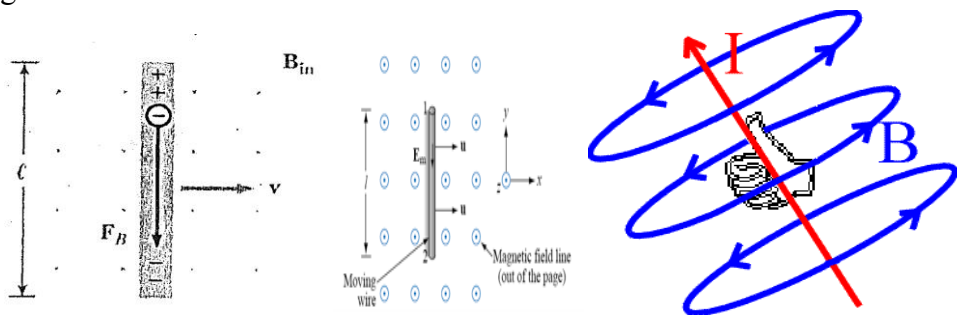


Figura 4.11. Përcjellës vijëdrejtë me gjatësi l, i cili lëviz në një fushë magnetike uniforme

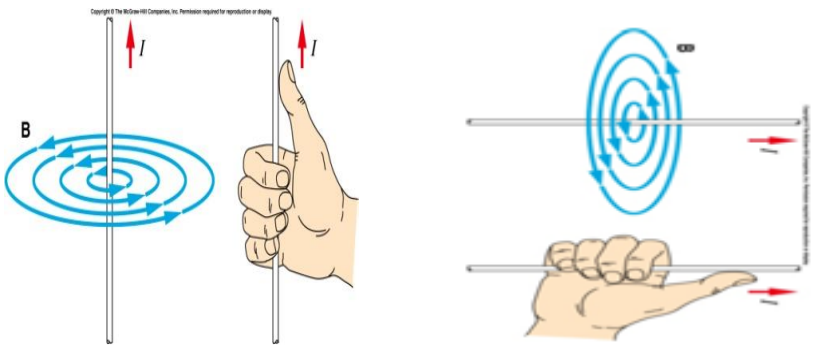


Figura 4.12. Shufër përcjellëse me gjatësi l që rrëshqet mbi dy udhëzues përcjellës të fiksuar dhe paralel

Supozojmë se shufra lëviz pa rezistencë dhe pjesa fikse e qarkut ka rezistencë R. Fusha magnetike uniforme dhe konstante është pingule me planin e qarkut. Kur mbi

shufër ushtrohet një forcë F në drejtimin djathtas me shpejtësi v, ngarkesat e lira të shufrës do të ndodhen nën veprimin e forcës magnetike, e cila është e drejtuar gjatë shufrës. Nga moment që ngarkesat fillojnë të lëvizin, në qark do të kemi një rrymë të induktuar.

Ndryshimi i fluksit magnetik nëpër qark dhe f.e.m. e induktuar në skajet e shufrës janë në përpjestim të drejtë me sipërfaqen e qarkut. Kur shufra lëviz djathtas me shpejtësi konstante, puna e kryer nga forca e zbatuar shfaqet si energji e brendshme në rezistencën R të qarkut. Në një çast sipërfaqja është lx dhe fluksi magnetik që e përshkon është $\Phi = Blx$. Duke përdorur ligjin e Faradeit dhe duke patur parasysh që $\frac{dx}{dt} = v$ gjejmë f.e.m. të induktuar:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt} \quad (4.7)$$

$$\varepsilon = -Blv \quad (4.8)$$

Intensiteti i rrymës së induktuar është:

$$I = \frac{|\varepsilon|}{R} = \frac{Blv}{R} \quad (4.9)$$

Figura 4.12.b paraqet qarkun ekuivalent të eksperimentit të mësipërm. Duke qenë se në qark nuk ka asnjë bateri lind pyetja: cili është burimi i kësaj rryme dhe i energjisë elektrike të sistemit?

Është e qartë se burimi i kësaj rryme dhe i energjisë është forca e aplikuar, që duke i lëvizur ngarkesat në fushën magnetike kryen punë mbi shufrën. Lëvizja e ngarkesave në fushën magnetike, bën që ato të lëvizin edhe gjatë shufrës me një shpejtësi të drejtuar dhe në këtë rast lind një rrymë.

Në bazë të ligjit të ruajtjes së energjisë, puna e kryer nga forca e ushtruar në shufër në një farë intervali kohe, duhet të jetë e barabartë me energjinë elektrike që në të njëjtin interval kohe, f.e.m. e induktuar do të furnizojë qarkun. Pra puna e kryer nga forca e zbatuar në shufër do të jetë e barabartë me energjinë elektrike në rezistencën R në të njëjtin interval kohe. Kur shufra lëviz në fushën magnetike uniforme $\vec{B}$, mbi të do të veprojë forca magnetike me madhësi IlB

Kahu i kësaj force do të jetë i kundërt me atë të lëvizjes së shufrës, d.m.th. majtas (fig.4.12.a). Në se shufra lëviz me shpejtësi konstante, forca e aplikuar do të jetë e barabartë në madhësi por me kahe të kundërt me forcën magnetike d.m.th. djathtas. Në bazë të ekuacionit (4.9) dhe faktit që $F_{aplikuar} = IlB$, fuqia e forcës së aplikuar do të jetë:

$$N = F_{aplikuar} \cdot v = (IlB)v = \frac{B^2 l^2 v^2}{R} = \frac{\varepsilon^2}{R} \quad (4.10)$$

Pra, fuqia është e barabartë me atë që çlirohet në rezistencën R d.m.th. I^2R. Kjo është e barabartë edhe me fuqinë I_ε që jep f.e.m. e induktuar në qark. Ky është një shembull i qartë i shndërrimit të energjisë mekanike në energji elektrike dhe pastaj në energji të brendshme të rezistencës.

4.5.3. Ligji i Lencit

Në vitin 1834, 3 vjet pas zbulimit të ligjit të induksionit nga Faradei, Lenc shpalli rregullin që përcakton drejtimin e një rryme të induktuar në një spirë të mbyllur përcjellëse. Ky rregull njihet me emrin ligji i Lencit dhe formulohet: **Rryma e induktuar në një spirë përcjellëse të mbyllur, ka një drejtim të tillë që të kundërshtojë shkakun që e krijoi; ose: Polariteti i f.e.m. të induktuar është i tillë që fluksi i rrymës së krijuar prej tij, të kundërshtojë ndryshimin e fluksit nëpër sipërfaqen që kufizohet ngaspira përcjellëse me rrymë**.

Pikërisht shenja minus në ligjin e Faradeit shpreh faktin e kundërshtimit të shkakut që krijon rrymën e induktuar. Duke patur parasysh që spira përcjellëse është e mbyllur, është më saktë të themi rrymë e induktuar se sa f.e.m. e induktuar, sepse kjo e fundit nënkupton që spira është e hapur.

Për të kuptuar ligjin e Lencit, le t'ju referohemi eksperimenteve të para të Faradeit. Meqenëse një spirë me rrymë gjeneron një fushë magnetike, atëherë ajo ka një pol veri dhe një pol jug. Si për spirën ashtu edhe për magnetin, poli veri i korespondon zonës, ku dalin vijat e forcës së fushës magnetike.

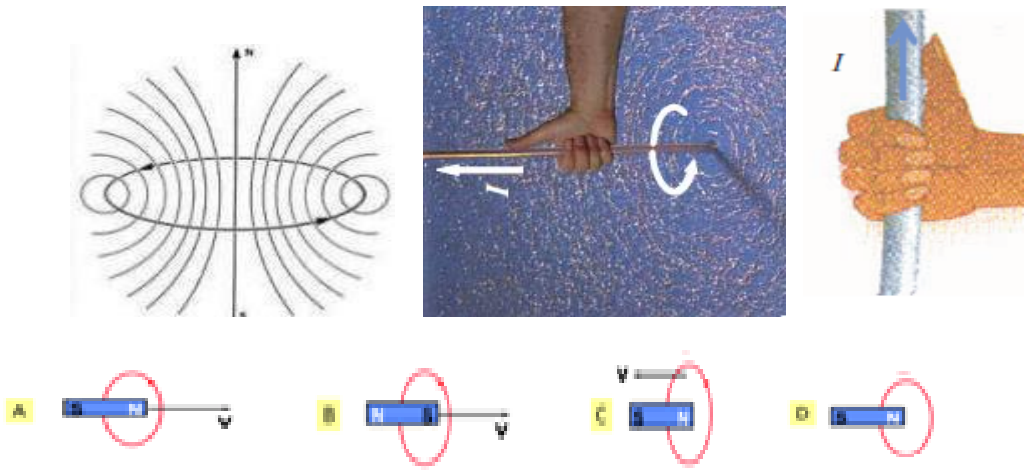


Figura 4.13. Magneti largohet nga spira, rryma e induktuar

Duke iu referuar formulimit të thjeshtë të ligjit të Lencit, në rastin kur në një qark të mbyllur lind rrymë elektrike gjatë afrimit të një magneti, atëherë rryma ka një drejtim të tillë që të kundërshtojë shkakun që e krijoi, pra të kundërshtojë afrimin e magnetit. Në qoftë se spira në figurën 4.13.a duhet të kundërshtojë afrimin e magnetit që e ka polin veri drejt sipërfaqes së spirës, duhet që poli veri i spirës të jetë drejtuar drejt magnetit, kështu që të dy polet, të spirës dhe të magnetit do të shtyhen.

Pra, duke iu referuar ligjit të Lencit, afrimi i magnetit është ndryshimi që gjeneron rrymën e induktuar dhe kjo rrymë duhet të kundërshtojë këtë afrim. Nëse magneti largohet nga spira, rryma e induktuar duhet që tashmë të kundërshtojë largimin dhe për këtë poli veri i spirës është i drejtuar drejt magnetit (polit veri), prandaj drejtimi i rrymës në spirë tashmë është i kundërt.

Ligji i Lencit mund të interpretohet edhe duke u nisur nga paraqitja grafike e fushës magnetike me anë të vijave të forcës. Nga ky këndvështrim ndryshimit që i referohet ligji i Lencit është rritja e fluksit Φ_B nëpër spirë, që shkaktohet nga afrimi i magnetit.

Fluksi rritet sepse me afrimin e magnetit drejt spirës, densiteti i vijave të forcës rritet dhe spira përshkohet nga një numër më i madh spirash. Rryma e induktuar I e kundërshton këtë ndryshim duke krijuar fushën e vet $\overrightarrow{B_i}$, që kundërshton rritjen e fluksit.

Fusha magnetike e indiktuar nuk kundërshton në thelb fushën magnetike të magnetit; ajo kundërshton ndryshimin e kësaj fushe, që në këtë rast është rritja e fluksit magnetik nëpër spirë. Nëse largohet magneti, fluksi Φ_B nëpër spirë zvogëlohet dhe fusha magnetike e induktuar kundërshton tashmë këtë zvogëlim të Φ_B (d.m.th. ndryshimin), duke forcuar fushën magnetike.

4.5.4. Fusha elektrike e induktuar

Dimë që një fluks magnetik i ndryshueshëm prodhon në një spirë përcjellëse një f.e.m. dhe një rrymë të induktuar, pra eshte burim I rrymave bredhese neper percjelles apo hapsir te tjera. **Kjo gjë, njëkohësisht do të thotë se në përcjellëspër shkak të** ndryshimit të fluksit magnetik, lind një fushë elektrike. Fusha elektrike e induktuar ka dy karakteristika të rëndësishme, që e dallojnë nga fusha elektrike e krijuar nga ngarkesat elektrike stacionare. Fusha elektrike e induktuar nuk është konservative dhe mund të ndryshojë me kohën. Për këtë le të shikojmë një spirë rrethore përcjellëse me rreze r, që ndodhet në një fushë magnetike uniforme, pingul me planin e spirës.

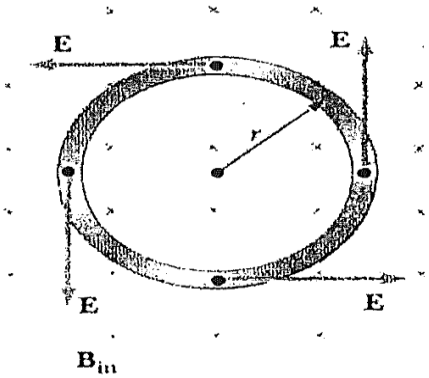


Figura 4.14. Spirë rrethore përcjellëse me rreze r, që ndodhet në një fushë magnetike uniforme, pingul me planin e spirës

Nëse fusha magnetike ndryshon me kohën, atëherë në spirë në përputhje me ligjin e Faradeit do të induktohet një f.e.m. $\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$. Rryma e induktuar tregon se në spirë duhet të jetë e pranishme një fushë elektrike E, që duhet të jetë tangent në çdo pikë të spirës sepse për simetri, të gjitha pikat e spirës janë ekuivalente. Puna e nevojshme për të zhvendosur ngarkesën provë q, një xhiro të plotë gjatë spirës. Meqenëse forca elektrike që vepron mbi ngarkesën është $q\varepsilon$, puna e kryer mbi ngarkesën në një xhiro do të jetë $qE(2\pi r)$, ku $2\pi r$ është gjatësia e spirës. Të dy shprehjet për punën janë të barabarta, prandaj do të kemi:

$$q\varepsilon = qE(2\pi r), \text{ që nga: } E = \frac{\varepsilon}{2\pi r}$$

Nga ky rezultat dhe nga ekuacioni 4.3 (ligji i Faradeit) gjejmë që fusha elektrike e induktuar është:

$$E = -\frac{1}{2\pi r}\frac{d\Phi_B}{dt} \quad (4.11)$$

Por, fluksi $\Phi_B = BS = \pi r^2 B$ duke zëvendësuar ne (4.11), do te kemi:

$$E = -\frac{1}{2\pi r}\frac{d(\pi r^2 B)}{dt} = -\frac{1}{2\pi r}\pi r^2\frac{dB}{dt} = -\frac{r}{2}\frac{dB}{dt} \quad (4.12)$$

Formula (4.12) shpreh lidhjen midis fushës elektrike E dhe asaj magnetike B. Nëse njihet se si fusha magnetike në lidhje me kohën, formula (4.12) na lejon të llogarisim fushën elektrike. Shenja minus tregon përsëri, që fusha elektrike e induktuar e kundërshton ndryshimin e fushës magnetike. F.e.m. e induktuar për çdo rrugë të mbyllur shprehet me integralin linear $\oint \vec{E} \cdot d\vec{S}$ për rrugën e mbyllur. Në përgjithësi,

mund të mos jetë konstante dhe rruga mund të mos jetë rrethore. Në formë më të përgjithshme ligji i induksionit të Faradeit ($\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$) mund të shkruhet:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = -\frac{\Phi_B}{dt} \quad (4.13)$$

Ligji i Faradeit në formë të përgjithshme Kjo është forma e ligjit të Faradeit, që përfshihet në sistemin e ekuacioneve të Maksuellit mbi elektromagnetizmin. Në vlerësimet që bëmë, ne iu referuam një spire përcjellëse në figurën 4.15. Është e rëndësishme të theksojmë se fusha elektrike e induktuar ekziston edhe nëse nuk ka një unazë përcjellëse. Unazën përcjellëse mund ta zëvendësojmë me një rreth imagjinar me rreze r. Njëlloj si në figurën 4.14 intensiteti i fushës elektrike do të jetë tangent me rrethin imagjinar në çdo pikë.

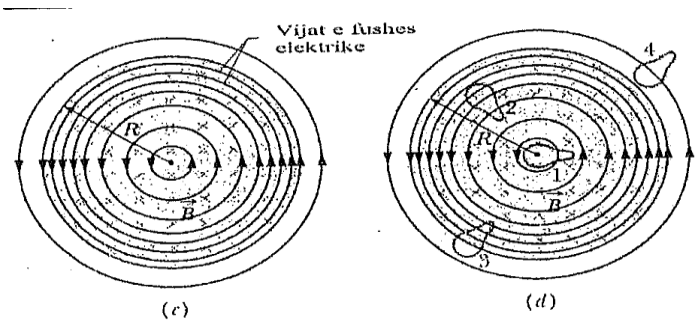


Figura 4.15. Ekzistenca e fushes elektrike të induktuar edhe nëse nuk ka një unazë përcjellëse.

Pra, vijat e forcës së fushës elektrike të krijuar nga ndryshimi i fushës magnetike përbejnë një bashkësi rrathësh koncentrik si në figurën 4.15. Për sa kohë fusha magnetike rritet me kohën, do të kemi të pranishme një fushë elektrike që paraqitet me anë të vijave të forcës si në figurën 4.15a. Nëse fusha magnetike ngelet konstante me kohën, nuk do te kemi fushë elektrike të induktuar, as vija force të fushës elektrike. Nëse fusha magnetike zvogëlohet me kohën, vijat e forcës së fushës elektrike do të jenë përsëri rrathë koncentrike si në figurën 4.15 b, por me kahe të kundërt.

Ligji i Faradeit në formën e shprehur nga ekuacioni (4.13) zbatohet për çdo vijë të mbyllur të hequr në fushen magnetike të ndryshueshme. Figura 4.16b paraqet 4 vija të tilla që kanë të njëjtën formë dhe të njëjtën sipërfaqe, 99pire99 vendosura në pozicione të ndryshme të fushës magnetike të ndryshueshme. Për rrugët 1 dhe 2, f.e.m. e induktuar $\varepsilon = \oint \vec{E} \cdot d\vec{S}$ është e njëjtë, sepse këto rrugë gjenden plotësisht të zhytyra në fushën magnetike dhe kanë të njëjtën vlerë të $\frac{d\Phi_B}{dt}$. Por, edhe pse f.e.m. është e njëjtë për këto dy rrugë, shpërndarja e vektorëve të fushës elektrike rreth këtyre rrugëve

është e ndryshme. Për vijën 3 f.e.m. e induktuar është më e vogël sepse shtohet pjesërisht në këtë 100pir dhe për vijën 4 f.e.m. e induktuar është zero edhe pse fusha elektrike nuk është zero asnjë 100pir të vijës.

Fushat elektrike të induktuara nuk janë të krijuara nga ngarkesat elektrike statike, por nga një fluks 100pire100va I ndryshueshëm. Edhe pse fushat elektrike të prodhuara në një mënyrë ose në një tjetër ushtrojnë forca të barabarta mbi ngarkesat elektrike, ka një ndryshim të rëndësishëm midis tyre. Prova më e qartë e këtij ndryshimi është që vijat e 100pire100 së fushave elektrike të induktuara janë të mbyllura, 100pire figurën 4.15a.

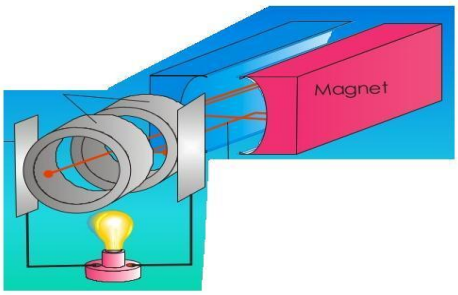
Vijat e 100pire100 së fushës elektrike të prodhuar nga ngarkesat elektrike statike nuk janë kurrë të mbyllura, por dalin nga ngarkesat 100pire100va dhe përfundojnë në ngarkesat negative.

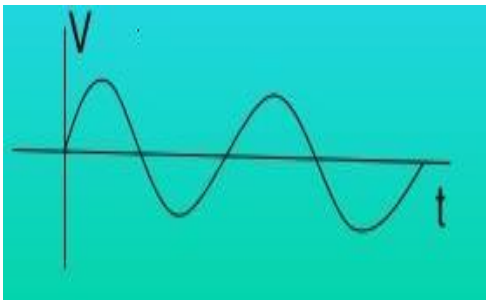
Më saktë mund të themi: **Potenciali elektrik ka kuptim vetëm për fushat elektrike të prodhuara nga ngarkesat elektrike statike dhe nuk ka asnjë kuptim për fushat elekrike që prodhohen me anë të induksionit. Fusha elektrike e induktuar, e prodhuar nga një fushë magnetike e ndryshueshmeështë jo 100pire100vative**.

4.6. Zbatime të ligjit të induksionit të Faradeitmbi lindjen e rrymave

4.6.1. Gjeneratori i rrymës alternative.

Është një paisje që shërben për të prodhuar energji elektrike. Në këtë dispozitiv ndodh shndërrimi i energjisë mekanike në energji elektrike. Në formën më të thjeshtë gjeneratori përbëhet nga një 100pire përcjellëse, e zhytyr në një fushë magnetike, e cila vihet në rrotullim me anë të një force të jashtme (fig.4.16).





(a) **(b)**

Figura 4.16. Ndërtimi i gjeneratorit

Në centralet elektrike, energjia e nevojshme për të vënë në lëvizje spirën mund të merret nga burime të ndryshme. Për shembull, në një hidrocentral, uji që bie mbi

fletët e turbinës, i vë ato në lëvizje rrotulluese; energjia e çliruar nga djegia e qymyrit, shërben për të kthyer ujin në avull, i cili vë në lëvizje fletët e turbinës.

Kur një spirë rrotullohet në një fushë magnetike, fluksi magnetik që përshkon spirën ndryshon me kohën, prandaj në bazë të ligjit të Faradeit, induktohet në spirë një f.e.m. dhe një rrymë elektrike. Skajet e spirës lidhen në një unazë metalike (kolektori) që rrotullohet me spirën dhe lidhja me një qark të jashtëm bëhet me anë të forcave të fiksuara që rrëshqasin mbi kolektorët. Në vend të spirës, marrim një bobinë me N spira, të gjitha me sipërfaqe S, që rrotullohen me shpejtësi këndore ω. Nëse këndi midis drejtimit të fushës magnetike dhe drejtimit të normales me sipërfaqen e spirës është θ, atëherë fluksi magnetik që përshkon spirën në një çast t është:

$$\Phi_B = BScos\theta = BScos\omega t$$

F.e.m. e induktuar në bobinë do të jetë

$$\varepsilon = -\frac{Nd\Phi}{dt} = -NBS\frac{d}{dt}(cos\omega t) = NBS\omega sin\omega t \quad (4.14)$$

Pra f.e.m. ndryshon në mënyrë sinusoidale me kohën (fig.4.16 b). Vlera maksimale e f.e.m. është:

$$\varepsilon_{max} = NBS\omega \quad (4.15)$$

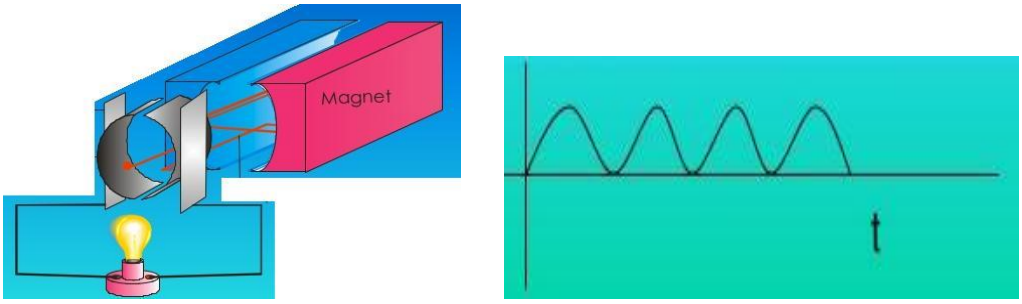
Kjo vlerë arrihet kur $\omega t = 90^{\circ}$ose 270°. Pra $\varepsilon = \varepsilon_{max}$, kur fusha magnetike rrëshqet në planin e bobinës edhe ndryshimi i fluksit në njësinë e kohës është maksimal. F.e.m. është zero, kur $\omega t = 0$ose 180°, d.m.th. kur$B$ është pingul me planin e bobinës dhe fluksi është zero. Frekuenca që përdoret në impiantet elektrike është 50 H_z në Europë dhe60 H_z në ShBA dhe në Kanada ($\omega = 2\pi v$, ku v është frekuenca në H_z)

4.6.2. Gjeneratori i rrymës së vazhduar.

Këta tipe gjeneratorësh përdoren p.sh., për rikarikimin e baterive të automobilave të tipit të vjetër. Komponentët përbërës janë njëlloj si në gjeneratorin e rrymës alternative, me përjashtim të kolektorit që përbëhet nga një unazë e ndarë në dy pjesë, komutatori (fig.4.17).

Në këtë konfiguracion, tensioni i daljes ka gjithmonë të njëjtin polaritet dhe rryma është pulsante si në figurën 4.17b. Arsyeja e kësaj ecurie të rrymës është se, çdo gjysmë xhiro të dy prerjet e kolektorit ndryshojnë rolin e tyre. Njëkohësisht ndryshon polariteti i f.e.m. të induktuar.

Pra, polariteti i çdo kolektori (që është i njëjtë me atë të tensionit të daljes) ngelet i njëjtë. Një rrymë pulsante nuk është gjithmonë e përshtatshme për përdorime. Për të prodhuar një rrymë praktikisht të vazhduar në gjeneratorët, përdoren më shumë spira të lidhura në një sistem kolektorësh dhe komutatorësh, në mënyrë të tillë që impulset e tensionit të spirave të ndryshme janë të sfazuara midis tyre. Kur mblidhen të gjithë këto impulse, tensioni i daljes është praktikisht i vazhduar.



(a) (b)

Figura 4.17. Tipi i gjeneratorit ku kolektori përbëhet nga një unazë e ndarë në dy pjesë, komutatori

4.6.3. Motorët elektrikë.

Janë paisje elektrike, që kthejnë energjinë elektrike në energji mekanike. Në thelb një motor është një gjenerator, i përdorur në kahe të kundërt. Në vend që të gjenerojë një rrymë duke rrotulluar një spirë, është çifti i forcave që vepron mbi spirën e përshkuar nga rryma që e vë në rrotullim.

Duke lidhur pllakën rrotulluese në një dispozitiv të jashtëm, është e mundur që të fitohet punë mekanike e dobishme. Kur spira rrotullohet, fluksi magnetik i ndryshueshëm indukton në spirë një forcë elektromotore dhe kjo f.e.m. tenton gjithmonë të zvogëlojë rrymën në spirë. Kjo forcë kundër elektromotore rritet me rritjen e shpejtësisë së rrotullimit të spirës. Meqenëse diferenca e potencialeve që bën qarkullimin e rrymës në spirë është e barabartë me diferencën midis f.e.m. që jep gjeneratori dhe forcës kundër elektromotore, rryma në spirë kufizohet nga forca kundër elektromotore nuk është e pranishme dhe rryma duke qenë që kufizohet vetem nga rezistenca është shumë e lartë. Kur spira fillon të rrotullohet, forca kundër elektromotore i kundervihet tensionit te aplikuar dhe rryma zvogelohet.

Në qoftë se ngarkesa mekanike rritet, motori ngadalësohet, gjë që zvogëlon forcën kundër elektromotore. Kjo sjell në anën e vet një rritje të rrymës në spirë dhe në rritje të fuqisë të absorbuar nga gjeneratori i jashtëm. Për këtë arsye, fuqia e kërkuar për të nisur një motor elektrik dhe për ta mbajtur në lëvizje është më e madhe në rastin e ngarkesave të mëdha se në atë të ngarkesave të vogla.

Përkundrazi motori punon pa ngarkesë mekanike, forca kundër elektromotore zvogëlon rrymën në një vlerë të tillë që të kompensojë humbjet e energjisë për shkak të fërkimit dhe efektit Xhaul. Nëse një ngarkesë shumë e fortë bllokon motorin, mungesa e një force kundër elektromotore mund ta çojë rrymën në fijet e motorit në vlera të larta shumë të rezikshme. Në qoftë se nuk ndërhyhet motori mund të përfshihet nga flakët

4.6.4. Rrymat bredhëse (parasite).

Ashtu siç lind rrymë dhe f.e.m. e induktuar në një qark përcjellës, ashtu ndodh edhe me një cope metal, që lëviz brenda një fushe magnetike. Brenda metalit do të shfaqen rryma të induktuara që quhen rryma parazite. Ky efekt mund të vërehet me lehtësi me anë të eksperimentit me një lavjerrës, i cili përbëhet nga një pllakë metalike bakri ose alumini të varur në një fije të ngurtë, që lëkundet në një fushë magnetike si në figurën 4.18.

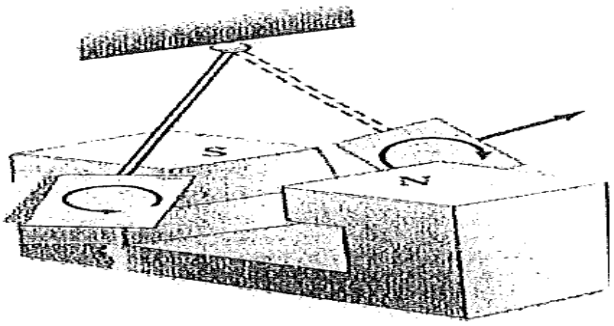


Figura 4.18. Lavjerrësi, i cili përbëhet nga një pllakë metalike bakri ose alumini të varur në një fije të ngurtë, që lëkundet në një fushë magnetike

Kur pllaka hyn në fushën magnetike, ndryshimi i fluksit prodhon në brendësi të pllakës një f.e.m. të induktuar, që vë në lëvizje elektronet e përcjellshmërisë së metalit duke prodhuar shtjella të rrymave parazite. Në bazë të ligjit të Lencit, kahu i këtyre rrymave është i tillë që të kundërshtojë shakun që i krijoi. Për këtë arsye rrymat parazite krijojnë në pllakë pole magnetike, që shtyhen me polet e magnetit që krijojnë fushën, duke dhënë kështu një forcë shtytëse, e cila kundërshton lëvizjen e lavjerrësit. Kjo mund të vërehet në qoftë se ne perpiqemi të tërheqim fletën e bakrit ose të aluminit nga fusha magnetike.

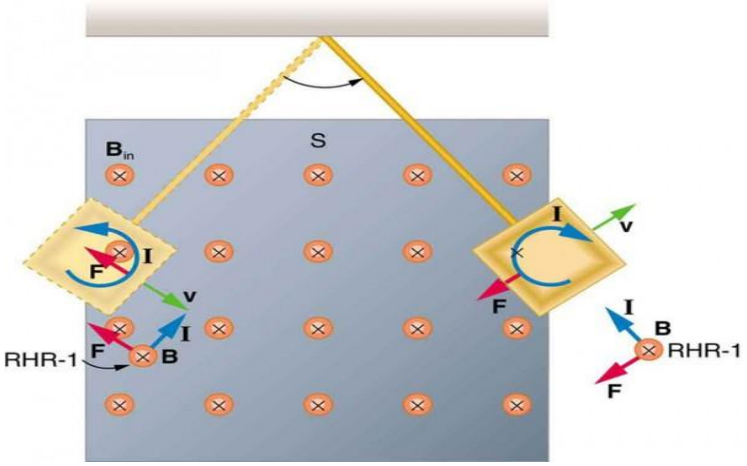


Figura 4.19. Fusha magnetike *B* hyn në planin e figurës dhe kur pllaka lëkundet brenda fushës magnetike në pozicionin 1, rrymat parazite që lindin kanë kahun antiorar

Do të ndjejmë në dorën tonë efektin e kësaj force frenuese. Në figurën 4.19 fusha magnetike *B* hyn në planin e figurës dhe kur pllaka lëkundet brenda fushës magnetike në pozicionin 1, rrymat parazite që lindin kanë kahun antiorar. Kjo ndodh sepse fluksi i jashtëm që hyn në planin e figurës rritet dhe sipas ligjit të Lencit, rryma e induktuar duhet të gjenerojë një fluks dalës (nga plani i figurës). Përkundrazi, kur pllaka del nga fusha në pozicionin 2, rryma do të ketë kahun orar.

Rrymat parazite shkaktojnë gjithmonë një forcë frenuese dhe në fund lavjerrësi ndalet. Në qoftë se bëhen disa prerje në pllakë si ne figurën 4.19, rrymat parazite dhe forcat frenuese zvogëlohen shumë. Është e kuptueshme që kjo ndodh sepse prerjet në pllakë pengojnë formimin e unazave të rrymave parazite. Sistemi frenues, i montuar në shumë trena shfrytëzon induksionin elektromagnetik dhe rrymat parazite. Një elektromagnet vendoset afër rrotave (zakonisht një solenoid me bërthamë hekuri). Për të frenuar, lëshohet një rrymë e lartë në elektromagnet.

Lëvizja e magnetit në lidhje me rrotat, shkakton në këto të fundit rryma parazite, të cilat në anën e vet prodhojnë forcën frenuese mbi trenin në lëvizje. Meqenëse rrymat parazite zvogëlohen progresivisht me zvogëlimin e shpejtësisë së trenit, efekti i frenimit është shumë i butë. Sisteme të amortizimit që përdoren në rrymat parazite përdoren edhe në disa peshore si dhe në tipe të ndryshme makinash.

Në shumë raste rrymat parazite janë të padëshirueshme sepse shërbejnë për të shndërruar energjinë mekanike në energji të brendshme. Për të zvogëluar këto humbje të energjisë pjesët percjellëse të levizshme shpesh janë të petëzuara, ku shtresat përcjellëse ndahen midis tyre nga shtresa izoluese si vernik ose okside.

Ky shtresëzim rrit rezistencën elektrike ndaj rrymave të mundëshme parazite. Kjo strukturë përdoret në bërthamat e transformatorëve dhe motorëve, për të zvogëluar në minimum rrymat parazite, duke rritur në këtë mënyrë efektivitetin e këtyre paisjeve.

4.7. Induktiviteti

Dimë se kondensatori mund të përdoret në mënyrë të përshtatshme për të krijuar në mënyrë të përshtatshme një fushë elektrike në një zonë të përcaktuar të hapësirës. Si përfaqësues më tipik është kondensatori me pllaka paralele. Në mënyrë të ngjashme mund të përdoret një bobinë, që mund ta quajmë induktor, si paisje që mund të përdoret në mënyrë të përshtatshme për të krijuar një fushë magnetike në një zonë të përcaktuar të hapësirës. Si përfaqesues tipik mund të merret një solenoid (bobinë) i gjatë, me saktë zona afër qendrës së solenoidit. Kjo anologji mund të shprehet:

4.7. 1. Induktori për fushën magnetike si kondensatori për fushën elektrike.

Simetria, paralelizimi dhe ekuivalenca përdoren shumë në fizikë si nga pikëpamja praktike, sepse mund të bazohemi në njohurite e fituara. Kështu energjia grumbullohet në fushën magnetike të një induktori (bobinë), njëlloj si grumbullohet energjia në fushën elektrike të një kondensatori. Në qoftë se ngarkojmë pllakat e kondensatorit me një ngarkesë $\pm q$, midis pllakave do të kemi një diferencë potenciali V dhe atëherë kapaciteti i kondensatorit është:

$$C = \frac{q}{V} \text{ (kapaciteti i kondensatorit)} \quad (4.16)$$

Në qoftë se në spirat e një induktori (bobine) kalon një rrymë me intensitet I, në çdo spirë do të krijohet një fluksΦ, atëherë induktiviteti i bobinës përkufizohet:

$$L = \frac{N\Phi}{I} \text{ (induktiviteti i induktorit)} \quad (4.17)$$

Ku N është numri i spirave dhe $N\Phi$ është fluksi magnetik. Meqenëse në sistemin SI njësia e fluksit është $tesla \times m^2$, gjejmë që njësia e induktivitetit është:

$$L = T \cdot \frac{m^2}{A} = 1H(Henri)$$

Njësia quhet henri për nder të fizikanit amerikan Joseph Henry, i cili ka kontribuar në formulimin e ligjit të induksionit, njëkohësisht me Faradein. Do të supozojmë që induktorët nuk kanë në afërsi të tyre material magnetik si p.sh. hekur. Në rast të kundërt do të ndryshonte fusha magnetike, pra edhe induktiviteti

Induktiviteti i një solenoidi. Le të shqyrtojmë induktivitetin e njësisë së gjatësisë së një solenoidi me sipërfaqe të prerjes tërthore të barabartë me S, afër qendrës së tij. Për këtë në bazë të (4.17) duhet të llogaritim fluksin e induktuar nga rryma në spirat e solenoidit. Në qoftë se l është gjatësia e solenoidit afër qendrës dhe n është numri i spirave për njësi të gjatësisë, atëherë fluksi magnetik i krijuar do të jetë:

$$N\Phi = (\mathrm{nl})\mathrm{BS} \quad (4.18)$$

ku B është fusha magnetike në qendër të solenoidit. Në bazë të ekuacionit të fushës magnetike të solenoidit është:

$$\mathrm{B} = \mu_0 n i$$

Duke zëvendësuar B në ekuacionin (4.18) dhe këtë të fundit në (4.17) do të kemi:

$$L = \frac{N\Phi}{i} = \frac{(nl)BS}{i} = \frac{(nl)(\mu_0 in)(S)}{i} = \mu_0 n^2 lS \quad (4.19)$$

Në bazë të (4.19), induktiviteti për njësi të gjatësisë është:

$$\frac{L}{l} = \mu_0 n^2 S \quad \text{(induktiviteti për njësi të gjatësisë)} \quad (4.20)$$

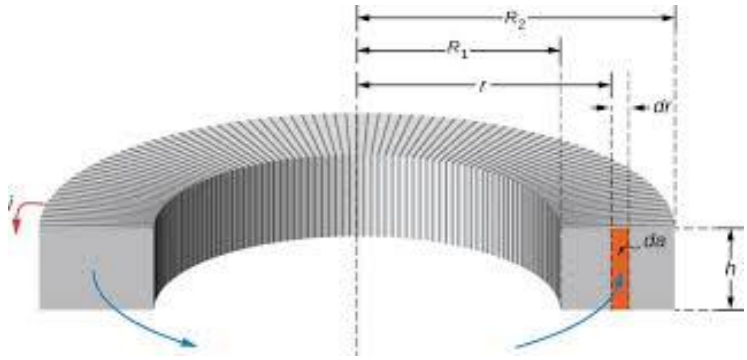


Figura 4.20. Prerja tërthore drejtkëndore e një toroidi me N spira dhe me përmasa të caktuar

Induktiviteti, ashtu si edhe kapaciteti i kondensatorit varet vetëm nga faktorë gjeometrikë. Ekuacioni (4.19) është i vërtetë, kur solenoidi është shumë i gjatë në

krahasim me rrezen e tij. Në saje të këtij përafrimi mund të mospërfillet zgjërimi i vijave të fluksit të fushës magnetike në skajet e solenoidit, ashtu si edhe në rastin e kondensatorit ($C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$) neglizhohet zgjerimi i vijave të fushës elektrike në afërsi të ekstremeve të pllakave të kondensatorit. Induktiviteti i një toroidi. Në figurën 4.21 paraqitet prerja tërthore drejtkëndore e një toroidi me N spira dhe me përmasa si në figurë.

Për të përcaktuar induktivietin, së pari duhet të llogaritim fluksin e krijuar nga rryma e solenoidit dhe për këtë duhet të dimë si është fusha magnetike brenda toroidit në varësi të rrymës në spira. Në bazë të ekuacionit te induksioni i fushës magnetike të toroidit është:

$$B = \frac{\mu_0 N i}{2\pi r}$$

Ku i është rryma që qarkullon në spirat e toroidit. Nëse sipërfaqja elementare është $dS = hdr$ (shiko figurën), dhe fluksi elementar $d\Phi = B(hdr)$, duke integruar gjejmë:

$$\Phi = \varepsilon_L = -\frac{d(n\Phi)}{dt}\int BdS = \int_a^b B(hdr) = \int_a^b \frac{\mu_0 N i}{2\pi r} hdr = \frac{\mu_0 N i h}{2\pi r}\int_a^b \frac{dr}{r} = \frac{\mu_0 N i h}{2\pi} ln\frac{b}{a} \quad (4.21)$$

Në bazë të (4.17) dhe (4.21) induktiviteti do të jetë:

$$L = \frac{N\Phi}{l} = \frac{\mu_0 i h N^2}{2\pi i} ln\frac{b}{a} \text{ose} L = \frac{N\Phi}{l} = \frac{\mu_0 h N^2}{2\pi} ln\frac{b}{a} \quad (4.22)$$

Pra, duket që edhe këtu induktiviteti varet vetëm nga faktorët gjeometrik dhe nga katrori i numrit të spirave.

4.7.2. Autoinduksioni

Nëse dy bobina, që po i quajmë induktor, ndodhen afër njëra tjetrës dhe në njërën bobinë kalon rryma i, atëherë do të krijohet një fluks magnetik Φ që përshkon edhe bobinën e dytë. Siç pamë ndryshimi i fluksit në bobinën e dytë shkakton lindjen e një force elektromotore të induktuar, në përputhje me ligjin e Faradeit. Por, edhe në qoftë se në qark kemi vetëm një bobinë dhe ndryshon intensiteti i rrymës që kalon në këtë bobinë, do të kemi një ndryshim të fluksit magnetik që përshkon vet bobinën. **Kështu, në bazë të ligjit të Faradeit duhet të kemi lindjen e një force elektromotore ε_L, e cila me që lind në vet bobinën, quhet f.e.m. e autoinduksionit**

ose forcë kundër elektromotore, që i bindet ligjit të Faradeit njëlloj si f.e.m. të tjera të induksionit.

Rryma në një bobinë mund të ndryshohet, duke lëvizur kursorin e reostatit në figurën 4.21, ose në momentin e takimit dhe stakimit të rrymës. Për çdo induktor, bazuar në shprehjen 4.17 mund të shkruajmë:

$$N\Phi = Li \quad (4.23)$$

Në bazë të ligjit të Faradeit për f.e.m., shkruajmë

$$\varepsilon_L = -\frac{d(n\Phi)}{dt} \quad (4.24)$$

Duke krahasuar barazimet (4.23) dhe (4.24) do të kemi

$$\varepsilon_L = -L\frac{di}{dt} \quad (4.25)$$

Pra në çdo induktor (bobinë, solenoid, ose toroid) do të lindë një f.e.m. e autoinduksionit, sa herë që rryma ndryshon me kohën. Vlera absolute e rrymës nuk ka ndikim në vlerën absolute të f.e.m. të induktuar; rëndësi ka vetëm shpejtësia e ndryshimit të rrymës. **Kështu f.e.m. e autoinduksionit ε_L është gjithmonë në përpjestim të drejtë me derivatin e rrymës në lidhje me kohën. L është një konstante përpjestueshmërie që quhet induktivitet.**

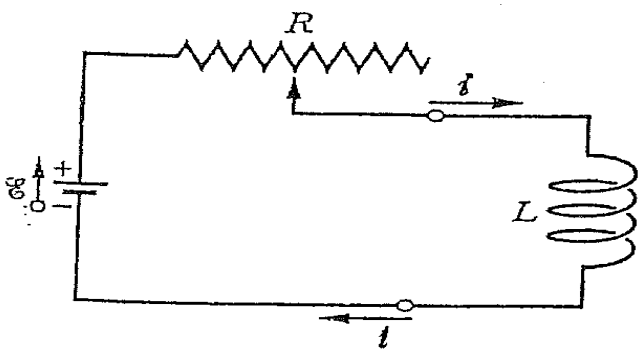


Figura 4.21. Rryma në një bobinë mund të ndryshohet, duke lëvizur kursorin e reostatit

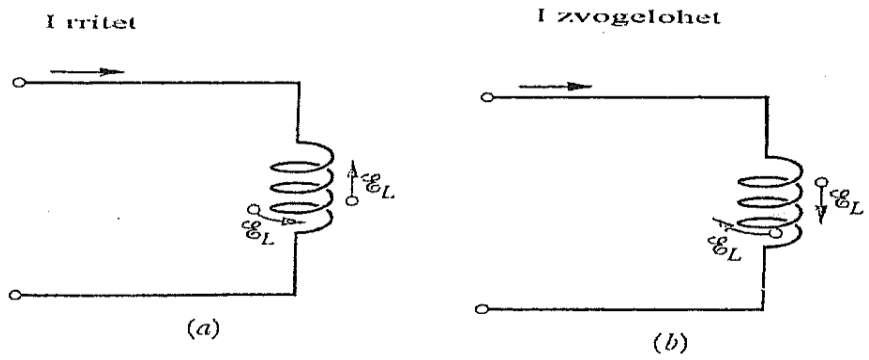


Figura 4.22. Bobina ku kalon rrymë

Kahu i f.e.m. të autoinduksionit mund të gjendet me anë të ligjit të Lencit. Shenja − do të thotë që f.e.m. e induktuar ka drejtim të tillë, që të kundershtojë ndryshimin që shkaktoi.

Kështu në qoftë se në një bobinë kalon një rrymë dhe i rrisim atë me një ritëm (fig.4.22a), atëherë në bazë të ligjit të Lencit, f.e.m. e autoinduksionit duhet të kundërshtojë pikërisht këtë ndryshim të rrymës. Prandaj kjo f.e.m. duhet të ketë drejtim të tillë si në figurë, që kundërshton rritjen e rrymës.

Në qoftë se zvogelojmë rrymën në lidhje me kohën (fig.4.22b), f.e.m. e autoinduksionit është e drejtuar në mënyrë të tillë, që të kundërshtojë zvogelimin e rrymës(dmth tar risë atë) si në figurë. Theksojmë që nuk mund të flasim për potencial elektrik, kur f.e.m. dhe fusha elektrike janë të induktuara nga ndryshimi i fluksit magnetik, pra nuk mund të flasim për potencial brenda bobinës, ku ndryshon fluksi magnetik.

Potenciali mund të përcaktohet në pika të qarkut jashtë kësaj zone, ku fusha elektrike në përcjellës dhe në elemente tjerë të qarkut janë të krijuara nga shpërndarja e ngarkesave elektrike. Nga barazimi (4.25), induktiviteti mund të shprehet:

$$L = -\frac{\varepsilon_L}{\frac{di}{dt}} \quad (4.26)$$

Nga ky barazim rrjedh se njësia e induktivitetit 1 $henri(H)$ është e barabartë me $1\frac{VS}{A}$.

4.7.3. Qarqet RL

Një qark elektrik që përmban një bobinë, p.sh. një solenoid, në sajë të autoinduksionit pengon që rryma të rritet ose të zvogëlohet menjëherë. Pjesa e qarkut që ka induktivit të lartë, quhet induktor. Gjithashtu supozojmë që induktiviteti i pjesës

tjetër të qarkut është i papërfillshëm në krahasim me atë të induktorit (edhe një qark pa bobinë, ka gjithmonë një farë autoinduksioni, që ndikon në sjelljen e qarkut).

Meqenëse induktiviteti i një induktori prodhon një f.e.m. të autoinduksionit, induktori në një qark kundërshton ndryshimet e rrymës, që rrjedh në qark. Kështu në qoftë se në një qark lidhet një burim diference potenciali, p.sh një bateri, ajo do të shkaktojë rritjen e rrymës. Si rrjedhojë induktori do t'i kundërvihet këtij ndryshimi dhe rritja e rrymës nuk do të jetë e menjëhershme.

Në qoftë se diferenca e potencialeve të baterisë zvogëlohet, prezenca e induktorit bën që rryma të mos zvogëlohet menjëherë por gradualisht. Shqyrtojmë një qark si në figurën 4.23. Rezistenca e brendshme e baterisë është e papërfillshme. Qarku përmban një induktor dhe një rezistencë, prandaj quhet qark RL. Nëse nëçastin $t = 0$, mbyllim çelësin S, rryma do të fillojë të rritet, prandaj në induktor do të lind një forcë kundër elektromotore, që kundërshton rritjen e rrymës. Në bazë të (4.25) kjo forcë është: nga moment që rryma rritet, $\frac{di}{dt}$ është pozitive dhe rrjedhimisht ε_L është negative. Kjo do të thotë që kemi një renie të potencialit elektrik, i cili shkon nga skaji a në skajin b të induktorit (shenjat $+$ dhe $-$ si në figurën 4.23).

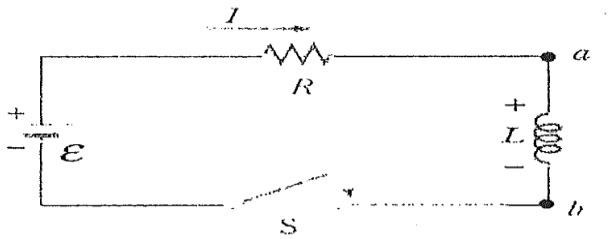


Figura 4.23. Qark elektrik me rezistenca e brendshme e baterisë është e papërfillshme

Zbatojmë ligjet e Kirkofit për këtë qark, duke marrë si kahe pozitive atë të rrotullimit të akrepave të sahatit:

$$\varepsilon - iR - L\frac{di}{dt} = 0 \qquad (4.27)$$

kuiR është diferenca e potencialeve në skajet e rezistencës (ligjet e Kirkofit që janë nxjerrë për qarqet e rrymës së vazhduar, vlejnë edhe për qarqet e rrymës së ndryshueshme, nëse përshkruhet qarku në një çast të fiksuar të kohës).

Duhet të zgjidhim këtë ekuacion diferencial, që në formë është i ngjashëm me atë të qarkut RC Zgjidhja matematike e ekuacionit (4.27) do të jep rrymën që qarkullon në qark në funksion të kohës. Për ta zgjidhur shënojmë $x = \frac{\varepsilon}{R} - I$ dhe rrjedhimisht $dx = -di$, atëherë zëvendësojmë në ekuacionin (4.27) dhe kemi:

$$x + \frac{L}{R} \cdot \frac{dx}{dt} = 0 \text{që nga:} \frac{dx}{dt} = -\frac{R}{L} \cdot dt$$

Duke integruar barazimin e fundit del që:

$$ln\frac{x}{x_0} = -\left(\frac{R}{L}\right)$$

kux_0 është vlera e x në çastin $t = 0$, duke integruar gjejmë:

$$x = x_0 e^{-\frac{R\tau}{L}}$$

Meqenëse për $t = 0, i = 0$, atëherë $x_0 = \frac{\varepsilon}{R}$ dhe shprehja e fundit shprehet:

$$\frac{\varepsilon}{R} - I = \frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{R\tau}{L}} \text{dhe} I = \frac{\varepsilon}{R}(1 - e^{-\frac{R\tau}{L}}) \quad (4.28)$$

Shprehja (4.28) për intensitetin e rrymës, tregon ndikimin e induktivitetit të induktorit në vlerën e intensitetit të rrymës. Kur mbyllet çelësi, rryma nuk merr menjëherë vlerën$\frac{\varepsilon}{R}$, por e merr këtë vlerë gradualisht sipas një ligji eksponencial. Në qoftë se hiqet induktori nga qarku, pra $L = 0$, termi eksponencial bëhet zero dhe rryma merr menjëherë vlerën e vet. Shënojmë $\frac{L}{R} = \tau$ dhe shprehja (4.28) merr formën:

$$I = \frac{\varepsilon}{R}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (4.29)$$

τquhet konstante e kohës të qarkut RL, pra është koha që i duhet rrymës të arrijë 63% të vlerës së vet $(1 - e^{-1} = 0.63)$. Varësia e rrymës nga koha në një qark RL. Jepet në figurën 4.26. Për të gjetur shpejtësinë e ndryshimit të rrymës në qark, derivojmë shprehjen (4.29) dhe do të kemi:

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\varepsilon}{L} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (4.30)$$

Barazimi (4.30) tregon se shpejtësia e ndryshimit të rrymës është maksimale për$t = 0$, e barabartë me $\frac{\varepsilon}{R}$ dhe pastaj zvogëlohet eksponencialisht, kur $t \to \infty$ (fig.4.24).

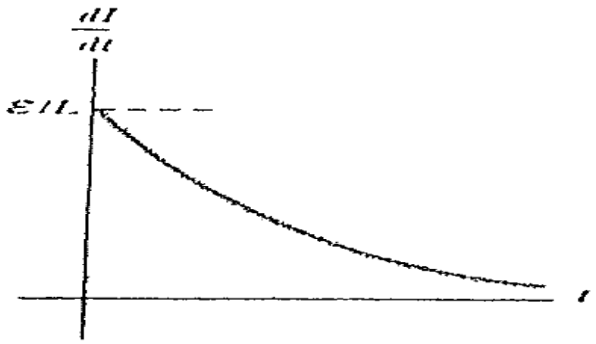


Figura 4.24. Varësia e rrymës nga koha në një qark RL

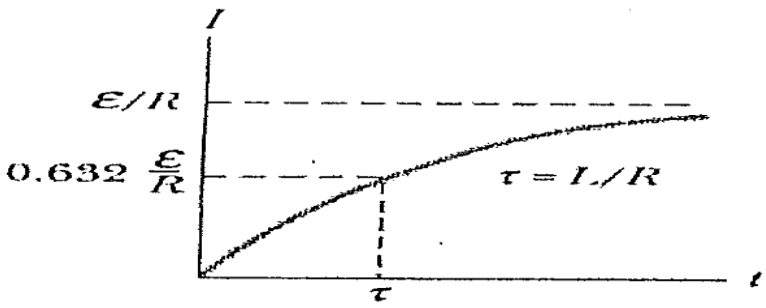


Figura 4.25. Shpejtësia e ndryshimit të rrymës maksimale

Le të kemi një qark si në figurën 4.25 dhe pasi intensiteti i rrymës në qark ka marrë vlerën e vet maksimale, e përjashtojmë burimin e f.e.m., duke hapur çelësin S_1 dhe duke mbyllur çelësin S_2.
Shkruajmë ligjin e Kirkofit për qarkun e sipërm (të mbyllur):

$$IR + L\frac{dI}{dt} = 0 \quad (4.31)$$

Zgjidhja e këtij ekuacioni diferencial është e formës:

$$I = \frac{\varepsilon}{R}e^{-\frac{t}{\tau}} = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (4.32)$$

ku ε. Është f.e.m. e baterisë dhe $I_0 = \frac{\varepsilon}{R}$ është rryma në çastin $t = 0$, kur mbyllet çelësi S_2.

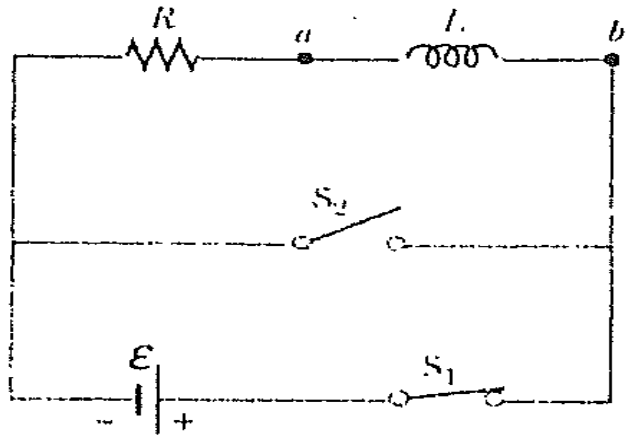


Figura 4.26. Qark elektrik me intensitet të rrymës me vlerën e vet maksimale

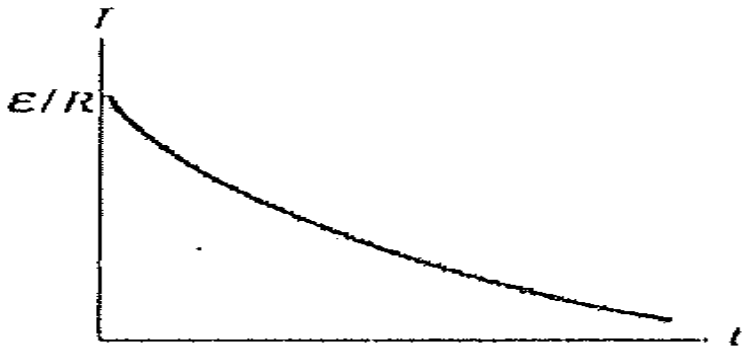


Figura 4.27. Varësia e rrymës nga koha në një qark elektrik me intensitet të rrymës me vlerën e vet maksimale

Varësia e rrymës nga koha paraqitet në figurën 4.27. Rryma nuk merr tashmë menjëherë vlerën zero por, zvogëlohet gradualisht. Në rast se në qarkun në fjalë do të mungonte induktori ($L = 0$), atëherë rryma do të merrte menjëherë vlerën minimale zero.

4.8. Energjia e fushës magnetike

F.e.m., që gjenerohet nga një induktor, kundërshton vendosjen e menjëhershme të intensitetit të rrymës nga ana e baterisë dhe për këtë bateria duhet të kryej punë kundër induktorit. Një pjesë e energjisë së dhënë nga bateria shkon në energji të brendshme të rezistencës, kurse pjesa që ngelet grumbullohet në fushën magnetike të

induktorit. Shumëzojmë ekuacionin (4.27) me $-$ dhe duke hedhur termat me $-$ në anën e djathtë do të kemi:

$$I_\varepsilon = I^2R + LI\frac{dI}{dt} \quad (4.33)$$

Dimë që, nëse një ngarkesë dq kalon nëpër burimin me f.e.m. ε, gjatë kohës dt, mbi ngarkesën do të kryhet puna $dq\varepsilon$. Puna e kryer në njësinë e kohës do të jetë $\varepsilon \cdot \frac{dq}{dt} = \varepsilon I$. Kështu termi i anës së majtë përfaqëson energjinë qe jep burimi i f.e.m. në njësinë e kohës. I^2Rjep energjinë që çlirohet në rezistencë në formë nxehtësie në njësinë e kohës. Duke u bazuar në ligjin e ruajtjes së energjisë, termi i tretë duhet të përfaqësojë atë pjesë të energjisë që nuk çlirohet në formë të energjisë termike dhe që duhet të jetë e grumbulluar në fushën magnetike të induktorit.

$$(LI\frac{dI}{dt} = L\frac{dI}{dt}I = \varepsilon_i I)$$

Ky term ashtu si dhe dy termat e tjerë paraqet energjinë e grumbulluar në fushën magnetike në njësinë e kohës, pra $\frac{dE}{dt}$. Atëherë mund të shkruajmë:

$$\frac{dE}{dt} = LI\frac{dI}{dt} \quad (4.34)$$

Ose $dE = LIdI$. Dhe duke integruar marrim:

$$\int_0^E dE = \int_0^E LIdI = L\int_0^E IdI \Longrightarrow E = \frac{1}{2}LI^2 \quad (4.35)$$

Shprehja (4.35) përfaqëson energjinë e grumbulluar në fushen magntike, të krijuar nga induktori me induktivitet L dhe me rrymë I. Kjo shprehje është e ngjashme në formë me shprehje $\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$, që jep energjinë e fushës elektrike të një kondensatori. Në të dyja rastet për të krijuar fushën është dashur të kryhet punë dhe energjia është e barabartë me punën e bërë për të krijuar fushën.

Shprehja e gjetur për energjinë përcaktohet nga madhësia që karakterizojnë induktorin (induktiviteti dhe rryma), ndërkohë që ne flasim për energji të fushës magnetike, prandaj është e nevojshme të shprehim energjinë e fushës në çdo pikë të saj, pavarësisht nga burimi që e krijon atë. Për këtë është e nevojshme të llogarisim energjinë për njësi të volumit në një pikë çfarëdo të fushës, pra të llogarisim densitetin e energjisë.

Le të marrim një element vëllimi në formë cilindrike me gjatësi l dhe me sipërfaqe të prerjes tërthore S, afër qendrës së një solenoidi. Vëllimi i këtij elementi

është lS. Meqenëse fusha magnetike është përqëndruar vetëm brenda solenoidit, kurse jashtë solenoidit është praktikisht zero, atëherë energjia do të jetë e grumbulluar brenda vëllimit të solenoidit.

Gjithashtu energjia do të jetë e shpërndarë uniformisht në këtë volum sepse fusha magnetike brenda solenoidit është uniforme. Atëherë për densitetin e energjisë mund të shkruajmë:

$$w = \frac{E}{Sl} = \frac{\left(\frac{1}{2Li^2}\right)}{Sl} = \frac{L}{l} \cdot \frac{i^2}{2S} \quad (4.36)$$

$\frac{L}{l}$jep induktivitetin për njësi të gjatësisë. Duke zëvendesuar këtë madhësi të dhënë nga shprehja (11.20) në shprehjen (11.36) kemi:

$$W = \mu_0 n^2 S \frac{i^2}{2S} = \frac{1}{2}\mu_0 n^2 i^2 = \frac{1}{2\mu_0}{\mu_0}^2 n^2 i^2 \quad (4.37)$$

Në bazë të (4.25) induksioni $B = \mu_0 ni$. Duke zëvendësuarkemi:

$$w = \frac{B^2}{2\mu_0} \quad (4.38)$$

(4.38) jep densitetin e energjisë së fushës magnetike në një pikë çfarëdo ku është prezent fusha magnetike B. Pavarësisht se ekuacioni (4.38) është nxjerrë për një rast të veçantë (për solenoidin), ai është i vlefshëm për çdo lloj konfiguracioni të fushës magnetike, pavarësisht se si është krijuar ajo.

Ekuacioni (4.38) është i ngjashëm me ekuacionin $w = \frac{1}{2\varepsilon_0}E^2$, që shpreh densitetin e energjisë në boshllëk në një pikë çfarëdo, ku ka fushë elektrike me intensitet E. Në të dy fushat, densiteti i energjisë është në përpjestim të drejtë me katrorin e madhesive qe karakterizojne fushat Bdhe E. Solenoidi krijon një fushë magnetike në mënyrë të ngjashme si kondensatori me pllaka paralele krijon një fushë elektrike.

Në të dy rastet kemi një dispozitiv të thjeshtë, që përdoret për të krijuar një fushë uniforme në një zonë të kufizuar të hapësirës dhe për të studiuar në mënyrë të thjeshtë vetitë e këtyre fushave.

4.9. Induksioni reciprok

Shpesh fluksi magnetik që përshkon një qark ndryshon me kohën, për shkak të ndryshimit të rrymës, që ndodh në qarqe të tjerë të vendosur afër qarkut në fjalë. Kemi lindjen e një force elektromotore të induktuar dhe procesi në këtë rast quhet induksion

reciprok, sepse varet nga bashkëveprimi midis dy qarqeve, në dallim nga autoinduksioni ku kemi të bëjmë me një qark (bobinë) të vetëm.

Le të kemi dy bobina, si n figurën 4.29. Rryma elektrike me intensitet I_1, që qarkullon në bobinën 1 me N_1 spira, krijon një fushë magnetike, vijat e forcës të së cilës përshkojnë dhe bobinën 2 me N_2 spira. Le te jete Φ_{1-2} fluksi magnetik i krijuar nga bobina 1 dhe që pershkon bobinën 2. Quajmë koeficient të induksionit reciprok ose induktivitetit reciprok të bobinës 2 në lidhje me bobinën 1, madhësinë M_{1-2} të përcaktuar nga barazimi:

$$\mathrm{M}_{1-2} \equiv \frac{N_2 \Phi_{1-2}}{I_1} \quad (4.39)$$

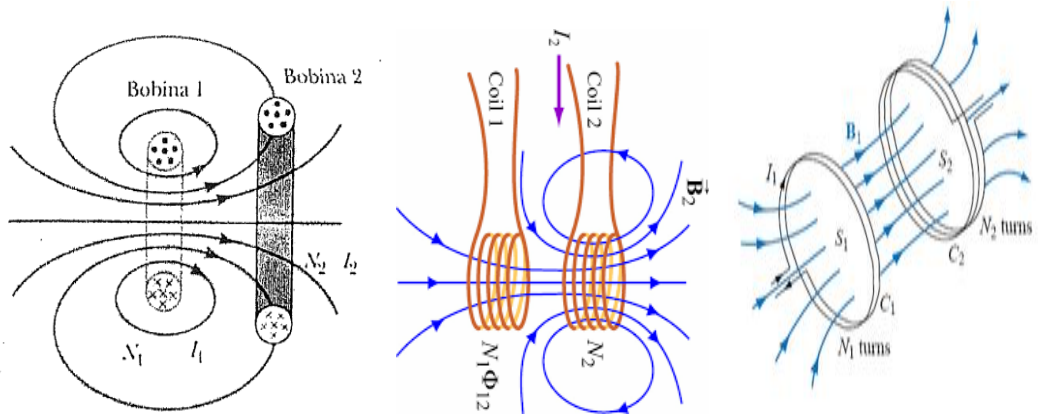


Figura 4.28 Dy bobina, rryma elektrike me intensitet I_1, që qarkullon në bobinën 1 me N_1 spira, krijon një fushë magnetike, vijat e forcës të së cilës përshkojnë dhe bobinën 2 me N_2 spira.

Në qoftë se bobina 1 i afrohet bobinës 2 ose bobina 1 rrotullohet derisa të shtrihet në planin e figurës, induktiviteti reciprok do të ndryshojë, gjë që tregon se induktiviteti reciprok varet nga gjeometria e të dy qarqeve si dhe nga orientimi relativ i tyre në lidhje me njëri tjetrin.

Në qoftë se largësia midis qarqeve rritet, induksioni reciprok zvogëlohet, sepse fluksi magnetik që përshkon qarkun zvogëlohet. Duke pare së rryma I_1 ndryshon me kohën, atëherë në bazë të ligjit të Faradeit dhe barazimit (4.39), f.e.m., që lind në bobinën 2 do të jetë:

$$\varepsilon_2 = -N_2 \frac{d\Phi_{1-2}}{dt} = -N_2 \frac{d}{dt}\left(\frac{\mathrm{M}_{1-2} I_1}{N_2}\right) = -\mathrm{M}_{1-2} \frac{dI_2}{dt} \quad (4.40)$$

Anasjelltas, në qoftë se në bobinën 2 kalon rryma I_2 (pra f.e.m. është lidhur me bobinë 2n), shqyrtimi i mësipërm përsëritet në kahe të kundërt dhe do të përkufizojmë induktivitetin reciprok M_{1-2}. Nëse rryma I_2 ndryshon me kohën, f.e.m., që induktohet nga qarku 2 në qarkun 1 do të jetë:

$$\varepsilon_1 = -\mathrm{M}_{2-1}\frac{dI_2}{dt} \quad (4.41)$$

Nga shprehjet (4.40) dhe (4.41) mund të themi që: **Në induksionin reciprok f.e.m. e induktuar në një qark është gjithmonë në përpjestim të drejtë me shpejtësinë e ndryshimit të rrymës në qarkun tjetër.**

Pavarësisht se në pamje të parë M_{1-2} dhe M_{2-1} duken të ndryshme, mund të provohet se ato janë të barabarta, pra $\mathrm{M}_{1-2} = \mathrm{M}_{2-1} = M$ dhe shprehjet (4.40) dhe (4.41) shkruhen:

$$\varepsilon_1 = -M\frac{dI_2}{dt}\text{dhe}\varepsilon_2 = -M\frac{dI_2}{dt}$$

Këto dy shprehje kanë formë të ngjashme me shprehjen (4.25) të ligjit të autoinduksionit

$$(\varepsilon = -L\frac{dI}{dt})$$

4.10. Analiza e karakteristikave të rrymave bredhëse

4.10.1. Rrymat bredhëse- kuptimi fizik i tyre.

Rrymave bredhëse janë rezultat i induktimit elektromagnetik, por duke induktuar një forcë elektromotore në një konduktor të madhë (hapsirë), në vend të një qarku të përbërë nga tela dhe lidhje, krijojnë praninë e fushës elektromagnetike. Në këtë aspektë dimë se të gjithë fenomenet elektromagnetike, vlerësohen nga ligje, rregulla dhe formula të njohura tashmë në të gjitha nivelet dhe që janë trajtuar në librat dhe artikuj të ndryshëm të fushës përkatëse.

Përmbledhja e shkurtër të këtyre ligjeve, është një domozdoshmëri për të interpertuar dhe kuptuar në mënyrë sa më të plotë rrymat bredhëse. Studiuesi i parë që veçoi rrymat bredhëse nga pikëpamja e përgjithshme e rrymave elektrike, ishte Foucault. Rrymat bredhëse janë përkufizuar në teorinë e përgjithshme të elektromagnetizmit, por vlerësimi dhe interpertimi i tyre arrihet nga ligjet e Faraday-it dhe nga ekuacionet e Maksuell-it, edhe pse Maksuell nuk e përqëndroi punën e tij konkretisht në këtë fushë.

Kushtet bazë të studimit.

Duke qenë se rastet praktike të pranisë së rrymave bredhëse janë të larmishme dhe të ndryshme nga njera tjetra, është domozdoshmëri për thjeshtësimin e problemit të studimit bazuar në analizën e rrymave bredhëse, bëhen disa supozime, para se të jepen ekuacionet e fushës magnetike, pranojmë:

1. Neglizhimin e rrymave të zhvendosur
2. Mjedisi përçues i fushës është izotropik
3. Objektet përçuese në aspekt makroskopik, është hapsira e konsideruar në efektet e një shkallë atomi.
4. Mjedisi dhe struktura e tij është homogjene (përçimi është i pavarur nga vlerat e fushës)
5. Përshkrueshmëria e magnetit μ e mjedisit është konstante (rasti parë); ***përshkruan problemet jolinare, para përshkueshmëria jo kostante (rasti dytë).***

Neglizhimi i rrymave të zhvendosur është supozimi i saktë kur kemi të bëjmë me fusha harmonike të frekuencave të ulta, por ky supozim pranohet dhe është i saktë edhe kur ndryshimi në kohë janë kryesisht të lartë ose kur ndeshet me fenomenin përkohësisht. Pasi edhe atëherë, supozimi se zhdukja e zhvendosjes së rrymë është i vlefshëm për sa kohë që dimensioni i objektit të analizuar është i vogël dhe konduktiviteti i tij është i lartë mjaftueshëm (bakër ose alumin).

Fakte qëështë provuar matematikisht nga Grumet (1959) se për ngacmimin e fushës në formën e një funksioni njësi, zhvendosja e rrymës në gjysmë-hapsirën konduktuese mund të injorohet. Një analizë me e zgjatur e këtij problemi është prezantuar në një libër të Tegopoulos dhe Kriezis (1985) ashtu si edhe në botime të tjera (Schieber 1986), ku është prezantuar kriteri i vlefshmërisë së supozimit.

4.10.2. Ekuacionet matematikore të rrymave bredhëse

Ekuacionet që përshkruajnë rrymat bredhëse, mbi bazen e abstragimeve të pranuar, janë ligjet bazë të elektromagnetizmit, konkretisht:

$$\int H = j\ ligjiiAmper - it \quad (4.42)$$

$$\int E = -\frac{\partial B}{\partial t} \text{Ligji i Faraday} - \text{it} \quad (4.43)$$

$div\ B = 0$ Ligji i Gauss-it (4.44)

$B = \mu H$ -Ekuacioni themelor (4.45)

$j = \gamma E$ - Ekuacioni themelor (ligji i Ohm-it) (4.46)

ku: H - shënohet fuqia e fushës magnetike,
E – shënohet fuqia e fushës elektrike,
B – shënohet fluksi i fushës magnetike,
J- shënohet densiteti i rrymës elektrike,
μ – shënohet përshkrueshmëria elektrike,
γ – shënohet konduktiviteti elektrikë.

Ekuacionet e mësiperme tëaplikuar në kushtet e mësipërme, sigurojnë që fusha magnetike është unike edhe nëe rastet e mungesës së homogjenitetit të mjedisit. Në këto raste karakteristikat e fushës elektromagnetike jepen nga sistemi:

$$n \cdot (B_1 - B_2) = 0 \qquad (4.47)$$

$$n * (H_1 - H_2) = 0 \qquad (4.48)$$

ku ekuacioni 1 dhe ekuacioni 2 përfaqësojnë karakteristikat e fushës elektromagnetike për dy nënmjediset e ndërfaqes të cilat plotësojnë kushtetfillestare të pranuara dhe simboli n është vektori njësi i ndërfaqes.

Kushtet e ndërfaqes quhen kushtet kufitarë kur mjedisi i shqyrtuar është i rrethuar nga një mjedis që e mban fushën në limitet e tij. Mund të jetë për shembull një material me përshkueshmëri të lartë në kontakt me një mjedis të papërshkueshëm. (uji i detit me materialin e kalatave, bregu i detit me ujin e detit e tjera)

Në këtë rast, komponentja tagenciale e fuqisë së fushës magnetike shkon drejt zeros. Në një rast tjetër, një material konduktues mund të jetë në kontakt me një mjedis jo-konduktues. Atëherë, komponentja normale e densitetit magnetik zhduket.

Duke zëvendësuar fuqia e fushës elektrike (E) dhe densitetin e rrymës (j) në ekuacionet themelore, marrim një format tjetër të tij, ku fuqia e fushës magnetike përcaktohet sipas ekuacionit:

$$\nabla^2 H = \gamma \frac{\partial B}{\partial H}\frac{\partial H}{\partial t} - grad\left(H \cdot \frac{grad\mu}{\mu}\right) - \frac{grad\gamma}{\gamma} * \int H \quad (4.49)$$

Në kushtet e rasteve reale, sipas supozimeve të mësipërme, ekuacioni (4.49) konsiderohet i formës së thjeshtuar, duke qenë se të gjithë parametrat e materialeve janë konstante si në kohë ashtu edhe në hapsirë. Ndaj do të kemi:

$$\nabla^2 H = \gamma\mu \frac{\partial H}{\partial t} \quad (4.50)$$

Ekuacioni i fuqisë magnetike, kur bëhet fjalë për kohë të ndryshme të formës sinusoidal, mbështetur në transformimin Furie *H(t)=Re(H exp(iωt)),* dhe duke pranuar se ω është shpejtësia këndore, $i = \sqrt{-1}$ dhe në termat fazorë, do të kemi:

$$\nabla^2 H = i\omega\mu\gamma \quad (4.51)$$

4.10.3. Rrymat bredhëse në mjedise të lëvizëshme

Ekuacionet e mësipërme janë të vlefshme për trupat në prehje. Është e panevojshmë të përmendim që aplikimet kryesore të rrymave bredhëse përfshijnë mjedisin e lëvizshëm. Në të vërtetë, rrymat bredhëse mund të krijohen nga lëvizja dhe më pas ekuacioni bazë përfshin një term shtesë si në vazhdim:

$$\nabla^2 H + \mu\gamma \int v * H = \mu\gamma \frac{\partial H}{\partial t} \quad (4.52)$$

ku v është shpejtësia relative midis trupit dhe fushës së burimit.

Duke supozuar që v=konstante në ekuacionin (4.52), formula mund të thjeshtohet në:

$$\nabla^2 H + \mu\gamma (v \cdot grad) H = \mu\gamma \frac{\partial H}{\partial t} \quad (4.53)$$

Pavarësisht se natyra e rrymave bredhëse është unike, rrymat bredhëse mund të prodhohen nga dy mekanizma të induksionit në vazhdim:

- Rrymat bredhëse të induktuara nga ngacmimi i kohës dhe përfaqësohet nga termat $\frac{\partial H}{\partial t}$
- Rrymat bredhëse të induktuara nga lëvizja dhe përfaqsohet nga $\int v * H$

Ashtu si në mekanikën fluide, mund të prezantojmë numrin magnetik Reynold

$$R_m = \gamma\mu L v \quad (4.54)$$

ku L është gjatësia karakteristike e trupit të lëvizshëm (Moon 1984).

Kjo bën të mundur për e, që të vlerësojmë se cila nga llojet e rrymave bredhëse dominon. Nëqoftëse R_m është e vogël mbizotëron lloji i parë, ndërsa kur R_m është e madhe dominon efekti i lëvizjes. Ndërsa për vlera që nuk i përkasin as grupit të parë dhe as të dytit, efekti mund të injorohet. Ky rast ndeshet gjatë analizës së pompimit të induksionit të metaleve të lëngshëm. Aspekti numerik i problemit që përfshin lëvizjen

është trajtuar në Kapitullin 7 dhe deri atëherë të gjitha materialet e zhvilluara lidhen vetëm me rrymat bredhëse të induktuara nga fushat në kohë.

4.10.4. Rrymat bredhëse sipas Ligjit të Faraday-it.

Rrymat bredhëse mund të nxirren në mënyrë direktë nga ligji i Faraday-it (ekuacioni 2.2) dhe përgjithësisht kanë 3 komponentë në hapsirë. Gjithsesi, në shumë raste teknike, problem i rrymave bredhëse mund të konsiderohen në hapsirën dy dimensionale. Në raste të tilla, diskutohen dy situata:

- Ngacmimi H
- Ngacmimi j

Në rastin e parë fuqia e fushës magnetike ka vetëm një komponentë ndërsa densiteti i rrymave bredhëse shprehet nga dy komponente. Në rastin e dytë, densiteti i rrymave ka vetëm një komponente, ndërsa fuqia e fushës magnetike ka dy. Gjithsesi, rasti i funit zakonisht përshkruhet në termat e potencialit të vektorit magnetik që ka gjithashtu një komponentë.

Në praktikë, nuk kërkohet vetë rrymat bredhëse, efektet e tyre dhe dy prej tyre kanë një rëndësi të vecantë. Ato janë humbja e fuqisë (Ohmik) dhe forcat elektrodinamike. Sasia e kësaj të fundit është e nevojshme për të analizuar konvertuesit elektromekanik dhe zbatohet sipas formulës

$$f = B \times j \quad (4.55)$$

ku e para kërkohet kur projektohen makinat elektrike dhe transformatoret.

Në këtë pikë, do të prezantojmë teoremën e Poynting-ut[2] dhe vektorin e Poynting-ut që shpreh ekuilibrin energjitik nëfushën elektromagnetike dhe jepet nga:

$$S = E \times H \quad (4.56)$$

Duke integruar këtë vector dhe duke përdorur ekuacionet bazë të përshtatur me identitetet vektoriale do të kemi:

$$\oint_{\Gamma} E \, x \, H) \cdot n d\Gamma = -\int_{\Omega} H \frac{\partial B}{\partial t} d\Omega - \int_{\Omega} E \cdot j \, d\Omega \qquad (4.57)$$

ku Ω është hapësira e rrymave bredhëse. Integrali i dytë i anës së djathtë të barazimit përfaqëson vetëm humbjet e fuqisë (Ohmik ose të Joule-it), kurse integrali i parë përfaqëson energjinë magnetike të ruajtur në vëllim. Vektori S në vetvete shfaq fluksin e energjisë në trupat[3] e rrymave bredhëse. Vektori i Poynting-ut është veçanërisht i

dobishëm për problemat harmonike (sinusoidal). Ndaj vektori i Poynting-ut merr trajtën:

$$S = \frac{1}{2} E \, x \, H^* \quad (4.58)$$

ku H^* është vlera e konjuguar e H. Teorema e Poyntung-ut në termat fazorë ka trajtën:

$$\oint_{\Gamma} S \cdot n d\Gamma = -i2\omega \int_{\Omega} \frac{1}{4} \mu_0 \mu_r |H|^2 d\Omega - \frac{1}{2\gamma} \int_{\Omega} |j|^2 d\Omega \quad (4.59)$$

Duke përdorur formulën e mësipërme mund të shihen qartë humbjet (rezistencat *AC*) dhe pjesët reale të fluksit të vektorit *S*, ndërkohë që energjia magnetike, induktanca e qarkut *AC* jepet nga pjesa imagjinare e tij. Duke qenë se integrali është i kufizuar, do të thotë se do të ketë pasoja praktike në lidhje me këto vlera kufizuese që përcaktojnë energjinë për të gjithë sistemin.

4.11. Rrymat bredhëse- parametrat dhe metodat e vlerësimit.

Studimi dhe vlerësimi i rrymave bredhëse mund të realizohet nëpërmjet studimit të variablave të caktuara, që merren nga analizat që u bëhen këtyre të fundit në rrugë të ndryshme. Në teorinë e elektromagnetizmit, në aspektin fizikë, variablat që shpjegojnë fushën elektromagnetike janë dy tipe. Nëpërmjet tipit të parë të variablave trajtohet vetë fushën, ndërsa tipi i dytë e trajton fushën në mënyrë indirekte duke përdorur madhësi matematikore.

Të dy tipet kanë avantazhe dhe disavantazhe dhe mund të përdoren sipas rasteve konkrete. Përfitimi kryesor i përdorimit të variablave të fushës, ka të bëjë me faktin, se ato bëjnë të mundur që ne të përcaktojmë formën reale fizike të fushës. Ndërsa disavantazhi lidhet me faktin që ky problem kërkon punë të konsiderueshme për tu zgjidhur. Nga ana tjetër, këto madhësi të përdorura, i japin analizës mundësi për të shmangur punën e konsiderushme për zgjidhjen e problemit. Në të kundërt, këto madhesi duke qenë se janë më tepër të natyrës matematikore se sa fizike dhe kjo e bënë të pamundur percaktimin e formës reale të problemit, gjë që hedh poshtë përdorimin e relacioneve fizike. Gjatë analizës së rrymave bredhëse, për shkak të natyrës së tyre, madhësit kryesore që janë përdorur janë vektoriale dhe pse madhësit skalare janë konsideruar gjithashtu komplementare për vektorët.

4.11.1. Madhësitë që përcaktojnë vlerën e rrymave bredhëse

Madhësitë kryesore që përcaktojnë vlerën e rrymave bredhëse që lindin si pasoj e induksionit të fushave elektromagnetike, janë përkatësisht vektorë: e forcës së fushës magnetike *H*, densitetit të fluksit magnetik *B* dhe forcës së fushës elektrike *E*. Këto variabla kanë vartësi midis tyre në bazë të ligjeve të elektromagnetizmit, përbëjnë një kuptim të rëndësishëm fizik. Në praktikë ato mund të përdoren vetëm në ekuacionet bazë ose themelore, të cilat nuk janë shumë praktike nga këndvështrimi i llogaritjes.

Kështu, kur duam të studiojmë dhe zgjidhim një problem që lidhet me rrymat bredhëse duhet të përdorim të paktën tre ekuacione për rastin tre-dimensional dhe dy ekuacione për atë dy-dimensional. Ekzistojnë gjithashtu disa raste të thjeshta dhe simetrike në të cilat mund të reduktohen numri i ekuacioneve, por këto raste janë të rralla. Megjithatë, mund t'i përdorim këto variabla për të kuptuar më mirë natyrën e fushave. Për më tepër, analizat matematikore na japin variablat e fushës në trajtë direkte, pa modifikimet shtesë si në rastin e potencialeve. Gjithashtu, analiza moderne tre-dimensionale e rrymave bredhëse shfaq avantazhet e përdorimit të madhësive direkte të fushës.

Për më tepër, bazuar në vektorin e fluksit te fushës magnetike *B* dhe fuqine e fushës magnetike *H*, mund të gjenden mënyra matematikore për të ndërlidhur këto varësi për rastet jolineare të fushes, gjë që duket tepër e natyrshme. Fizika e fushave magnetikë jolineare në këto raste është e dhënë nëpërmjet të funksionit të lakores *G-H*. Kjo është e shpjeguar më gjerësisht nga Bozorth që në vititn 1965. Por ia vlen të shtojmë një koment se në rastet lineare *B* dhe *H* janë natyra të ndryshme. Ndaj vektori *H* në çdo pikë të fushës sillet si burimi i fushës. Nga ana tjetër, vektori *B* përmban informacion për karakteristikat fizike dhe gjeometrike të materialit. Nga ky këndvështrim vektori B është më i rëndësishëm fizikisht.

Problem klasik që kërkon variablat e fushës është analiza një-dimensionale e futjes së fushës në një pllakë masive me vlera konstante të dhëna të përshkueshmërisë μ dhe konduktivitetit γ. Rastin e konduktuvitetit ne trashësi infinitë në drejtimin e futjes së fushës dhe duke supozuar se fusha *H* në ndërfaqen metal-ajër është uniforme, shpërndarja e rrymave bredhëse trajtohet në dy raste:

(1) Pothuaj i palëvizshëm me një frekuencë këndore ω:

$$j(x) = \sqrt{\frac{j\omega}{2\gamma}} H_s \exp(-\alpha x) \qquad (4.60)$$

Ku: $\alpha = (1+i)\sqrt{\frac{\omega\mu\gamma}{2}}$ $i = \sqrt{-1}$

(2) I palëvizshëm

$$j(x,t) = \int_0^t H_s(x)\,(t-x)^{-\frac{5}{2}} \exp\frac{-\alpha^2 x^2}{4(t-x)}\,dx \quad (4.61)$$

ku: $\alpha^2 = \mu\gamma$ dhe në rastin kur: $H_s(t) = H_0 l(t)$ (funksioni njësi) formula thjeshtohet shumë:

$$j(x,t) = \sqrt{\frac{j\omega}{2\gamma}} H_0 \exp\frac{-\alpha^2 x^2}{4t} \quad (4.62)$$

Edhe pse shembulli i mësipërm duket të jetë i thjeshtë, shumë kërkues gjatë dekadave të fundit (Heller 1953, Chura 1976, Kraëezyk 1980) e kanë ekzaminuar në detaj, veçanërisht në rastin e palëvizshëm, kryesisht për faktin se jep informacion në lidhje me sjelljen e humbjes së fuqisë ose për rezultatet e integraleve, si forca dhe induktanca. Një plotësim i rëndësishëm i shembullit do të ishte paraqitja e jolinearitetit dhe kjo u realizua nga Haas (1978).

Për më teper, ky shembull paraqet tek lexuesi shprehjet matematikore të rrymave bredhëse si dhe shpreh format e përngjashme të përdorura në këtë analizë, si trashësia e sipërfaqes, që ka trajtën:

- Për rastin pothuaj të lëvizshëm

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\gamma}} \quad (4.63)$$

- Për rastin e lëvizshëm

$$\delta(t) = \sqrt{\frac{4t}{\mu\gamma}} \quad (4.64)$$

Ky shembull i thjeshtë përmban disa informacione të rëndësishme që na lejojnë të lidhim parametrat e fushës me materialin dhe të bëjmë një vlerësim mbi efektet e rrymave bredhëse (humbjet e fuqisë, temperaturat etj.)

Variablat direkte janë gjithashtu të nevojshme në rastet dy-dimensionale kur merren parasysh rrethanat speciale të problemit. Domethënë, në qoftë se supozojmë se një nga komponentet H ose B ekziston dhe dy kompnentet e rrymave bredhëse janë siç priten, ekuacioni i fushës do të jetë:

$$\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} = \mu\gamma\frac{\partial H}{\partial t} \quad (4.65)$$

dhe komponentet e rrymave bredhëse do të ishin:

$$j_x = \frac{\partial H}{\partial y} \quad (4.66)$$

$$j_y = \frac{\partial H}{\partial x} \quad (4.67)$$

Fizikisht, ky rast përfshin të sipërpërmendurin ngacmimin e fluksit, që është konduktimi i drejtuar në një fushë paralel me drejtimin e gjatësisë. Nëse sektori është gjeometrikisht i rregullt (për shembull, drejtkëndor) rasti mund të ketë një zgjidhje analitike si për problemet e lëvizshme ashtu edhe për ato gjysmë të lëvizshëm. Le të supozojmë se sektori është nje drejtkëndësh me brinjë (-a, a) dhe (-b, b). Zgjidhja analitike e H (për rastet lineare) do të jetë:

$$H(x,y) = H_o \frac{cosh\alpha x}{cosh\alpha a} \frac{cosh\alpha y}{cosh\alpha b} \quad (4.68)$$

$$\text{ku;} \qquad \alpha = (1+i)\sqrt{\frac{\mu\omega\gamma}{2}}$$

$$H(x,y,t) = H_o - H_o \frac{16}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} C_{n,m} \cos(P_n x) \cos(Q_m y)\, e^{-\lambda_{n,m}^2 t} \quad (4.69)$$

ku:

$$C_{n,m} = \frac{(-1)^{n+m}}{(2n-1)(2m-1)}$$

$$P_n = \frac{2n-1}{2a}\pi$$

$$Q_m = \frac{2m-1}{2b}\pi$$

$$\lambda_{n,m}^2 = \frac{P_n^2 + Q_m^2}{\mu\gamma}$$

Për rastin tri-dimensional, përdorimi i variablave direkte nuk është kaq i thjeshtë, duke qëne se nuk mund të përdoret një vlerë potenciali skalarë. Sipas ekuacioneve themelore (4.42–4.44) dhe duke përdorur relacionet (4.45-4.46) përfitojmë:

$$\nabla^2 H^+ = \mu\gamma \frac{\partial H^+}{\partial t} \quad (4.70)$$

$$\nabla^2 \Phi^- = 0 \qquad (4.71)$$

ku; $H^- = -grad\ \Phi^-$

Dy rajonet: i jashtmi i referuar '-' dhe i brendshmi '+' i bashkangjitën kushteve të ndërfaqes dhe janë si më poshtë:

$$n \cdot (\mu H^+ - \mu grad \Phi^-) = \mu n \cdot H_c \quad (4.72)$$

$$n\ x\ (H^+ - grad \Phi^-) = n\ x\ H_c \quad (4.73)$$

ku H_c paraqet një fushë të jashtme ngacmuese.

Në këtë rast rrymat bredhëse llogariten sipas rregullit themelor:

$$j = \int H \quad (4.74)$$

Duhet theksuar se problemi i formuluar më sipër ka një avantazh të rëndësishëm, domethënë ekuacionet e fushës konsiderohen të ndashme brenda dhe jashtë zonës së konduktimit. Të dyja zonat dhe gjithashtu funksionet H dhe Φ takohen në kufij, ndaj formulimi i takon metodave kufizuese.

Përdorimi i madhësive direkte të fushës, megjithse fizikisht të përshtatshme, ndeshen disa vështirësi, veçanërisht kur merren parasysh problemet dy-dimensionale në ngacmimin e rrymave. Duke qenë se të dyja komponentet e vektorit H janë të pranishme, do të jenë dy ekuacione diferenciale që duhet të zgjidhen dhe kjo e bën procesin e llogaritjes dy herë më të gjatë. Kjo situatë con në mënyrë direkte në konceptin e potencialit.

4.12. Variblat e fushave elektromagnetike

4.12.1 Potencialet

Nga fizika matematikore dihet se ekziston një numër i madh potencialesh që janë në një farë mënyre të rastësishme. Përcaktimi i tyre përbën një detyrë të madhe për krijmtarinë e njeriut. Gjithsesi, në e limitojmë punën tonë në më pak raste, që janë të përdorura më shumë në materialin e diskutuar. Qëllimi kryesor i paraqitjes së potencialeve është i lidhur me faktin se ndihmojnë në kapërcimin e disa vështirësive që janë përmendur më sipër dhe lidhen me variablat e fushës. Duke e thjeshtuar, përdorimi i potencialeve na mundëson në një mënyrë më të thjeshtë, të reduktojmë numrin e ekuacioneve që duhen zgjidhur. Pengesa kryesore është se duke përdorur potencialet, shmangeni nga realiteti fizik dhe punojmë në një abstraksion matematik. Gjithsesi,

potencialet nuk mund të shmangen në analizën modern që është e bazuar në modelin matematikor.

Duke trajtuar përgjithsisht potencialet mund të themi se mund të jenë të natyrës skalare dhe vektoriale. Duke u bazuar në teoremën e Helmholtz, çdo fushë vektoriale përcaktohet nga dy tipe burimesh: burim i përdredhur dhe burim i divergjencës. Duke marrë parasysh një vektor fushe F, mund të ndeshemi me dy gjendje ekstreme: fusha solenoidale (kur divergjenca $F = 0$) dhe fushën e parrotullueshme (kur $curlF = 0$). Ndaj, duke përdorur identitetet e vektorëve, mund të paraqesim vektorin e fushës si më poshtë:

- Fusha e parrotullueshme $F = -grad\ V$
- Fusha solenoidale $F = curlP$

Në rastin e parë një potencial skalar V paraqitet nderkohë që rasti i dytë përdor një potencial vektorial P. nëse në ndonjë rast specific mund të mos ndodhin asnjë nga rastet, do të nevojiten dy potenciale. Në problemat e rrymave bredhëse ndeshemi me fusha solenoidale për fushën magnetike dhe të rrymës ($divB = 0$ dhe $divJ = 0$) kështu që merren parasysh potencialet vektoriale.

Në elektromagnetizëm, potencialet e mësipërme ndeshen dy forma bazë: rasti i parë, kur kemi të bëjmë me potencial vektorial magnetik dhe rasti i dytë më potencial vektorial elektrik. Në praktike, duke qenë se $divB = 0$ do të kemi që $B = curlA(A)$ është potencial vektorial magnetik) dhe duke qenë se divJ=0atëherë $J = curlT(T)$ është potenciali vektorial elektrik). Të dy potencialet janë të dobishme në analizat dy-dimensionale, sepse duke i përdorur është më i lëhtë transformimi i porblemit vektorial në një problem skalar. Potenciali vektorial elektrik përdoret në analizat dy-dimensionale, i njohur si funksion derdhës u. Këtu do të kemi një funksion në vend të dy komponentëve të një vektori. Dihet se potenciali vektorial magnetik shfaq të njëjtën sjellje. Kjo shfaqet në problemat dy-dimensionale të ngacmuara nga rryma infinite në të cilat potenciali vektorial magnetik ka vetëm një komponente, atë të drejtimit.

Megjithëse diskutojmë për potenciale vektoriale, potencialet skalare nuk mund të shmangen duke qenë se paraqiten si fusha të pavarura ose më formalisht nxirren nga identitete vektoriale. Në të vërtetë, sipas përcaktimeve të potencialeve vektoriale të paraqitura më sipër, potenciali vektorial përcaktohet me saktësinë e shkallës së disa potencialeve skalare:

$$P = P' + gradV \quad (4.75)$$

ndërsa potenciali skalar është i lidhur me saktësine e një konstante C:

$$V = V' + C \quad (4.76)$$

Transformimi nga P në P' dhe i V në V' nuk ndikojnë në vektorin e fushës (B dhe J janë invariane), që është e vetmja madhësi fizike. Madhësia e ndikuar është

potenciali skalari i lidhur me potencialin vektorial përkatës, që është potenciali vektorial magnetik A ose potenciali vektorial elektrik T , potenciali skalar që përfaqëson një pjesë të fushës elektrike mundëson përcaktimin e kushteve të terminaleve të konduktorit ose konfigurimet e lidhjeve të konduktorëve. Duke trajtuar potencialin skalar, ndeshemi shpesh me një nga problemet kryesore të analizës së rrymave bredhëse. Ky problem mori përmasa më të mëdha kur u trajtuan edhe problemet tre-dimensionale. Në thelb, fushat skalare janë të bashkangjitura me vektorës e fushës.

Në rastet dy-dimensionale, shkalla e potencialit skalar e lidhur me potencialin vektorial A është konstant dhe mund të eleminohet me anë të transformimeve. Nëse nuk realizohet, mund të na shtohet një komponente e vektorit të panjohur. Në rastet tri-dimensionale nuk ëahtë kaq e thjeshtë, sepse potenciali sskalar është një vektor shtesë. Për më tepër, duhet të vërtetojmë unicitetin e zgjidhjes që kryesisht varet nga ciftet e përdorura të potencialeve. Ky problem është trajtuar në shumë material dhe një analizë e saktë është bërë nga Carpenter (1977) si dhe nga Troëbridge (1986).

Do të tregojmë disa karakteristika të përcaktuara të potencialeve, duke përfshirë avantazhet dhe disavantazhet e tyre. Nuk do të thotë se potencialet e tjerë që nuk janë përmendur, kanë përdorim më të rrallë. Mund të ndodhë që aktiviteti i mëtejshëm i kësaj fushe do të nxjerrë potenciale të tjera pavarësisht potencialeve të paraqitura dhe që përdoren gjerësisht.

Potenciali vektorial magnetik

Potenciali vektorial magnetik A gjen përdorim të gjerë dhe përputhshmëri kur ndeshemi me probleme dy-dimensionale. Më pas kushtet kufizuese shprehen nga potenciale të thjeshtuara (në këtë rast, skalar) ose me anë të derivateve normale. Për tmë tepër, kushtet kufizuese të shprehura në termat e potencialit vektorial magnetik janë të pasta fizikisht veçanërisht kur merret parasysh një problem i brendshëm. Kushtet e Dirichlet (nëse janë konstante) tregojnë nëse kufijtë jepet nga një material tepër konduktiv dhe kushtet e Neumann-it (nëse janë homogjene) tregojnë se kufijtë paraqesin një material tepër të përshkueshëm.

Nëse paraqesim përkufizimin e potencialit vektorial magnetk ($B = curlA$), sipas ekuacioneve themelore (2.1 -2.3) do të na jepeshin ekuacionet e më poshtme:

- Brenda zonës së rrymave bredhëse

$$\int\int A(x,t) - \mu\gamma \frac{\partial A}{\partial t} = \gamma grad\Phi \quad (4.77)$$

- Jashtë zonës së rrymave bredhëse

$$\int\int A(x,t) = 0 \quad (4.78)$$

Modeli i mësipërm kërkon zgjidhjen e një ekuacioni vektorial jashtë zonës së rrymave bredhëse. Për të shmangur këtë, mund të paraqesim potencial skalar Ω (në këtë rast magnetik). Zona jo-konduktive do të shprehet nga:

$$\nabla^2\Omega = 0 \quad (4.79)$$

ku Ω del nga $H = -grad\Omega$

Modeli tjetër quhet $A - ø - \Omega$ ndërsa ai i mëparshmi $A - ø$.

Sic mund të shihet, potenciali vektorial A pajiset më një skalar që rrjedh nga përkufizimi i potencialit.

Rrymat bredhëse llogariten duke përdorur ekuacionin (4.41) dhe në termat e potencialit do të kemi:

$$j = -\gamma \frac{\partial A}{\partial t} - \gamma grad\emptyset \quad (4.80)$$

Kushtet e vazhdueshmërisë së rrymës do të jenë:

$$div\, \gamma \left(\frac{\partial A}{\partial t} - \gamma\, grad\, \emptyset\right) = 0 \qquad (4.81)$$

Për të përftuar vlerat e densitetit të rrymave bredhëse, duhet të llogarisim të dyja potencialet duke zgjidhur ekuaciont (4.60) dhe (4.62). Kjo duket të jetë e vështirë. Fatmirësisht, mund t'a thjeshtojmë problemin duke shfrytëzuar lidhjen e përbashkët midis A dhe shfrytëzuar lidhjen e përbashkët midis A dhe $ø$. Njihet gjithashtu si procedura njehsuese.

Në teorinë e elektromagnetizmit janë dy kushte njehsimi që përodren gjerësisht:

- Njehsimi i Coulomb $div\, A = 0$ (4.82)

- Njehsimi i Lorentz $div\, A = \mu ø$ (4.83)

Kushti i parë çon në bashkësinë e ekuacioneve të mëposhtne që përshkruan zonat e rrymave bredhëse:

$$\nabla^2 A - \mu\gamma \frac{\partial A}{\partial t} = \gamma\, grad\emptyset \qquad (4.84)$$

ndërsa njehsimi i Lorentz-it paraqet ndarjen e potencialeve, ndaj do të kemi:

$$\nabla^2 A - \mu\gamma \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (4.85)$$

$$\nabla^2 \emptyset - \mu\gamma \frac{\partial \emptyset}{\partial t} = 0 \quad (4.86)$$

Në problemat e rrymave bredhëse përdoret më së shumti njehsimi i Coulomb, ndaj potenciali skalar elektrik luan një rol të rëndësishëm në procesin e përllogaritjes. Problemi se si të përshtatim potencialin vektorial magnetik duke marrë parasysh të gjitha kushtet e mësipërme në praktikën numerike është shqyrtuar më gjerësisht nga Biro (1988) dhe Song dhe Ida (1991).

Nëse modeli është dy-dimensional, problem zgjidhet lehtë duke qenë se shkalla e potencialit skalar është konstant në zonën e trajtuar. Problem i përcaktimit të potencialit skalar për trajtën dy-dimensionale quhet problemi i detyrimit të rrymmës duke qenë se ka të bëjë ,e imponimin e disa kushteve të rrjedhjes së rrymës totale. Ky kusht varet nga mënyra se si janë të lidhur konduktorët e gjatë në pafundsi dhe nqs qarqet e tyre janë passive apo active. Në përgjithësi, kjo con në ekuacionin integro-diferencial duke qenë se grad ø shprehet si më poshtë:

$$grad\ \emptyset = \frac{1}{S}\int_S \frac{\partial A}{\partial t} dS + \frac{l}{S} \qquad (4.87)$$

ku l është rryma totale rrjedhëse përmes seksionit S.

Ekzistojnë disa raste specifike (dy-dimensionale) në të cilat grad ø është e barabartë me 0. Ndaj analiza e problemeve të grad ø është e nevojshme përpara se të fillohet më procesin e përllogaritjes. Ekzistojnë shumë material që lidhen me atë çështje nga Konrad (1985). Disa kërkues (Nakata et al. 1988) u përpoqën të shqyrtonin kuptimin fizik të potencialit skalar duke marrë parasysh informacionin paraprak mbi fenomenin e konsideruar.

Ndërsa për rastet tri-dimensionale mund të flasim mbi opinionet e Emson dhe Simkin (1983) duke thënë se problemi i grad ømund të zgjidhet duke modifikuar potencialin e vektorial $A*$. Ky potencial vjen nga transformimi gjë që e bën problemin (4.54-4.58) të pashkallëzuar. Duke marrë:

$$A^* = A + \frac{1}{\gamma}\int_0^t grad\ ø\ \mathrm{d}\gamma \qquad (4.88)$$

Ekuacioni (3.25) do të marrë trajtën:

$$\nabla^2 A^* = \mu\gamma \frac{\partial A^*}{\partial t} \qquad (4.89)$$

Duhet patur parasysh se në këtë rast kushti i njehsimit do të jetë:

$$divA* = 0 \qquad (4.90)$$

Mund të theksojmë këtu se për problemat dy-dimensionale të rrymave bredhëse potenciali vektorial magnetik është më i përshtatshmi dhe është i pakrahasueshëm lidhur më variablat e fushës, por në rastet tri-dimensionale përfitimet e tij janë të pasigurta.

Kushti më i zakonshëm i përdorur $divA = 0$, ofron mundësinë e paraqitjes së një potenciali vektorial magnetik të rendit të dytë Ë i përcaktuar si më poshtë:

$$A = curl\ Ë \quad (4.91)$$

Potenciali Ë mund të përdoret gjithashtu në analizat e rrymave bredhëse, por në raste shumë specifike, domethënë nqs ekziston një lloj simetrie (Hammond 1982). Disa autorë (Kriezis dhe Xypteras 1979) bien dakort për faktin se ka shumë mungesa në përgjithësi.

4.12.2. *Potenciali vektorial elektrik*

Potenciali T u prezantua në vitet 1970 dhe teoria dhe aplikimi i tij vazhdon të zhvillohet dhe zgjerohet. Avantazhi kryesor i këtij vektori është se na jep mundësinë të bashkojmë zonat dielektrike dhe konduktive. Më tej, kjo con në përcaktimin direkt të vektorit H duke qenë se marrdhënia midis dy vektorëve është lineare. Ky potencial vektorial përcaktohet si:

$$J = curl\, T \quad (4.92)$$

dhe ka një pasojë $H = T - grad\ \Omega$, që çon në aplikimet e mëposhtme:

- Zonat e brendshme të rrymave bredhëse

$$\iint T = \mu\gamma\ (\frac{\partial T}{\partial t} - grad\ \Omega) \quad (4.93)$$

$$\nabla^2\Omega = div\, T \quad (4.94)$$

- Zonat e jashtme të rrymave bredhëse

$$\nabla^2\Omega = 0 \quad (4.95)$$

Në këtë rast, potenciali skalar Ω paraqet fushën magnetike. Kushtet kufizuese në problemat e brendshme (Dirichlet ose Neumann) nuk kanë një kuptim fizik, ndaj janë të vështirë për t'u përshkruar. Në problemet e jashtme janë disa kushte ndërfaqjeje që janë gjithashtu të papërcaktuara plotësisht. Disa autorë këmbngulin në përdorimin e këtij vektori për arsye se në raste specifike vektori T është i përcaktuar në kufijtë e një zone konduktuese ($T = 0$) që është sigurisht një karakteristikë e dobishme për zgjidhjet numerike (Krakoëski 1987). Gjithsesi, kjo karakteristikë nuk është e përgjitshme dhe vlen vetëm për disa konfigurime gjeometrike. Përgjithësisht komponentja normale T_n është e papërcaktuar kështu që problem nuk mund të përcaktohet në zonën konduktuese. Problemi i vazhdueshmërisë ose jo i vektorit *T*, ose më mirë të themi, komponentja e tij $T_n$është tema e shumë publikimeve të bëra në 1980. Për t'a përmbledhur, mund të themi se potencialet skalare nuk janë të përcaktueshme për shkak të vështirësive në ngritjen e kufijve dhe kushteve të ndërfaqes.

5.12.3. Funksioni rrjedhës

Për disa raste specifike potenciali vektorial T mund të supozohet se ka vetëm një komponente. Ndaj, në vend të një madhësie vektoriale mund të konsiderohet një madhësi skalare. Kjo procedurë transformon një problem tri-dimensional në një problem dy-dimensional. Madhësia skalare, në terma të tjera funksioni rrjedhës, përdoret për pllaka të holla, që janë pllaka të cilat kanë trashësi të vogël, të mjaftueshme për të neglizhuar varësinë e fushës ngacmuese përmes gjerësisë së saj. Për më tepër, duke marrë vektorin T me një komponente tregon se fusha ngacmuese ka një komponente hapësinore. Funksioni i shënuar me u, përcaktohet si më poshtë:

$$j = ln\, x\, gradtu \quad (4.96)$$

ku l_n vektori njësi në drejtimin normal në sipërfaqen e pllakës dhe *t* është drejtimi tagencial i tij.

Dukë zëvendësuar funksionin u në ekuacionet themelore marrin një formulim integro-diferencial me kushtet kufizuese homogjene të Dirichlet ($u = 0$ në kufij) që është si më poshtë:

$$\nabla^2 u = \mu\gamma\left(\frac{\partial H_0}{\partial t} + \frac{\partial H'}{\partial t}\right) \quad (4.97)$$

ku

$$H'(M) = \frac{1}{4\pi}\int_S K(M,N)u(N)dS \quad (4.98)$$

dhe K(M,N) është bërthama e integralit dhe shprehet si në vazhdim:

$$K(M,N) = \frac{\partial}{\partial n_M}\frac{\partial}{\partial n_N}\left(\frac{1}{r_{MN}}\right) \quad (4.99)$$

Formulimi diferencial përmban ekuacione diferenciale dhe kushtet kufizuese, që mund të jenë të dyja të varura nga koha dhe hapësira. Në këtë mënyrë zgjidhja është unike si dhe kushtet kufizuese përcaktojnë spektrin e zgjidhjeve. Interesi ynë
është i fokusuar në problemat e rrymave bredhëse dhe në ekuacionet parabolike të Helmholtz për problemat respektivisht gjysmë të palëizshme dhe të rastit. Le të tregojmë formulimin klasik diferencial për rastin dy-dimensional të shprehur në termat e potencialit vektorial magnetik.

Lë të supozojmë se fusha Ω është një seksion i një konduktori që përmban një rrymë të njohur të varur nga koha dhe rrethohet nga mure ferromagnetike dhe në disa pjesë nga kufij ajrorë. Kufiri total përcaktohet si Γ. Një shembull i këtij konfigurimi është vendi i përcaktuar në një makinë elektrike. Ndaj kushtet e kufijve janë sin ë vazhdim:

Në muret ferromagnetike ($\Gamma 1$) kemi kushte kufizuese homogjene natyrale (Neumann)

- Në zonat e ajrit ($\Gamma 2$) kemi kushtet kufizuese konstante (Dirichlet)

Kjo e fundit nënkupton se fusha është supozuar të rastisë në këtë pjesë të kufirit të konduktivitetit. Është përmendur edhe më sipëe që në këtë rast, potenciali vektorial magnetik është më i përshtatshmi dhe ndaj është përdorur këtu. Pas eleminimit të grad ø, do të kemi:

- Për rastet pothuajse të lëvizshme

$$\nabla^2 A(x,y) - i\omega\alpha^2 A = -\mu j(x,y \quad (4.100)$$

$$A_{\Gamma_2} = f\ (x,y)$$

$$\frac{\partial A}{\partial n}\ l\Gamma_1 = g(x,y)$$

- Për rastet e lëvizshme

$$\nabla^2 A(x,y,t) - \alpha^2\frac{\partial A}{\partial t} = -\mu j(x,y,t) \quad (4.101)$$

Dhe me të njëjtin kusht kufitar. Për të dyja rastet $\alpha^2 = \alpha^2\gamma$

Sigurisht, ndërfaqja ajër-konduktor mund të përshtatet me kushtet e Numann-it që bazohen në ligjet e Amper-it. Këto dy raste janë të shkëmbyeshme.

Forma diferenciale është pika e ndarjes për metodën e caktuar diferenciale. Sigurisht, sshprehjet bazohen në formulime te tjera gjithashtu, sic përmendëm edhe më sipër, por shqyrtohen në mënyrë të shkëputur edhe më vonë.

4.12.4. Forma integrale

Lë të shohim problemet e rrymave bredhëse nga kënvështrimi i integralit. Ky rast shpjegohet nga ekuacioni i integralit dhe shpreh kushtet e detyrueshme integruese. Ndaj filozofia e përafrimit është shumë ë ndryshme nga ajo e para, domethënë ajo përdoret në këtë rast në mënyrën deduktive, pra trajtohet problem nga këndvështrimi total deri në një informacion elementar. Pika kyce e formulimit të integralit është funksioni i Green-it dhe teoria e potencialit. Por para se të përdorim teorinë matematikorë të sofistikuar, do të trajtojmë fillimisht problemin në një mënyrë deduktive. Marrim rrymën j që rrjedh përmes filamentit të vendosur në një plan *xy*. Duke përdorur ligjin Biot-Savart për filamentin, mund të përcaktojmë komponenten *z* (nqs ekziston) të potencialit vektorial magnetik *A* në pikën *P* në hapësirë, si në vazhdim:

$$A_z(P) = \frac{1}{2\pi} j \, ln \frac{1}{r_P} \quad (4.102)$$

ku r_P është distancë midis konduktorit dhe pikës së fushës *P*. nqs konduktori ka një sector të përcaktuar Ω, atëherë mund të konsiderohet që të jetë një bashkim filamentesh paralele me boshtin *z*. Është mëse e qartë se potenciali *A*, mund të llogaritet si shumë e kontributeve të filamentit dhe kjo shumë mund të paraqitet me anë të një integrali, ndaj do të kemi:

$$A_z(P) = \frac{1}{2\pi} \int_\Omega j(M) ln \frac{1}{r_{PM}} d\Omega_M \quad (4.103)$$

ku r_{PM} është distance midis burimit të filamentit dhe pikës *P*të fushës, kështu që:

$$r_{PM} = \sqrt{(x_P - x_M)^2 + (y_P - y_M)^2} \quad (4.104)$$

Një rezultat i njëjtë mund të merret edhe duke përdorur ekuacionet diferenciale dhe integralin e mësipërm që njihet si zgjidhja e ekuacionit të Poisson-it dhe quhet integrali i Piosson-it, në teorinë e integralit (4.98) quhet vëllimi ose potenciali Neëtonian. Gjithsesi, duke patur potencialin A të përcaktuar, mund të përdoren relacionet elektromagnetike themelore dhe të shprehet densiteti i rrymave bredhëse në konduktor:

$$j(P) = -\gamma\ grad\ \emptyset - \gamma \frac{\partial A}{\partial t} \quad (4.105)$$

ku ø është një potencial skalar që del nga fakti se potenciali vektorial A nuk është unik. Duke konsideruar një rast sinusoidal me frekuencë këndore ω, ekuacioni (4.105)merr trajtën:

$$j(P) = -\gamma\ grad\ ø - i\gamma\omega A \quad (4.106)$$

Duke bërë një zëvendësim të thjeshtë (4.103) te (4.106) do të përftojmë ekuacion e integrali, që njihet nga matematicienët si ekuacioni i Fredholm-it, i llojit sekondar:

$$j(P) + \lambda \int_{\Omega} j(M)K(P,M)d\Omega_M = -\gamma grad\emptyset \quad (4.107$$

ku: $\lambda\omega\mu\gamma$

Mund të provohet se në rastet dy-dimensionale gradø është konstant në hapësirë dhe mund të ekuivalentohet nga kushtet e integralit duke shprehur rrjedhjen e rrymës përmes konduktorit:

$$\int_{\Omega} j(P)d\Omega_M = I_t \quad (4.108)$$

Prandaj, nevojitet informacioni mbi rrymën totale në mënyrë që të llogaritet shpërndarja e rrymavë bredhëse.

Por ky problem nuk është analog me problemet diferenciale të formuluara më sipër. Arsyeja është sepse në këtë rast diskutohet konduktori i vendosur në një hapësirë t lirë pa kushte kufizuese. Nëse është e nevojshme të vendosen atëherë bërthama e ekuacionit të integralit merr pjesë në këtë fakt.

Tashmë i përafrohemi nocionit të funksionit të Green-it. Ky funksion përbëhet nga dy komponente: njëri është zgjidhja themelore Go, që zgjidh ekuacionin e mëposhtëm në hapësirë të lirë:

$$\nabla^2 G_o(x,x') = \delta(r) \quad (4.109)$$

ku r = |x − x'| dhe δ është funksioni i Dirac-ut ose funksioni i impulsit i përcaktuar si më poshtë:

$$\delta(r) = \begin{cases} 1 & pwr\ r = 0 \\ 0 & pwr\ vlera\ te\ tjera \end{cases}$$

dhe

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \delta(r)dr \ = 1$$

ndërsa pjesa e dytë është zgjidhje për ekuacionin e Laplasit:

$$\nabla^2 F = 0 \quad (4.110)$$

që plotëson kushtet kufizuese.

Ashtu si edhe në shembullin e paraqitur, do të tregojmë zgjidhjen e funksionit të Green-it për rastin kur kërkojmë shpërndarjen e rrymavë bredhëse në konduktorin e vendosur në një zonë të mbyllur duke patur kushte kufizuese të përcaktuar qartë. Në këtë rast, funksioni Green mund të gjendet si zgjidhje midis vlerave kufizuese të problemint (Lipinksi dhe Krason 1981):

$$\nabla^2 G(x, x') = \delta(r) \quad (4.111)$$

Duke zgjidhur ekuacionin (4.111) mund të përftojmë funksionin e Green-it të shprehur sipas serisë Fourier, kështu që funksioni i plotësuar i Green-it do të jetë:

$$G = \sum_{n=1,3,\ldots}^{\infty} C_n f_{n\,(x)} g_n(y) \quad (4.112)$$

ku

$$f_n(x) = \cosh(\lambda_n x)$$

$$(y) = \cos(\lambda_n y)$$

$$C_n = -\frac{4}{n\pi \cosh(\lambda_n a)}$$

Më pas ekuacioni i integralit i problemit do të ketë trajtën:

$$j(M) = C + i\omega\mu\gamma \int_{\Omega} j(P)G(P, M)d\Omega_P \quad (4.113)$$

Konstantja e panjohur C, që paraqet fushën elektrike (4.113), del nga kushtet e integruara që lidhen më shpërndarjen e rrymavë bredhëse me vlerën totalë të njohur të rrymës rrjedhëse përmes konduktorit. Ndaj mund të shkruajmë:

$$\int_{\Omega} j(M)d\Omega = I_t \quad (4.114)$$

Duhet theksuar se formulimi i integralit nuk është edhe aq i thjeshtë për problemet e brendshme të rrymave bredhëse ashtu sic është në mjedisin e jashtëm. Kjo lidhet me faktin se se bërthama e ekuacionit të integruar është më komplekse kur merrën parasysh kushtet kufizuese. Nga ana tjetër, rasti i përshkruar këtu si shembull diferencial është përgjithësisht i rrallë sepse më së shumti ndeshemi me probleme më kufij të hapur, ose me probleme në të cilat rrymat bredhëse kanë zonë shumë më të vogël se sa hapësira totale. Më tej formulimi i integralit ka gjithashtu edhe një avantazh që lejon fshirjen e një zone të madhe jo konduktuese nga rajoni që analizojmë. Ndaj ky integral është më i përshtatshmi.

4.12.5. Forma variante

Dihet më së miri se një pjesë e madhe e problemeve diferenciale kanë gjithashtu karakteristika variante dhe anasjelltas. Ky fakt njihet edhe nga ekuacionet e Euler dhe Lagrnage, që në mënyrë diferenciale përshkruajnë principin e Hamilton. Ky është i vlefshëm për sa kohë që kemi të bëjmë me sisteme conservative. Nuk mund të fshehim faktim se problemet e rrymave bredhëse janë të natyrave të ndryshme, domethene formojnë një sistem të crregullt. Kështu që ngrihet pyetja: “A duhet t’I konsiderojmë format variante të papërshtatshme kur ndodhen jashtë fushës? Përgjigja është se ato janë tepër të rëndësishme.

Kapitujt e mësipërm na treguan se kur kemi të bëjmë me raste sinusoidale, mund të përdorim transformimin Fourier, që na con në ekuacionin e Hekmholtz në vend të atij parabolic dhe mund të trajtohet si një sistem konservativ. Në të vërtetë, transformimi i përmendur kapet pas fenomenit në një kohë të caktuar dhe në këtë kohë të fiksuar të gjithë proceset janë të papërfillshme. Rastet jo-sinusoidale janë shumë më komplekse të para nga ky këndvështrim, por ekziston mundësia e përdorimit të formulimit të formave variante. Realisht, përafrimi variant është i ngjashëm me atë diferencial dhe atë integral. Për vetë faktin se përafrimi variant është një cështje optimizmi, ka nevojë për disa kufizime dhe këto janë kushtet kufizuese. Kjo karakteristikë e bën përafrimin më të ngjashëm me formulimin diferencial. Në anën tjetër, formulimi variant merr trajtë integrale. Duke folur në aspektin filozofik, përafrimi përshkruan objektin si një të plotë, duke përjashtuar kufijtë që shihen si një bashkësi pikash.

Përafrimi variant mund të derivohet në mënyra të ndryshme, duke nisur nga ekuacioni i Euler-Lagrange ose fizikisht nga ekuacionet energjitike. Le të procedojmë me sfondin matematikor të këtij formulimi.

Teorema 4.1. Përcaktojmë operatorin L pozitiv dhe të vetvendosur. Funksioni u duke zgjidhur ekuacionin e operatorit $Lu = f$, minimizon funksionin $J(u) = (Lu, u) – 2(f, u)$.

Lexuesi mund të gjejë prova të teoremëm në shumë libra (për shembull Finlayson 1972), kështu që është e panevojshme t'i përmendim këtu. Duke gjetur formën më të përdorshme duke përshtatur identitetin e Green-it do të kemi:

$$(Lu, u) = (L_{-1}u, L_{-1}u) + B(u, u) \quad (4.115)$$

ku *(a,b)* jep prodhimin skalar të *a* dhe *b*[5] në rrafshin e marrë, L_{-1} jep operatorin që është i reduktuar në hapësirën funksionale përkatëse të *L* dhe *B* është funksioni kufizues. Pas këtyre përcaktimeve kalojmë në rrymat bredhëse. Operatori *L* sipas problemave harmonike pothuajse të lëvizshme do të jetë si në vazhdim:

$$L \equiv \nabla^2 - \alpha^2 \quad (4.116)$$

ku ∇^2 është operatori i Laplasit dhe $\alpha^2 = \mu\gamma$.

Mund të provohet se ky operator është pozitiv dhe i vetpërcaktuar, kështu që teorema e mësipërme është e vlefshme. Në këtë rastm operatori L_{-1} është operatori i shpëjtësisë së ndryshimit dhe funksioni *B* shprehet në vazhdim:

$$B(u, u) = \int_{\Gamma} u \frac{\partial u}{\partial n} d\Gamma \quad (4.117)$$

Pra qëllimi i problemit variant është të gjendet një funksion *u* që minimizon funksionin:

$$K(u) = (grad\ u, grad\ u) - \alpha^2(u, u) - 2(f, u) - [u, \frac{\partial u}{\partial n}] \quad (4.118)$$

ku *f* është funksioni i ngacimimit dhe [a,b] jep produktin scalar të *a* dhe *b* që vepron në kufij.

Problem mund të zgjidhet me shumë metoda edhe ato analitike (Sikora et al. 1978). Duhet theksuar fakti se formulimet variante kërkojnë kushte kufizuese të përshkruara duke qenë se integrali kufizues jepet në shprehjen (4.118). Pra, mund të përdoret në problemat që përfshijnë kufij të mbyllur. Le të nënvizojmë sërisht faktin se këto kërkesa lidhen me formën variante të formës diferenciale për shkak të natyrës integrale.

Një formulim shumë i ngjashëm me formulimin variant është edhe "formulimi jorezistent". Për sa kohë trajtohet problem eliptik, ekziston një korrespondim komplet midis dy formulimeve, duke qenë se operatori është i përcaktuar pozitivisht. Por ky nuk është i njëjti rast për problemat parabolike që përshkruan trajtën matematike të rrymave bredhëse në gjendjet e rastit. Në kët rast, problemi është i pazgjidhshëm dhe është e vështirë për të formuluar ligjet variante. Megjithatë, disa autorë kanë tentuar të gjejnë zgjidhje (Gurtin 1964, Tarasieëicz 1987). Megjithatë, këto përpjekje ishin të natyrës

matematike se sa fizike. Ndaj do të paraqesim formulën jorezistente, që na jep mundësinë të trajtojmë problemet e pazgjidhshme në rrugën pothuajse të palëvizshme. Procedura është si në vazhdim:

Marrim ekuacionin parabolik:

$$\nabla^2 u(x,t) = \alpha^2 \frac{\partial u}{\partial t} - f(x,t) \quad (4.119)$$

Duke shumëzuar të dyja anët e ekuacionit me funksionin arbitrar *v* dhe duke integruar të dyja anët sipas rrafshit, do të përftojmë ekuacionin integral:

$$\frac{d}{dt}\alpha^2(u,v) + a(u,v) = (f,v) + [u,v] \quad (4.120)$$

Më pas problem merr trajtë integrale, por qëndron në trajtën diferenciale duke qenë se jemi në rrafshin e kohës. Ekzistjnë mënyra variante të trajtimit në kohë të problemave derivate. Këtu mund të përshtatim metodën lineare me një hap, që quhet metoda θ, që është më e thjeshta. Funksioni i përafrimit *u*nga një funksion linear për çdo pjesë mund të shkruhet:

$$u = u^n\theta + u^{n+1}(1-\theta) \quad (4.121)$$

Në këtë përafrim derivimi sipas kohës do të jetë:

$$\frac{du}{dt} = \frac{u^{n+1} - u^n}{\Delta t} \quad (4.122)$$

Më pas do të marrë trajtën:

$$(u^{n+1},v) + \alpha(\theta u^{n+1},v) = (u^n,v) - \alpha((1-\theta)u^n,v) + (f^{n+1}\theta + f^n(1-\theta),\mathrm{v}) + [v,\left(\frac{\partial u}{\partial n}\right)^{n+1}\theta] + [v,\left(\frac{\partial u}{\partial n}\right)^{n}(1-\theta)] \quad (4.123)$$

Siç mund të shihet, kjo procedurë ka një natyrë përsëritëse duke qenë se fillon nga kushhti fillestar dhe procedon hap pas hapi, duke përdorur në çdo hap informacionin e llogaritur në një hap të mëparshëm. Ky formulim mund të konsiderohet si një pikë fillestare për metodat e tjera numerike, veçanërisht metodën e elementëve të fundëm. Në mënyrë të ngjashme mund të vendosim formulimin jorezistent për problemin e përhapjen e valës, por nuk do e trajtojmë në këtë artikull.

Ekziston një mendim i përgjithshëm që gjithë varitetet dhe formulat jorezistente janë të përshtatshme për përdorimin e metodës së elementëve të fundëm. Në të vërtetë, nuk ka pengesa në përdorimin e këtyrë metodave të diferencimit të fundëm. Gjithsesi,

për të qenë në përputhje me traditën na duhet të konfirmojmë mëndimin e përmendur dhe duhet t'i konsiderojmë këto formulime si baza për përafrimin e elementëve të fundëm.

4.12.6. Forma e integralit kufizues

Përafrimi variant i përshkruar në kapitullin e fundit është më shumë i lidhur me identitetin e parë të Green-it, ndërsa përafrimi i integralit kufizues është i lidhur me identitetin e dytë të Green-it.

Teorema e dyte e Green-it për operatorin L është si në vazhdim:

$$L(u,v) - (L^{*}v,u) = B(u,v) \qquad (4.124)$$

ku L* është operatori i përcaktuar i operatorit L dhe *v* është një funksion arbitrar që i përket hapësirës funksionale dhe është i përshtatshëm për *u*. Shprehja B(u,v) është kufiri funksional. Duke marrë parasysh ekuacionin:

$$\nabla^2 u(x) - \alpha^2 u(x) = f(x) \qquad (4.125)$$

me kushte kufizuese të përshkruara, mund të shkruajmë identitetin e dytë të Green-it:

$$(\nabla^2 u(x) - \alpha^2 u, v) - (\nabla^2 v - \alpha^2 v, u) = \left[u, \frac{\partial v}{\partial n}\right] - \left[v, \frac{\partial u}{\partial n}\right] \qquad (4.126)$$

Forma finale e këtij formulimi varet nga funksioni *v* dhe ky funksion mund të jetë zgjidhja themelore e problemit. Për të gjetur funksionin *v* do të zgjidhim ekuacionin në vazhdim:

$$\nabla^2 v - \alpha^2 v = \delta(r) \qquad (4.127)$$

Variabli *r* është distance midis burimit dhe pikave të fushës. Ekuacioni (4.127) ka një interpretim fizik, domethënë kërkon potenciali *v* të shkaktuar nga burimi i rrymës i vendosur në hapësirë të lirë.

Zgjidhja e ekuacioni (4.127) është si në vazhdim:

- Për problemin dy-dimensional

$$v(r) = \frac{K_o(\alpha r)}{2\pi} \qquad (4.128)$$

- Për problemin tri-dimensional

$$v(r) = \frac{e^{-ikr}}{4\pi} \qquad (4.129)$$

ku: K_o është funksioni i modifikuar Bessel i rendit 0.

Le të marrim parasysh rastin dy-dimensional duke qenë se rasti tri-dimensional është i natyrës vektoriale dhe do të diskutohet më vonë. Ndaj derivati normal i*v* do të jetë:

$$\frac{\partial v}{\partial n} = \frac{\alpha}{2\pi} K_1(\alpha r) \frac{\partial r}{\partial n} \qquad (4.130)$$

ku: K_1 është funksioni i modifikuar Bessel i rendit të unifikuar.

Duke përdorur karakteristikat:

$$(\delta(|x_i - x)|, u(x)) = u(x_i) \qquad (4.131)$$

dhe duke zëvendësuar ekuacionin (4.125) te ekuacioni (4.126) pas disa rregullimeve matematikore, arrijmë në një formë finale që na jep funksionin *u* në pikën $x_i$nga zona e kufizuar:

$$u(x_i) = \left[v, \frac{\partial u}{\partial n}\right] - \left[u, \frac{\partial v}{\partial n}\right] + (f, v) \qquad (4.132)$$

Duhet theksuar se problemi i vlerave të kufijve nuk mund të jepet si një problem i Cauchy-t, pra në asnjë pikë kufi nuk mund të përcaktohen kushtet Dirichlet dhe Neumann. Ndaj ekuacioni (4.132) është vetëm një formulë por nuk përcakton zgjidhjen e problemit. Prandaj, duhet të transformojmë ekuacionin (4.132) në një ekuacion integral kufi dhe kjo mund të realizohet duke e zhvendosur pikën integrale x_i në kufi. Më pas, zona që merret parasysh do të jetë e përshtatshme për të gjitha variablat e përfshira në ekuacionin (4.132). por, kur bëjmë këtë lloj ndryshimi krijojmë tipare të veçanta të kufirit, fatmirësisht të një forme jorezistente. Kjo do të thotë se të gjithë integralet do të jenë të integrueshëm sipas konceptit të Cauchy. Kur kemi të bëjmë më integrale të tilla, mund të përdorim formula të njohura nga analiza matematikore ose mund t'a zgjidhim këtë problem me disa ndryshime deductive. Kjo metodë është përdorur nga shumica e atyre që kanë krijuar botën e integraleve të kufizuar.

Marrim parasysh një kufi të butë dhe zgjedhim një pikë të veçantë në të. Për të shmangur këtë pikë, e rrethojmë atë me një gjysmë rreth ose gjysmë sferë, respektivisht në rastet dy-dimensionale dhe tre-dimensionale (figura (3.5) (4.131). Sipërfaqja *e* është e vogël mjaftueshme për të neglizhuar ndryshimet e funksionit në këtë pjesë të re të krijuar. Më pas, integralet e paraqitura në(4.132) mund të paraqiten si shumë e dy

integraleve: njëri që përfshin gjithë kufirin përvec Γ_e, dhe tjetra që përfshin këtë pjesë. Për rastet dy-dimensionale integralet do të ishin si në vazhdim:

$$I' = \int_{\Gamma_e} \frac{\partial u}{\partial n} K_o(\alpha e) d\Gamma \quad (4.133)$$

$$I'' = \int_{\Gamma_e} u K_1(\alpha e) d\Gamma \quad (4.134)$$

Duke supozuar se *e* tenton drejt zeros, për të dyja rastet e integralit të dytë do të kishim:

$$I'' = \frac{2\pi - \eta}{2\pi} u(x)$$

ndërsa integrali i parë tenton drejt 0.

Prej këtej, forma finale e ekuacionit integral të kufizuar do të jetë:

$$\frac{\eta}{2\pi} u(x_i) + \left[u, \frac{\partial v}{\partial n}\right] = \left[\frac{\partial u}{\partial n}, v\right] + (f, v) \quad (4.135)$$

Është e dukshme se koeficienti këndor do të jetë i barabartë me *0.5* nëse pika x_i do të jetë në pjesën e butë të kufirit $(\eta = \pi)$. Ndërsa, në raste të tjera duhet të llogaritet.

Edhe pse zgjidhja e këtij ekuacioni mund të përftohet nga metoda të ndryshme, shpesh njihet si një pikë ndarëse e metodës së elementit kufizues. Theksojmë se për problemet e vlerës së kufijve, që janë të Dirichlet ose Neumann, ekuacioni që u diskutua konvertohet në ekuacionin integral të Fredholm, përkatësisht i llojit të parë dhe të dytë.

Le të kalojmë në problemet e rastit. A ekziston ndonjë teorem e Green-it për këtë problem? Në fakt jo, por mund të përgjithësojmë një formul të Green-it edhe për ekuacionet parabolike.

Formulimi i integralit-kufizues e problemit parabolic mund të derivohet në tre rrugë:

(1) Disa tipe skemash të diferencës së fundme
(2) Transformimi i Laplasit
(3) Paraqitja e zgjidhjes themelore të varësisë në kohë

Përpara se të vazhdojmë, duhet të përshkruajmë shumë shkurt dy të mbeturat. Duke u kthyer edhe një herë te ekuacioni parabolik(4.119) gjejmë zbatim në skemën tradicionale të skemës së diferencës së fundme, e ngjashme me atë në formulimin e varësisë në kohë. Ndaj do të paraqesim metodën lineare me një hap, kështu që funksioni *u* paraqitet nga skema e diferencës së mëposhtme me parametrin θ:

$$u = u^{n+1}\theta + (1 - \theta)u^n \quad (4.136)$$

ku parametri:$\theta = [0,1]$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{u^{n+1} - u^n}{\Delta t} \qquad (4.137)$$

Përftojmë ekuacionin Helmholtz-it:

$$\theta \nabla^2 u^{n+1} - \Delta t \alpha^2 u^{n+1} = -(1-\theta)\nabla^2 u^n - \Delta t \alpha^2 u^n - f^{n+\theta} \qquad (4.138)$$

Dobia e vogël e këtij përafrimi vjen nga problemii njohur lidhur me konvergjencën dhe qëndrueshmërinë e skemës së diferencës.
Rruga e dytë, ka të bëjë me paraqitjen e transformimit të Laplasit, që na çon në ekuacionin e Helmholtz-it përsëri:

$$\nabla^2 \bar{u}(x,s) - \alpha^2 s \bar{u}(x,s) = u(x,0) + \bar{f}(x,s) \qquad (4.139)$$

Do të kemi:

$$\mathcal{L}\left(\frac{\partial u}{\partial t}\right) = s\bar{u} - u(x,0) \qquad (4.140)$$

Por në këtë rast zgjidhja e ekuacionit integral varet nga parametrat s dhe në mënyrë që të përftohet zgjidhja në hapësirën e kohës duhet bërë një transformim i kundërt. Zgjidhja, në hapësirën e transformimit, jepet në mënyrë diskrete duke qenë se është e nevojshme të jepet sekuenca $\{s_i\}$. Një zgjedhje e papërshtatshme mund të japë zgjidhje në kohë në një rrafsh të pakërkuar. Për më tepër, procesi i anasjelltë numerik i transformimit të Laplas-it është një shembull klasik i problemeve të keqparaqitura të Hadamard-it. Ndaj mënyra e tretë mbetet rruga më e mirë dhe do të përqëndorjmë vëmendjen tonë te ajo.

Marrim ekuacionin (4.119) si bazë të analizës sonë. Paraqesim rrafshin kohë-hapësirë në të cilin do të integrojmë të dyja anët e ekuacionit dhe do t' i shumëzojmë me funksionin arbitrar *v*, që varet nga koha dhe hapësira (John 1978). Duke patur identitetin e integruar, do të përdorim formulën e përgjithësuar të Green-it dhe do të kemi:

$$\int_0^t \int_\Omega (Lu - L^* v) d\Omega d\tau = \int_0^t \int_\Gamma \left(v\frac{\partial u}{\partial n} - u\frac{\partial v}{\partial n}\right) d\Gamma d\tau + \alpha^2 \int_\Omega uv d\Omega|_{\tau=0}^{\tau=t} \qquad (4.141)$$

Arrijmë në të njëjtën pikë si më parë, ku pëftojmë formulën integrale që lidhet me funksionin e kërkuar *u* dhe funksionin arbitrar *v*. Duke proceduar si më parë, do të gjejmë funksionin *v* si zgjidhje të ekuacionit të mëposhtëm:

$$L^*v = 0 \quad (4.142)$$

Vërejmë në këtë rast se operatori *L* nuk është i vet-përcaktuar dhe shprehet si:

$$L^* \equiv \nabla^2 + \alpha^2 \frac{\partial}{\partial t} \quad (4.143)$$

Zgjidhja e ekuacionit (4.142) njihet si potencial termal dhe forma e tij është si më poshtë:

$$v = \frac{\alpha^2}{[4\pi(t-\tau)]^{d/2}} \left[-\frac{\alpha^2 r^2}{4(t-\tau)}\right] \quad (4.144)$$

ku r i është distancë midis pikës së mbikqyrjes dhe pikës së burimit dhe d është dimensioni i problemit.

Duke e zëvendësuar këtë në ekuacionin (4.141) dhe duke shfrytëzuar faktin se

$$\lim_{\tau \to t} v = \delta(r) \quad (4.145)$$

do të përftojmë formulën përfundimtare për llogaritjen e funksionit u brenda rrafshit në diskutim në kohën t dhe në pikën x_i:

$$\alpha^2 u(x_i, t) = \int_0^t \int_\Gamma \left(v \frac{\partial u}{\partial n} - u \frac{\partial v}{\partial n}\right) d\Gamma d\tau + \alpha^2 \int_\Omega uv d\Omega|_{\tau=0} + \int_0^t \int_\Omega fv d\Omega d\tau \quad (4.146)$$

Shprehja e mësipërme është vetëm një formulë dhe nuk lejon llogaritje për shkak të mosekzistencës së kushteve të kufijve të Neumman-it dhe Dirichlet-it. Ndaj, në mënyrë që të përftojmë një ekuacion të mirë-paraqitur, duhet të zhvendosim pikn x_i në kufij.

Përpara se të zhvendosim pikën në kufij, do të bëjmë llogaritjen e problemit në mënyrë që të shmangim integralet e kohës. Supozojmë se funksioni u dhe derivati normal i tij mund të zëvendësohet më një funksion shkallë në kohë.

$$u(x,t) = \sum_{i=1}^{m} u(x, t_i)[\eta(t_i) - \eta(t_i - 1)] \quad (4.147)$$

ku η(t) është funksioni njësi-shkallë dhe $t_m = t$. Më pas, integralet e kohës paraqiten me shumë. Duke ndryshuar sekuencën e integrimit do të përftojmë si integrues hapësire, integralin që mund të zgjidhet analitikisht në rastin dy dhe tri-dimensionale. Do ta

mënjanojmë zgjidhjen e rastit tri-dimensional duke qenë se është vektorial dhe kërkon një përshkrim të ndarë dhe do e përqëndrojmë vëmendjen tonë në rastin dy-dimensional.

Shprehja analitike e të dy integraleve do të jetë si në vazhdim:

$$\beta(x; x_i, t; t_i; t_{i-1}) = \int_{t_i-1}^{t_i} \frac{\partial v}{\partial n} dt = [\exp(\omega_{i-1}) - \exp(\omega_i)] \quad (4.148)$$

$$\varphi(x; x_i, t; t_i; t_{i-1}) = \int_{t_i-1}^{t_i} v dt = \frac{\alpha^2 d}{8\pi^2 r}[E_1(\omega_i) - E_1(\omega_{i-1})] \quad (4.149)$$

ku: E_1është eksponenti integral:

$$E_1(x) = \int_0^x \frac{e^{-t}}{t} dt\, \omega_n = \frac{\alpha^2 r^2}{4(t - t_n)}$$

$r = |x - xi|$, d është distancë midis pikës x_1 dhe pikës së integruar.

Në fund, ekuacioni (4.146) bëhet:

$$\alpha^2 u(x_i, t) + \sum_{i=1}^{m} \int_\Gamma u(x, t_i)\beta d\Gamma = \sum_{i=1}^{m} \int_\Gamma \frac{\partial u}{\partial n}|_{t_i} \varphi d\Gamma + \alpha^2 \int_\Omega v|_{\tau=0} u(x, 0) d\Omega + \int_0^t \int_\Omega f v d\Omega \quad (4.150)$$

Në këtë moment mund të lëvizim pikën integrale në kufi duke përdorur të njëjtën teknikë duke shqyrtuar veçoritë. Ashtu si pritet, rezultati është *I* njëjtë duke qenë se integrali mbi gjysmë-rrethin jep ndihmesën që varet nga butësia e kufirit dhe ndaj ekuacioni integral i kufirit do të jetë:

$$\frac{\eta}{2\pi}\alpha^2 u(x_i, t) + \sum_{i=1}^{m} \int_\Gamma u(x, t_i)\beta d\Gamma = \sum_{i=1}^{m} \int_\Gamma \frac{\partial u}{\partial n}|_{t_i} \varphi d\Gamma + \alpha^2 \int_\Omega v|_{\tau=0} u(x, 0) d\Omega + \int_0^t \int_\Omega f v d\Omega \quad (4.151)$$

Duke qenë se formulimi i integralit të kufizuar jepet vetëm në terma të hapësirës, duket qartë se ky formulim është përsëri pika fillestare e metodës së elementëve kufizues. Sigurisht që përafrimi i kohës i përshtatur në këtë rast do të jetë i ndryshëm, për shembull mund të jetë linear ose një rendi më të lartë, por kjo nuk sjell ndryshime në bazën e derivimeve të mësipërme. Ndaj kemi përdorur përafrimin më të thjeshtë.

Duke kaluar në analizën tri-dimensionale do të nëvizojmë faktin se përafrimi i integralit të kufizuar mund të kërkojë një numër variablash, por më e përshtatshme është përdorimi i variablave direkte. Gjithashtu, formulimi i integrali kufizues mund të vërtetohet në disa mënyra të ndryshme, si për shembull duke përdorur formulën e Green-it (Stratton 1943, Mitra 1973). Mbi të gjitha, mënyra e paraqitur duket të jetë mënyra më e përshtatshme lidhur me qëllimin e analizimit të rrymave bredhëse.

Realisht, duke marrë parasysh një trup të ngurtë të jashtëm konduktues ngacmues, mund të shkruajmë ekuacionin diferencial duke u bazuar në ekuacionet themelore elektromagnetike:

$$\nabla^2 H^+(x,t) = \mu\gamma \frac{\partial H^+}{\partial t} \quad (4.152)$$

$$\nabla^2 ø^-(x,t) = 0 \text{ m} \quad (4.153)$$

Ekuacionet e mësipërme bashkohen me kushtet e ndërfaqes:

$$n\ x\ (H^+ - grad\ ø^-) = n\ x\ H_e \quad (4.154)$$

$$n \cdot (\mu H^+ - \mu_0 grad\ ø^-) = \mu_0 n \cdot H_e \quad (4.155)$$

ku: H_e është fusha ngacmuese.

Për të formuluar përafrimin e integralit kufizues do të përdorim konceptin e burimeve sekondare (Tozoni dhe Mayergoyz 1975, Mayergoyz 1986). Këto burime janë densiteti i rrymës në sipërfaqe dhe ngarkesa magnetike e sipërfaqes e shpërndarë në kufij. Ndaj, duke paraqitur variablat e sipërfaqes dhe duke përdorur teoremat e teorisë së potencialeve do të kemi:

$$H^+(P,t) = curl \int_S j_s(M,t)\, K(r_{PM},t,\tau) dS_M d\tau \quad (4.156)$$

ku:

$$K(P,M,t,\tau) = \frac{\alpha}{8\pi^{\frac{3}{2}}(t-\tau)^{3/2}} \exp(-\frac{\alpha^2 r^2}{4(t-\tau)}) \quad (4.157)$$

$$ø^-(P,t) = \frac{1}{4\pi}\int_S \sigma(M,t) r_{MP}^{-1} dS \quad (4.158)$$

Duke paraqitur një funksion shkallë të shtrirë në n-intervale kohe për përafrimin e variablave të panjohura j_s dhe σ dhe duke lidhur potencialet me kushtet e ndërfaqes, do të përftonim një sistem ekuacionesh integralesh të kufizuar në formën si më poshtë:

$$0.5\alpha^2 j_s(P,t) + \int_S n_P\ x\ \sum_{i=1}^{n} j_s(t_i)\ x\ r_{MP}\, \psi(r_{MP},t,t_i,t_{i-1}) dS - \frac{1}{4\pi}\int_S \sigma(M,t_i)\, n_P\ x \frac{r_{MP}1}{r_{MP}^3}\, dS = -n_p\ x\ H_e(t) \quad (4.159)$$

$$0.5\sigma(P,t) + \frac{1}{4\pi}\int_S \sigma(M,t)\, n_P \cdot r_{MP}\ \psi(r_{MP},t,t_i,t_{i-1}) dS = -n_P \cdot H_e(t) \quad (4.160)$$

$$\psi(r_{MP}, t, t_i, t_{i-1})dS = \frac{\alpha^2}{2\pi^{\frac{2}{3}} r_{MP}^3} \left[\Gamma\left(\frac{3}{2}, \omega_{i-1}\right) - \Gamma\left(\frac{3}{2}, \omega_i\right)\right] \quad (4.161)$$

ku:

$$\omega_i = \frac{\alpha^2 r_{MP}^2}{4(t - t_i)}$$

dhe Γ(p,x) është funksioni i paplotë Gamma dhe në këtë rast është si në vazhdim:

$$\Gamma\left(\frac{3}{2}, \omega_i\right) = \sqrt{\omega_i}\exp(-\omega_i) + \frac{\sqrt{\pi}}{2}\mathrm{erf}(\sqrt{\omega_i}) \quad (4.162)$$

Kemi parasysh që $\Gamma(3/2,0) = 0$ dhe $\Gamma\left(\frac{3}{2}, \infty\right) = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$. Për $t = t_n$ funksioni ψ mund të shprehet në mënyra më të thjeshta, si për shembull:

$$\psi = \frac{\alpha^2}{2\pi^{\frac{2}{3}} r_{MP}^3} \left[\frac{\sqrt{\pi}}{2} - \left[\Gamma\left(\frac{3}{2}, \omega_{n-1}\right)\right.\right. \quad (4.163)$$

Duke qenë se shprehja (4.163) paraqet bërthamën e një potenciali me shtresë të dyfishtë në problemat statike, ajo konfirmon saktësinë e supozimit të mësipërm.

Për rastet pothuajse të palëvizshme, që janë problemat sinusoidale procedura do të jetë e njëjtë. Ndryshimi qëndron tek bërthama e ekuacionit (4.157) dhe do të kemi:

$$K(r) = \frac{\exp(-ikr)}{4\pi r} \quad (4.164)$$

ku: $k = \sqrt{\frac{\omega\mu\gamma}{2}}$

Si pasojë, të gjitha bërthamat pasuese do të ndryshojnë dhe sigurisht variantet e kohës nuk do të jenë më të vlefshme.

Duhet theksuar sërisht se përdorimi i variablave direkte nuk është mundësia e vetme e formulimit te integralit kufizues të rasteve tri-dimensionale.

Përafrimi i integralit të kufizuar është një metodë elegante për sa i përket anës matematikore, por përmban disa vështirësi që lidhen me veçoritë dhe integrimin numerik. Megjithatë, përdorimi i këtij përafrimi ka një shtrirje goxha të gjerë.

KAPITULLI 5.

NIVELI I NDOTJEVE ELEKTROMAGNETIKE NË MJEDISET PORTUALE TË SHQIPËRISË

5.1. Hyrje

Ndotjet nga rrymat bredhëse si pasoj e pranisë se fushave elektromagnetike janë dukuri e njohura kohët e fundit. Në ditët tona këto lloj ndotjesh shkaktojnë dëmtime të konsiderueshme në drejtim: të keq funksionimit të pajisjeve dhe dëmtimit të tyre, të dëmtimit të florës dhe faunës detare, shoqërisë njerëzore, e tjera. Njohja e këtyre dukurive merre rëndësi të veçantë për mjediset detare në momentet e kryerjes së investimeve dhe të rritjes së kërkesave ndaj shërbimeve që ofrojnë këto mjedise.

Studimi ynë ka si objektë vlerësimin e ndotjeve nga rrymat bredhëse shkaktuar nga fushat elektromagnetike duke marrë në konsideratë faktorët meteorologjikë dhe cilësinë e mjediseve portuale tokë-uji-ajër.

Niveli i ndotjeve nga fusha elektromagnetike dhe rrymat bredhëse varet nga: makinerit dhe pajisjet e instaluara dhe fuqia e tyre, nga faktorët atmosferikë (temperatura, presioni atmosferikë, dallgëzimet, lagështia), përmbajtja e kripshmërisë, prania e defekteve elektrike, karakteristikat magnetike dhe elektrike të mjedisit (materialet).

Pjesë e rëndësishme e këtij studimi janë rezultatet e marra mbi vlerat e intensitetit të fushës elektrike, intensitetit të fushës magnetike, rrezatimit elektromagnetik në hapësirat portuale, nëpërmjet matjeve direkët me Instrumentin matës Elektro-smog TES-92, si dhe e vlerave të lagështisë absolute, temperaturës, presionit atmosferik dhe rezistencës elektrike në këto mjedise me anë të instrumentit Termo-hygrometër dhe barometër (atmosfera) PCE-THB 40.

Punimi paraqet një panoramë tepër të plotë mbi ndikimin e faktorëve meteorologjike, temperaturës, presionit atmosferik dhe përmbajtjes se lagështirës në këto mjedise, në vlerat e rezistencës specifike, përcjellshmërisë elektrike dhe në nivelin e ndotjeve nga rrymat bredhëse.

Bazuar në matje konkrete të faktorëve meteorologjike dhe në ndryshimin e vlerave të rezistencës specifike në këto hapësira ne kemi mundur të interpretojmë nivelet e ndryshme të ndotjeve nga rrymat bredhëse për portet detar të vendit tonë.

Vlerat e larta dhe të konsiderueshme të rrymave bredhëse apo densitetit të tyre shkakton jo vetëm korrozion si forma më e lartë e shkatërrimeve në fushën e transportit detar që janë dëmtimet e mjediseve detare dhe dëmtime të infrastrukturës, por shkaktojnë edhe dëmtime ndaj faunës dhe florës, njerëzëve dhe të tjera dëmtime që duhen vlerësuar.

5.2. Objekti i studimit

Objekti i studimit tonë jane hapsirat toka-uji dhe ajëri i Portit Detar të Durrësit, Portit Detar të Vlorës, Portit Detar të Sarandës dhe Portit Detar të Shëngjinit,

pjesëtëinfrastrukturës së transportit detar në vendin tonë. Këto objekte të vendosura në vjiën bregdetare të Shqipërisë që lagen nga Deti Adriatik, Deti Jonë, janë të rëndësishme jo vetëm si pjesë e strukturave të transportit, por edhe si objekte me rëndësi për turizëm, studim e tjera.

Në studiminështë objekti i matjeve direkte reale i karakteristikave të fushave elektromagnetike të krijuara nëpër kalatet e portit detarë të vendit tonë, duke u përqëndruar në kalatat që kanë fuqinë elektike më të madhe të instaluar, 50 m dhe 100 m largë tyre, si dhe në ambjente ndarës midis qyteteve (vendeve të banuar) dhe mjediseve portuale.

Gjithashtu nga ana jonëështë bërë edhe monitorimi i temperaturave, presionit atmosferik, lartësisë së dallgëve, lagështisë absolute në këto pika studimi.

5.2.1. Porti Detar i Durrësit

Porti Detar i Durrësit ndodhet në pjesën veriore të Gjirit të Durrësit përgjatë vijës bregdetare me shtrirje 1400 (m) me sipërfaqe ujore 670000 (m^2), sipërfaqe tokësore 650000 (m^2), me një kanal hyrje me gjatësi 6755 (ml), gjerësi 120 (m), thellësi 9,5 (m), të kufizuar me bova ndriçuese nga fillimi i tij deri tek dallgëthyesi, ndërsa thellësi në territorin e portit është 7,3 (m) deri në 11,5 (m).

Porti Detar i Durrësit është porti më i madhë në Shqipëri i cili ofron të gjitha shërbimet portuale. Struktura e tij portuale përbëhet nga 12 kalata me një gjatësi totale të tyre 2275 (ml) dhe është në gjendje të përpunojë rreth 78 (%) të trafikut ndërkombëtar detar të Shqipërisë, ka një kapacitet përpunues 5000000 (ton/vit).

5.2.2. Porti Detar i Vlorës

Porti Detar i Vlorës, është porti i dytë në Shqipëri për nga rëndësia, i vendosur rreth 90 km në jug të Portit të Durrësit dhe është përcaktuar si porta e dytë hyrëse e Korridorit VIII. Në këtë port kryhet përpunimi i anijeve traget me pasagjerë dhe anijeve me mallra, duke mbuluar rreth 10% të mallrave të eksport-importit. Porti është në procesin e zhvillimit të infrastrukturës dhe superstrukturës së tij, të cilat përfshijnë ndërtimin e kalatave për mallrat dhe kalatës së trageteve.

Porti i Vlorës është ndërtuar në gjirin e Vlorës dhe ka një sipërfaqe totale prej 5.300 (m^2) me akuarium 5 000 (m^2). Thellësia min. e portit 4.6 (m) dhe thellësia maksimale. e portit 11 (m). Kapaciteti maksimal i përpunimit të mallrave, ngarkim-shkarkim është 5400 (ton/24orë). Është një port i hapur me 2 kalata kryesore ku përpunohen anije tregtare dhe tragete.

Kalaten "0" me përmasa 100 X 18 m, thellësi 3-11 m; Kalaten kryesore me përmasa 180 X (10- 15) m dhe thellësi 2-7 m, fuqi përpunues 300- 600 000 ton / vit.

Koha e përpunimit për tragetet mesatarisht 4-5 orë, ndërsa e anijeve të mallrave 2-3 ditë [62],[63].

5.2.3. Porti Detar i Sarandës

Porti i Sarandës është i vetmi port në jug të Shqipërisë dhe u shërben qyteteve të jugut: si Sarandë, Delvinë, Gjirokastër, Përmet, Tepelenë. Porti i qytetit të Sarandës, ku kryhen aktivitetet kryesore, ai ka një sipërfaqe prej 18 mijë (m²).

Porti i Sarandës, është port sekondar i vendosur rreth 160 (km) në jug të Portit të Durrësit, ku përpunohen anijet e pasagjerëve dhe me mallra. Si një port brenda qytetit me drejtim kryesisht turistik, për përpunimin e pasagjerëve, kurse përpunimi i mallrave do të bëhet në Gjiun e Limionit (rreth 3 (km) nga porti i qytetit).

Kalata e përpunimit të mallrave ka një gjatësi 75 (ml) zhytje; 6 (m) thellësi si dhe 2000 (m²) sheshe përpunimi, në të cilin është i instaluar një elektrovinxh me ganç 5 (ton)

Kalata e trageteve me sheshe përpunimi 15000 (m²), me parametra bashkohorë me gjatësi 180 (ml), zhytje deri 9 (m) thellësi.

5.2.4. Porti Detar i Shëngjinit

Porti Detar Shëngjin, ndodhet në pjesën veriore të Republikës së Shqipërisë, dhe është i vetmi port në këtë hapësirë. Brenda hapësirës portuale gjenden magazina depozitimi të mbyllura me sipërfaqe 2.000 (m²), si dhe 10.000 (m²) hapësirë për depozitimin e mallrave.

Sipërfaqja e terminalit të mallrave është 2.440 (m²), ndërsa e atij të pasagjerëve të sapo ri konstruktuar me parametra bashkëkohorë është 250(m²). Kalatës me gjatësi 600 metra për përpunimin e mjeteve komerciale, dhe kalatës me gjatësi 260 (m) për mjetet e peshkimit.

Porti i Shëngjinit, ka një sipërfaqja totale 3.750 (m²) dhe sipërfaqja e basenit ujor 3.500 (m²), me një kanal hyrës me gjatësi 300 (m) dhe gjerësi 80 (m), thellësia totale arrin në 7 (m).

Kapaciteti aktual i portit për përpunimin e anijeve është 1.500-2.000 (ton/ditë) (konkretisht është arritur sasia e 30.000 (ton) ngarkesë e përpunuar në vit), mund të përpunohen lehtësisht anije me gjatësi deri 120 (m).

5.3. Metodika e studimit

Studimi i përket vitit 2015 dhe vitit 2016, sipas katër stinëve për shkak të karakteristikave meteorologjike.

Metodika e studimit e përdorur është evidentimi, përpunimi statistikor dhe grafik i karatkeristikave meteorologjike dhe te fushave elekttomagnetike në pikat e

studimit për periudhën kohore dy vjeçare, duke nxjerë në dukje rolin e karakteristikave meteorologjike në nivelin e ndotjeve elektromagnetike.

Figura 5.1. Pamje nga matjet direkte në hapsirat portuale të karakteristikave të fushave elektromagnetike.(matjet në tokë, uji dhe ajër).

Pra, rezultatet e marra i kemi përpunuar për të dhënë një panoram të plotë mbi ndotjet elektromagnetike në këto mjedise. Studimin e kemi realizuar për një periudhë dy vjeçare 2015 dhe 2016 të ndarë në katër periudha kohore në çdo tremujorë për të dal qartë roli i karakteristikave të mjedisit dhe meteorologjikë.

5.4. Instrumentet matës

5.4.1. Instrumenti matës elektro-smog TES-92

Për përcaktimin e parametrave karakteristike të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike, në mjediset e porteve detare të Shqiperisë në përdorëm instrumentin matës **elektro-smog TES-92.**

Instrumenti matës elektro-smog TES-92, është me sonde tre dimensionale sferike me frekencë 3.5 dhe shërben për të treguar vlerën mesatare në tre drejtime. Është me një keran i cili rruan dhe jep 99 vlerat e matjeve të përparme. Për vlerat që kërkojmë të marrim ky aparat kërkon të përcaktohen paraprakisht vlerat kufitare të cilat ai kur i konstaton i njofton nëpërmjet sistemtit të alarmit LCD.

Figura 5.2. Pamje e instrumentit matës elektro-smog TES-92.

Instrumenti matës elektro-smog TES-92 është matës i intensitetit të fushës nëpërmjet matjes së rrezatimit elektromagnetik. Gjithashtu përdoret për të matur rrezatimin në LAN me valë, GSM apo për përcaktimin e rrezatimit mikrovalë. Me frekuenca deri në 3.5 GHz, është e mundur që të përdorim pajisjen. Matja me sondën tre-dimensionale kursen llogaritjen e akseve individuale. Matësi i vogël elektro smog me veti të veçanta të përshtatshme përdoret në çdo fushë dhe në industri, si dhe në laboratorë thjeshtë, shpejtë dhe të saktë.

Karakteristikat e instrumentit matës elektro-smog TES-92 janë: intervali i frekuencave që përcakton 50 MHz deri në 3.5 GHz, ka sensor të Intensitetit të Fushës Elektrike (E), për matje tre dimesionale izotropike, me iterval vlerash 38 mV/m deri 11 V/m, përcaktimi i matjeve është automaike. Njësitë e matjeve të vlerave shfaqen në ekranin e tij në: mV/m, V/m, µgA/m, mA/m, µgW / m², mW / m². Rezolucioni : 0.1 mV/m; 0.1 µgA /m; 0.01 µgW/m², ndërsa gabimi absolutë në matje (me 1V/m dhe 50MHz) ± 1.0 Db dhe saktësi (në varësi të frekuencës) ± 1.0 dB (50 MHz ... 1.9 GHz) ± 2.4 dB (1.9 GHz ... 35 GHz).

Ndërsa si parametra të tjerë mund të përmendimë: Devijimi Izotropikë e ± 1.0 dB (në frekuenca > 50 MHz), zonën maksimale të matjes 4.2 W / m² (40 V / m), devijimi i temperaturës e ± 1.5 dB e tjera.

Vlera mesatare të marra janë me saktësin deri 4-shifrorë LCD, mund të përsëriten për çdo vlerë të matur në çdo 400 ms. Aparati ka sistem sinjalizimin alarm të zërit kur tejkalon vlerat kufitare, ka rrregullim të faktorit të kalibrimit, dhe matje të vlerave të matura maksimale, mesatare dhe minimale.

5.4.2. Termo-hygrometër dhe barometër (atmosfera) PCE-THB 40

Matësi i të dhënave të faktorëve meteorologjike është instrumenti Termo-hygrometër dhe barometër (atmosfera) PCE-THB 40

Matësi për temperaturën, lagështinë relative dhe shtypja atmosferike nga një kartë memorie SD. PCE-THB 40 thermohygrometër dhe barometri-atmosfera mund të masë temperaturën ambientit, lagështin relative dhe shtypjen atmosferike, duke e mbajtur këto rezultate të një kartë memorie SD. PCE-THB 40 thermo-hygrometer dhe barometri-atmosfera është një matës kompaktë i të dhënave me një kapacitet të madh të kujtesës (max. 16 GB SD kartë).

Figura 5.3. Pamje e përgjithshme e instrumentit Termo-hygrometër dhe barometër (atmosfera) PCE-THB 40

Ky aparat është një mjet ideal për përdorim të zgjatur në sektorin industrial (transportit), por edhe për matjet të tjera në sektorin industrial (proceset e ngrohjes dhe

ftohje, temperatura mbi makinat dhe magazina, etj). Vlera aktuale do të shfaqet direkt në një ekran të madh LCD PCE-THB 40 Hygrometeri dhe barometri-atmosfera. Me software opsional është analiza e mundur dhe grafikëtë vlerave të matura.

Të dhënat jan ruajtur direkt në kartën SD , kështu që është e mundur edhe analiza duke përdorur programin MS Excel (p.sh. duke kontrolluar nëse një vlerë e një kolonë tejkalon limitin e lejuar). PCE-THB 40 thermo-hygrometri dhe barometri-atmosfera ka një orë të brendshme për të siguruar njerëzit me rezultate sa më të sakta. Kuota e matjes mund të rregullohet.

Instrumeti Termo-hygrometër dhe barometër (atmosfera) PCE-THB 40 shërben për matjen e lagështisë relative, temperaturës dhe presionit atmosferikë, kan një memorje të dhënat e regjistrimit në kohë reale dhe kartën e kujtesës (1 deri në 16GB), të dhënat të cilat ruhen direkt në formatin Excel në kartën SD**,** si e njësive matëse të presionit ka: HPA, mmHg dhe inHg është me një ekran të madh LCD, ka operator të thjeshtë me 2 karta GB dhe me një softwarë për transferimin dhe analizmin e të dhënave në kompjuter.

Thermo-hygrometër dhe barometer-atmosferë të PCE-THB 40, 1x2GB SD kartelën e kujtesës, 1x lexues i kartelës. Opsionale në dispozicion: software, ISO-çertifikuar, përshtatës

5.5. Rezultatet e studimit

Objekti i studimit të punimi janë karakteristikat e fushave elektromagnetike në mjediset portuale të RSH, si uji, tokë dhe ajri, në distanca të ndryshëm nga burimi i tyre (nga makinerit).

Matjet e karakteristikave të fushave elektromagnetike (Itensitet dhe densitet të fushës magnetike dhe fushës elektrike) në mjediset portuale të Republikës së Shqipërisëështë realizuar në periudhën janar 2015 deri në dhjetor 2016, nëpërmjet instrumentit matës elektro-smog TES-92. Ndërsa të dhënat mbi prametrat meteorologjik në të cilat janë bërë matjet e karakteristikave të fushave elektromagnetike është realizuar me Termo-hygrometër dhe barometër (atmosfera) PCE-THB 40.

Gjatë studimit rezultatet e marra janë përpunuar dhe grupuar për çdo vit në katër periudha kohore studimore me nga tre muaj secila, duke patur parasysh faktin që ndryshimet meteorologjike janë të pakonsiderueshëm brenda këtyre periudhave.

Vlerësimi i matjeve është bërë sipas kërkesave të standarteve për distancat 30 cm, 50 m dhe 100 nga burimet, si dhe në afërësi të vendeve të banuar pranë qendrave portuale.

5.5.1. Matja e karakteristikave metorologjike

Tabela Nr.5.1. Karakteristikat meteorologjike dhe rezistencat elektrike në mjediset portuale.

Portet detare	Parametrat	Periudheat kohore			
		Janar-Mars	Prill-Qershor	Korrik-Shtator	Tetor-Dhjetor
Durrës	Lagështia relative e ajërit -HR (%)	51	53	48	56
	Temperatura -T (0C)	11,2	20,1	23,8	16,7
	Presioni atmosferik-P (hPa)	1013,4	1012,5	1013,7	1015,2
	Rezistenca elektrike KΩ/MΩ(uji/tokë)	12,2-5,6	12,2-5,6	12,2-5,6	12,2-5,6
		1,2-14,4	1,2-14,4	1,2-14,4	1,2-14,4
Vlorë	Lagështia relative e ajeri -HR (%)	46	42	44	48
	Temperatura -T (0C)	10,4	19,5	23,4	16,4
	Presoni atmosferik-P (hPa)	1014,4	1013,5	1014,7	1016,2
	Rezistenca elektrike KΩ/MΩ (uji/tokë)	11,2-6,6	11,2-6,6	11,2-6,6	11,2-6,6
		1,4-19,4	1,4-19,4	1,4-19,4	1,4-19,4
Sarandë	Lagështia relative e ajëri -HR (%)	48	39	44	52
	Temperatura -T (0C)	17	25	28	16,5
	Presoni atmosferik-P(hPa)	1011,3	1015,4	1013,7	1012,5
	Rezistenca elektrike KΩ/MΩ(uji/tokë)	11,8-6,9	11,8-6,9	11,8-6,9	11,8-6,9
		1,23-17,4	1,23-17,4	1,23-17,4	1,23-17,4
Shëngjinë	Lagështia relative e ajeri -HR (%)	41	34	38	46
	Temperatura -T (0C)	13	19	21	14
	Presoni atmosferik-P (hPa)	1011,7	1009,8	1010,7	1012,7
	Rezistenca elektrike KΩ/MΩ (uji/tokë)	10,2-6,6	10,2-6,6	10,2-6,6	10,2-6,6
		1,5-19,4	1,5-19,4	1,5-19,4	1,5-19,4

5.5.2. Matja e karakteristikave të fushave elektromagnetike

5.5.2.1. Rezultatet e matjeve mbi karakteristikat e fushave elektromagnetike në Portin Detar të Durrësit.

Tabela Nr.5.2. Karakteristikat meteorlogjike dhe rezistenca elektrike e mjediseve të Portit Detar të Durrësit në momentin e matjes.

Emri i madhësisë	Njësia	Vlera e matur
Lagështia relative në ajër	RH (%)	74
Temperatura	T (^{0} C)	31
Shtypja atmosferike	P(hPa)	1001,8
Rezistenca elektrike (uji/tokë)	KΩ	10,8
	MΩ	15,4

Tabela Nr.5.3. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit të Durrësit (matjet janë bërë në hyrje të portit).

Vlera e matjes së momentit „ DREJTË ”

	x	y	Z	Xyz
Dendësia e fluksit magnetik (B)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	0	57 46	62 90,1	303 241
Densiteti i enegjisë (S)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$.	0,007 0,008	0,001 0,007	0,007 0,011	0,033
Fuqia e fushës elektrike (E) $\left[\frac{V}{m}\right]$.	195	156 104	152 57	550 321
Fuqia magnetike e fushës(H) $\left[\frac{A}{m}\right]$.	164	532 414	538 419	833 670

Tabela Nr.5.4. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar të Durrësit (matjet janë bërë në hyrje të portit).
Vlera e maksimale e matjes „ MAX ''

	x	y	Z	xyz
Dendësia e fluksit magnetik (B)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	67,4	75,6	15,3	142,7
Densiteti i enegjisë (S)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$.	0	0,007	0,001	0,013
Fuqia e fushës elektrike (E) $\left[\frac{V}{m}\right]$.	159,5	168,9	76	223,5
Fuqia magnetike e fushës (H) $\left[\frac{A}{m}\right]$	423	448	238,9	592,8

Tabela Nr.5.5. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar të Durrësit (matjet janë bërë në hyrje të portit).
Vlera e mesatare e matjes „ AVG ''

	x	y	Z	xyz
Dendësia e fluksit magnetik (B)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	193	74,4	103,7	252,4
Densiteti i enegjisë (S)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$.	0,019	0,007	0,010	0,055
Fuqia e fushës elektrike (E) $\left[\frac{V}{m}\right]$.	269,8	167,5	197,8	458,2
Fuqia magnetike e fushës(H) $\left[\frac{A}{m}\right]$.	656,7	444,2	524,6	818,3

Tabela Nr.5.6. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar të Durrësit (matjet janë bërë në hyrje të portit).
Vlera e mesatare e maksimale „ MAX AVG ”

	x	y	Z	xyz
Dendësia e fluksit magnetik (B)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	66,3 57,8	8,8 19	7,1 2,1	51 12
Densiteti i enegjisë (S)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$.	0,003	0,001	0	0,001
Fuqia e fushës elektrike (E) $\left[\frac{V}{m}\right]$.	150 94,8	174 125	33,6	181 121
Fuqia magnetike e fushës (H) $\left[\frac{A}{m}\right]$.	394 314	180 98	171 426	540 290

Tabela Nr.5.7. Niveli i karkateristikave të fushës elektromagnetike në hapsirat e Portit Detar Durrës (uji /tokë/ ajër). (matjet janë bërë 50 m largë makinerive) [10].

Karakteristika e fushës elektromagnetike		Koha e matjeve			
		Janar/mars	Prill/qershor	Korrik/shtator	Tetor/dhjetor
Dendësia e fluksit magnetik (B)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	Uji	213	284	273	222
	Tokë	243	214	223	252
	ajër	343	234	263	352
Fuqia magnetike e fushës(H) $\left[\frac{A}{m}\right]$.	Uji	3462	5667	6123	5133
	Tokë	6567	5442	7246	8183
	ajër	5845	4987	6456	7321
Densiteti i enegjisë (S)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$.	Uji	234	435	352	213
	Tokë	190	170	190	550
	ajër	467	387	446	483
Fuqia e fushës elektrike (E) $\left[\frac{V}{m}\right]$.	Uji	2871	5677	7975	3589
	Tokë	9698	8675	8978	9582
	ajër	9698	9675	8978	9582

5.5.2.2. Rezultatet e matjeve mbi karakteristikat e fushave elektromagnetike në Portin Detar Vlorë.

Tabela Nr.5.8. Karakteristikat meteorologjike dhe rezistenca elektrike e mjediseve të Portit Detar të Vlorës në momentin e matjes.

Emri i madhësisë	Njësia	Vlera e matur
Lagështia relative në ajër	RH (%)	86
Temperatura	T (^{0}C)	33
Shtypja atmosferike	P(hPa)	1003,3
Rezistenca elektrike (uji/tokë)	KΩ	11,8
	KΩ	17,4

Tabela Nr.5.9. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit të Vlorës (matjet janë bërë në hyrje të portit).
Vlera e matjes së momentit „ DREJTË "

	x	y	Z	xyz
Dendësia e fluksit magnetik (B)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	1,2 1,9	1,3 0,9	0,6	2,2 2,7
Densiteti i enegjisë(S)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$.	0	0	0	0
Fuqia e fushës elektrike (E) $\left[\frac{V}{m}\right]$.	22,8 21,5	18,8	12,1	28 36
Fuqia magnetike e fushës(H) $\left[\frac{A}{m}\right]$.	62,4 49	53,3	32	841 83

Tabela Nr.5.10. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar të Vlorës (matjet janë bërë në hyrje të portit).
Vlera e maksimale e matjes „ MAX ”

	x	y	Z	Xyz
Dendësia e fluksit magnetik (B)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	1,3	1,4	2,6	1,587
Densiteti i enegjisë (S)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$.	0	0	0	0,158
Fuqia e fushës elektrike (E) $\left[\frac{V}{m}\right]$.	22,8	23,5	31,6	38,4
Fuqia magnetike e fushës(H) $\left[\frac{A}{m}\right]$.	60,4	62,3	60,4	122,5

Tabela Nr.5.11. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar të Vlorës (matjet janë bërë në hyrje të portit).
Vlera e mesatare e matjes „ AVG ”

	x	y	Z	xyz
Dendësia e fluksit magnetik (B)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	0,6	0,8	0,7	2,3
Densiteti i enegjisë (S)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$.	0	0	0	0
Fuqia e fushës elektrike (E) $\left[\frac{V}{m}\right]$.	14,1	18,1	9,4 16,8	27,6 33
Fuqia magnetike e fushës(H) $\left[\frac{A}{m}\right]$.	37,4	48	48 42,7	71,3 68,4

Tabela Nr.5.12. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar të Vlorës (matjet janë bërë në hyrje të portit).
Vlera e mesatare e maksimale „ MAX AVG "

	x	y	Z	xyz
Dendësia e fluksit magnetik (B)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	4,6	1,4	0,5	10,1
Densiteti i enegjisë (S)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$.	0	0	0	0
Fuqia e fushës elektrike (E) $\left[\frac{V}{m}\right]$.	41,7	18,8	14,1	37,5
Fuqia magnetike e fushës(H) $\left[\frac{A}{m}\right]$.	110,6	53,3	37,4	104,5

Tabela Nr.5.13. Niveli i karkateristikave të fushës elektromagnetike në hapsirat e Portit Detar Vlore (uji / toke / ajer). (matjet jane bere 50 m large makinerive) [10].

Karakteristika e fushës elektromagnetike		Koha e matjeve			
		Janar/mars	Prill/qershor	korrrik/shtator	Tetor/dhjetor
Dendësia e fluksit magnetik (B)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	Uji	198	213	197	199
	Tokë	234	233	253	282
	ajër	298	312	298	333
Fuqia magnetike e fushës(H) $\left[\frac{A}{m}\right]$.	Uji	2452	4567	5523	4533
	Tokë	4567	3442	5246	6183
	ajer	4843	3987	5356	54321
Densiteti i enegjisë (S)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$.	Uji	194	358	332	313
	Tokë	197	212	231	670
	ajer	367	487	346	383
Fuqia e fushës elektrike (E) $\left[\frac{V}{m}\right]$.	Uji	1781	2656	6675	4554
	Tokë	8698	7634	7478	6556
	ajër	6698	6642	6839	6554

5.5.2.3. Rezultatet e matjeve mbi karakteristikat e fushave elektromagnetike në Portin Detar Sarandë.

Tabela Nr.5.14. Karakteristikat meteorologjike dhe rezistenca elektrike e mjediseve të Portit Detar Sarandës në momentin e matjes.

Emri i madhësisë	Njësia	Vlera e matur
Lagështia relative në ajër	RH (%)	78
Temperatura	T (^{0}C)	29
Shtypja atmosferike	P(hPa)	1002,3
Rezistenca elektrike (uji/tokë)	$K\Omega$	9,8
	$M\Omega$	16,4

Tabela Nr.5.15. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar Sarandës (matjet janë bërë në hyrje të portit).
Vlera e matjes së momentit „ DREJTË ”

	x	y	Z	xyz
Dendësia e fluksit magnetik (B)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	1,2 1,9	1,3 0,9	0,6	2,2 2,7
Densiteti i enegjisë (S)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$.	0	0	0	0
Fuqia e fushes elektrike (E) $\left[\frac{V}{m}\right]$.	22,8 21,5	18,8	12,1	28 36
Fuqia magnetike e fushës(H) $\left[\frac{A}{m}\right]$.	62,4 49	53,3	32	841 83

Tabela Nr.5.16. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar Sarandës (matjet janë bërë në hyrje të portit).
Vlera e maksimale e matjes „ MAX "

	x	y	Z	xyz
Dendësia e fluksit magnetik (B)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	1,3	1,4	2,6	1,587
Densiteti i enegjisë (S)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$.	0	0	0	0,158
Fuqia e fushës elektrike (E) $\left[\frac{V}{m}\right]$.	22,8	23,5	31,6	38,4
Fuqia magnetike e fushës (H) $\left[\frac{A}{m}\right]$.	60,4	62,3	60,4	122,5

Tabela Nr.5.17. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar Sarandës (matjet janë bërë në hyrje të portit).
Vlera e mesatare e matjes „ AVG "

	x	y	Z	xyz
Dendësia e fluksit magnetik (B)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	0,6	0,8	0,7	2,3
Densiteti i enegjisë (S)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$.	0	0	0	0
Fuqia e fushës elektrike (E) $\left[\frac{V}{m}\right]$.	14,1	18,1	9,4 16,8	27,6 33
Fuqia magnetike e fushës(H) $\left[\frac{A}{m}\right]$.	37,4	48	48 42,7	71,3 68,4

Tabela Nr.5.18. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar Sarandës (matjet janë bërë në hyrje të portit).
Vlera e mesatare e maksimale „ MAX AVG ”

	x	y	z	xyz
Dendësia e fluksit magnetik (B)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	4,6	1,4	0,5	10,1
Densiteti i enegjisë (S)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$.	0	0	0	0
Fuqia e fushës elektrike (E) $\left[\frac{V}{m}\right]$.	41,7	18,8	14,1	37,5
Fuqia magnetike e fushës(H) $\left[\frac{A}{m}\right]$.	110,6	53,3	37,4	104,5

Tabela Nr.5.19. Niveli i karkateristikave të fushës elektromagnetike në hapsirat e Portit Detar Sarandës (uji / tokë/ ajër). (matjet janë bërë 50 m largë makinerive) [10].

Karakteristika e fushës elektromagnetike		Koha e matjeve			
		Janar/mars	Prill/qershor	Korrik/shtator	Tetor/dhjetor
Dendësia e fluksit magnetik (B)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	Uji	213	284	273	222
	Tokë	243	214	223	252
	ajër	343	234	263	352
Fuqia magnetike e fushës(H) $\left[\frac{A}{m}\right]$.	Uji	3462	5667	6123	5133
	Tokë	6567	5442	7246	8183
	ajër	5845	4987	6456	7321
Densiteti i enegjisë (S)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$.	Uji	134	235	352	313
	Tokë	145	271	198	650
	ajër	367	334	246	583
Fuqia e fushës elektrike (E) $\left[\frac{V}{m}\right]$.	Uji	1361	1677	1975	1589
	Tokë	2666	2575	3865	2582
	ajër	2222	2345	3734	2543

5.5.2.4.Rezultatet e matjeve mbi karakteristikat e fushave elektromagnetike në Portin Detar Shëngjinë.

Tabela Nr.5.20. Karakteristikat meteorologjike dhe rezistenca elektrike e mjediseve të Portit Detar Shëngjinë në momentin e matjes.

Emri i madhësisë	Njësia	Vlera e matur
Lagështia relative në ajër	RH (%)	55
Temperatura	T (^{0}C)	32
Shtypja atmosferike	P(hPa)	1002,7
Rezistenca elektrike (uji/tokë)	$K\Omega$	10,2
	$M\Omega$	16,4

Tabela Nr.5.21. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar Shëngjinit (matjet janë bërë në hyrje të portit).
Vlera e matjes se momentit „ DREJTË "

	x	y	Z	xyz
Dendësia e fluksit magnetik (B)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	0	77 54	78 78,1	273 211
Densiteti i enegjisë (S)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$.	70 80	10 70	70 11	33
Fuqia e fushës elektrike (E) $\left[\frac{V}{m}\right]$.	195	156 104	152 57	550 321
Fuqia magnetike e fushës(H) $\left[\frac{A}{m}\right]$.	184	412 314	438 319	633 470

Tabela Nr.5.22. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar Shëngjinit (matjet janë bërë në hyrje të portit).
Vlera e maksimale e matjes „ MAX ”

	x	y	Z	xyz
Dendësia e fluksit magnetik (B)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	193	74,4	103,7	252,4
Densiteti i enegjisë (S)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$.	0,019	0,007	0,010	0,055
Fuqia e fushës elektrike (E) $\left[\frac{V}{m}\right]$.	269,8	167,5	197,8	458,2
Fuqia magnetike e fushës(H) $\left[\frac{A}{m}\right]$.	656,7	444,2	524,6	818,3

Tabela Nr.5.23. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar Shëngjinit (matjet janë bërë në hyrje të portit).
Vlera e mesatare e matjes „ AVG ”

	x	y	z	xyz
Dendësia e fluksit magnetik (B)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	66,3 57,8	8,8 19	7,1 2,1	51 12
Densiteti i enegjisë (S)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$.	0,003	0,001	0	0,001
Fuqia e fushës elektrike (E) $\left[\frac{V}{m}\right]$.	150 94,8	174 125	33,6	181 121
Fuqia magnetike e fushës(H) $\left[\frac{A}{m}\right]$.	394 314	180 98	171 426	540 290

Tabela Nr.5.24. Vlera e parametrave të fushës elektromagnetike dhe fushës elektrike në hyrje të Portit Detar Shëngjinit (matjet janë bërë në hyrje të portit).

Vlera e mesatare e maksimale „ MAX AVG ''

	x	y	z	xyz
Dendësia e fluksit magnetik (B)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	67,4	75,6	15,3	142,7
Densiteti i enegjisë (S)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$.	0	0,007	0,001	0,013
Fuqia e fushës elektrike (E) $\left[\frac{V}{m}\right]$.	159,5	168,9	76	223,5
Fuqia magnetike e fushës(H) $\left[\frac{A}{m}\right]$.	423	448	238,9	592,8

Tabela Nr.5.25. Niveli i karkateristikave të fushës elektromagnetike në hapsirat e Portit Detar Shëngjinë (uji / tokë/ ajër). (matjet janë bërë 50 m largë makinerive) [10]

Karakteristikae e fushes elektromagnetike		Koha e matjeve			
		Janar/mars	Prill/qershor	Korrik/shtator	Tetor/dhjetor
Dendësia e fluksit magnetik (B)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	Uji	213	284	273	222
	Tokë	243	214	223	252
	ajër	343	234	263	352
Fuqia magnetike e fushës(H) $\left[\frac{A}{m}\right]$.	Uji	3462	5667	6123	5133
	Tokë	6567	5442	7246	8183
	ajër	5845	4987	6456	7321
Densiteti i enegjisë (S)$\left[\frac{W}{m^2}\right]$.	Uji	234	435	352	213
	Tokë	190	170	190	550
	ajër	467	387	446	483
Fuqia e fushës elektrike (E) $\left[\frac{V}{m}\right]$.	Uji	2871	5677	7975	3589
	Tokë	9698	8675	8978	9582
	ajër	9698	9675	8978	9582

5.6. Interpretimi i rezultateve

5.6.1. Karakteristikat e mjediseve portuale ujit/tokës dhe ajërit.

Kostantet magnetike dhe rezistenca speifike e mjediseve ndikohen nga temperatura dhe përmbajtja e lagështirës. Të tilla madhësi, varen nga parametra të shumtë dhe është e vështirë të vlerësohen me përpikëri. Shtresat e tokës, struktura gjeologjike e saj, sidomos afër sipërfaqes së tokës, përbëhet nga kristale, trupa amorfë, lëngje dhe gaze.

Përçueshmëria e tokës sidomos afër sipërfaqes së saj shkaktohet nga prania e ujit në poret e tokës. Porozitetі përkufizohet si raport i vëllimit të poreve të tokës me vëllimin shumar të tokës.

Porozitetі përkufizohet si raport i vëllimit të poreve në tokës me vëllimin shumar të tokës.Përgjithësisht porozitetі zvogëlohet në thellësi të tokës. Përçueshmëria për shkak të pranisë së mineraleve të ndryshme, si: magnetiti, karboni, grafiti, piriti shfaqet rallë. Prandaj përçueshmëria më e shpeshtë e tokës, shfaqet përgjithësisht e llojit elektrolitik dhe që manifestohet me praninë e tretësirave të kripërave të ndryshme.

Rezistenca elektrike specifike e tokës varet nga lloji i shtresës gjeologjike të zonës ku do të bëjmë tokëzimin, nga sasia e ujit të pranishëm, nga kriprat e ndryshme si dhe nga temperatura e lagështia e tokës

Tabela Nr.5.26. Rezistenca specifike e ujit

	Rezistenca elektrike specifike
Ujin e detit	ρ= 0,001-1[Ωm]
Uji në buzë të detit	ρ=2,5[Ωm]
Uji pusit	ρ= 50-70[Ωm]
Uji i lumit	ρ= 100-300[Ωm]

Tabela Nr.5.27. Varësia e rezistencës specifike nga temp. Për një tokë argjilore, me 15% lagështirë është dhënë temperatura

Temperatura 0C	Gjendja fizike	Rezistenca elektrike specifike ñ [Ω m]
20	ujë	75
10	ujë	100
0	ujë	138
0	akull	300
-5	akull	790

Tabela Nr.5.28. Varësia e rezistencës specifike të tokës argjilore në temp. 10^0C nga përmbajyja e lagështisë në përqindje [98])

Përmbajtja e ujit në % të vëllimit në dheun argjilor	Rezistenca elektrike specifike[Ωm]
2.5	1500
5	430
10	185
15	105
20	83
30	42

Tabela Nr.5.29. Vlerat e rezistencës elektrike specifike të dherave të ndryshëm, që kanë interes të madh për të cilat konstantja relative magnetike është: μr = 1, në funksion të frekuencës

Lloji i dheut (tokës)	Rezistenca elektrike specifikeΩ[m]	Konstantja dielektrike relative,ε_r e dheut.				
		100Hz	1kHz	10kHz	100kHz	1MHz
Kaoliti	5-20	67	56	48	43	40
Argjilite	35-350	105	92	82	76	73
Shkëmbij	100-1000	92	83	80	79	77
Argjili i përzier	100-500	86	81	78	75	73
Pluhur	350-3500	279	201	139	96	75
Granit	$1000\text{-}10^{10}$	75	67	63	62	61

5.6.2. Interpertimi

Ojekti i studimit, rezultatet e marra nga monitorimi i faktorëve meteorologjik, matjet e bëra mbi karakteristikat e fushave elektromagnetike në mjediset portuale japin një panoram të qartë mbi ndotjen nga rrymat bredhëse në këto mjedise.

Sipas këtij studimi niveli i ndotjeve nga rrymat bredhëse varet dhe përcaktohet jo vetëm nga fuqia elektrike e instaluar dhe prani e defekteve teknike të mundëshme por varet dhe nga përmbajtja e lagështirës absolute, temperatura dhe presioni atmosferik në këto mjedise. Faktorë këta të fundit që varen nga pozicioni në vijën bregdetare, sistemi mbrojtës nga erësat dhe dallgëzimet, moti, e tjera.

Faktorët meteorologjik luajnë rol përcaktuesë në ndikimin dhe mjedise ndaj përcjellshmërisë se tij, densitetin e mjediset të cilët reflektojnë direktë në parametrat e fushës magnetike dhe elektike që rrethonë këto mjedise.

Duke ju referuar rezultateve të marra dhe të përpunuar, del qartë niveli i ndotjeve nga rrymat bredhëse përcaktohet nga:

1. Fuqia elektrike e makinerive e instaluar në mjediset portuale, ku për vlerat më të mëdha veçohet Porti Detarë i Durrësit.
2. Prania e defekteve elektrike në pika të ndryshme si rezultat i keqësimit të parametrave meteorologjik të motit për periudhat shtator- mars, ku veçohet Porti Detar i Durrësit dhe Porti Detar i Sarandës për shkak të pozicionit gjeografik.
3. Vlerat e faktorëve atmosferike (temperaturës, presionit atmosferikë, dallgëzimet, lagështisë), përmbajtjes së kripshmërisë, e tjera.
4. Karakteristikave magnetike dhe elektrike të mjedisit (materialet).

Kështu, konkretishtë ndryshimet në vlerat e karakteristikave të fushës elektromagnetike lidhen me ndryshimet e përmabajtes së lagështrirës absolute të ajërit dhe të tokës të cilat varen nga presioni atmosferik, temperatura dhe karakteristikat e dallgëzimeve detare e tjera. Duke vlerësuar gjithashtu edhe pozisionet gjeografike të vendosjes dhe shtrirjes se këtyre porteve, infrastrukturat mbrojtëse.

KAPITULLI 6.

MODELI MATEMATIKOR PËR VLERËSIMIN E RRYMAVE BREDHËSE

6.1. Hyrje

Studimet tona në këtë fushë, i përkasin një artikulli shkencor të publikuar dhe referuar, në të cilin ne jemi munduar të bëjmë një përshkrim të përdorimit të metodës së Njutonit për përcaktimin e parametrave elektrike të zbërthyera në koordinata polare, për zgjidhjen e problemit të shpërndarjes së flukseve të fuqisë dhe tensionit në mjediset detare, si faktorët përcaktues të rrymave bredhëse.

Si një nga metodat bashkëkohore më e fuqishme nga pikëpamja e konvergjencës dhe e shpejtësisë së zgjidhjes, sot gjendet zbatimi dhe përdorimi i algoritmit të metodës së Njutonit në shumicën e programeve të shpërndarjes *së* flukseve të fuqisë, niveleve të tensionit nëpër makineri, nyje, si dhe nëmjediset e ndryshëm.

Citimi i bërë nga William Thomson se***: "Në qoftë se nuk mund të shprehësh diçka në vlera numerike, njohurit tuaj janë të varfëra dhe të pamjaftueshme"***, është motoja që ka bërë që këto tre dekadat e fundit të arrihet në përdorimin e matematikës në të gjitha fushat e shkencës. Progres i konsiderueshëm është bërë në zhvillimin dhe përdorimin e metodave numerike për zgjidhjen e shumë problemeve po këtu edhe në fushat elektromagnetike me frekuenca të larta dhe të ulta.

Këto probleme janë trajtuar duke përdorur zgjidhjet analitike, por këto zgjidhje janë të limituara në konfigurime gjeometrike, në një kohë që shumë problemet janë lineare. Konfigurime të tilla mund të gjenden në aplikimet teknike, por shumica e pajisjeve elektromagnetike që përdoren sot, shoqërohen nga probleme fizike, që nuk kanë një gjeometri të thjeshtë. Këto raste ato mund të trajtohen duke përdorur zgjidhje numerike dhe kjo është arsyeja për përdorimin e tyre gjithë përfshirës. Ky progres është realizuar nëpërmjet arritjeve të realizuar në fushën e zhvillimit të kompjuterëve.

Efekti i rrymave bredhëse është duke rritur rëndësinë e vetë, duke ndjekur trendin e krijimit të pajisjeve elektromagnetike me densitet të lartë të fuqisë. Kjo kërkon nga inxhinierët njohuri të gjerë të fenomeneve elektromagnetike kur krijojnë dhe operojnë me këto pajisje, duke qenë se rrymat bredhëse ndikojnë në mënyrë direkët në përformancën e aparateve elektrike. Ky ndikim mund të jetë i dëshirueshëm ose jo. Ndaj, ekzistojnë pajisje të cilat bazohen në zhvillimin e rrymave bredhëse, si motorët ose lëshuesit linearë, pajisje për krijimin e magnetizmit, për gjenerimin ose përqëndrimin e fushave të larta magnetike e të tjera.

Në raste të tilla, rrymat bredhëse janë të dëshirueshme dhe të shfrytëzueshme. Në raste të tjera, rrymat bredhëse janë të padëshirueshme duke qenë se shkaktojnë humbjet Joule dhe duhet të minimizohen. Në të dyja rastet, rrymat bredhëse duhet të përshkruhen dhe të përcaktohen në mënyrë të saktë. Përcaktimi i rrymave bredhëse në një konfigurim të dhënë duke përdorur zgjidhje numerike është qëllimi i punimit të këtij materiali. Specifikisht, metodat janë të disponueshme me një kriter të përdorimit të tyre.

Gjithashtu, janë prezantuar procedurat e zgjidhjes me disa aplikime tipike për secilin rast.

Vlerat e rrymave bredhëse, faktorët e ekzistencës së tyre dhe masat për minimizimi e tyre, duke vlerësuar si të rëndësishëm cilësitë dhe përzgjedhjen e materialeve, fuqite elektrike të makinerive dhe pajisjeve të instaluar në këto porte, duke qenë objekte të rëndësishme të modelit matematik, ku duke përdorur ordinatorët, i zgjidh lehtë, shpejt dhe me saktësi të lartë llogaritjet e pasojave të këtij problemi.

Problemi i shpërndarjes së fuqive dhe tensioneve përcaktohet nga sistemi i ekuacioneve jolineare, zgjidhja e të cilit kërkon përdorimin e metodave matematike llogaritëse iterative. Në punimin tonë ne sjellim modelimin matematikor të faktorëve që përcaktojnë vlerën e rrymave bredhës me qëllim përcaktimin më tej të faktorëve që ne duhet të vlerësojmë.

6.2. Rëndësia e problemit

Në të gjithë instrumentet, pajisjet dhe makinerit që funksionojnë në saj të rrymës elektrike, dimë se rreth tyre apo në mjedisin ku ato punojnë, lind dhe induktohet fushë magnetike si një enditet i veçantë [4]. [5].

Rrymat bredhëse janë rryma elektrike që lindin nga fushat magnetike që induktohet , lindin në instrumetat, pajisjet e makinerive dhe që lokalizohen nga ndryshimi i kësaj fushe magnetike.

Rryma bredhëse ka qenë një element i rëndësishëm i punës dhe i fenomeneve të studiuar për inxhinierët elektrikë dhe është dalluar si një entitet i veçantë i fushës elektromagnetike. Zbulimi i rrymave bredhëse, studimet e para dhe arritjet në fushën e rrymave bredhës i përkasin Jean Bernard Léon Foucault [1].[5] – fizikanët francez.

Aktualisht, problemet që shkaktohen nga rrymat bredhëse në punën e makinerive dhe në impaktin ndaj mjedisit ka bërë që sot, qëndrimi dhe vlerësimi i rrymave bredhëse, teorikisht apo praktikisht, nuk mund të jetë i parëndësishëm dhe i pa njohur qoftë për specialistët e ndryshëm dhe aq më tepëre për inxhinierët elektrik.

Në një fushë të caktuar të jetës ku kemi zbatimin e elektricitetit, por edhe në fusha të tjera ku mund të gjenerohet rryma bredhëse mund të shkaktojë dëme të rëndësishme dhe me pasoja prandaj këto rryma duhet vlerësuar dhe duhet shmangur ose reduktuar. Në fakt, rrymat bredhëse janë një nga problemet kryesorë që ndeshen në pajisjet elektrike, që ndikojnë në punë dhe funksionimin normal të tyre prandaj deri më sot vëmendjen i është fokusuar vetëm në këtë drejtim duke lënë mënjanë pasojat dhe ndikimin e tyre në fusha të tjera [3].

Duke ju referuar studimeve të realizuar deri më sot, punimi ynë ka për qëllim dhe synon të vlerësoj problemin e ndotjeve të mjedisit nga rrymat bredhëse në mjediset protuale, nëpërmjet një modeli matematik bazuar në Metoda interative të Njutonit për

zgjidhjen e funksioneve jolineare, për sistemin e funksioneve me shumë variable, që ne kemi menduar se është problem i studiuar dhe i patrajtuar në mjedise jo homogjen, në të cilat përshkrueshmëria magnetike μ e mjedisit nuk është konstante [4].

Nëpërmjet modelit matematikor që ne kemi zgjedhur të ndërtojmë, në këtë punim ne kemi synuar që faktorët që përcaktojnë nivelin e ndotjeve nga rrymat bredhëse, shkaktuar në mjediset e porteve detare në vendin tonë, nga fushat elektromagnetike që krijohen nga fuqit elektrike të instaluar dhe që induktohen në këto mjedise portuale [5].

Modelimi matematikor i faktorëve që përcaktojnë vlerën e rrymave elektike (bredhës + endacakë) në këtë punim ne e kemi nisur nëpërmjet përdorimit të metodës së Njutonit ku kemi bërë përcaktimin e parametrave elektrike të zbërthyera në koordinata polare, për zgjidhjen e problemit të shpërndarjes së flukseve të fuqisë dhe tensionit në mjediset detare, si faktorët përcaktues të rrymave bredhëse.

Problemi i shpërndarjes së fuqive dhe tensioneve ne e kemi përcaktuar nga sistemi i ekuacioneve jolinearë, ku për zgjidhjen e të cilëve kemi përdorur metodat matematike llogaritëse iterative. Krahës kontrollit të fuqive elektrike të makinerive dhe pajisjeve të instaluar në porte, duhet vlerësuar si problem i rëndësishëm edhe cilësitë e përzgjedhjes së materialeve.

6.3. Format matematikore të ekuacioneve të Maksuellit

Rrymat bredhëse, dukurit e lindjes dhe shpërndarjes, ndikimit negativë apo positivë të tyre në mjediset ku ato janë të pranishme, lidhet ngushtësishtë me domenetë dhe dukurit e elektromagnetizimit, si dhe me karakteristikat metorologjike, defektet dhe fuqitë elektrike apo magnetike të instaluar në këto mjedise.

Bazuar në interpretimin dhe karakterizimin e fenomeneve dhe dukurive për elektromagnetizmin, dimë se Maksuelli ka përcaktuar katër ekuacione themelore, të cilët shërbejnë si bazë për përshkrimin e të gjitha dukurive elektromagnetike. Ndërsa aritjeve në fushën e fizikës eksperimantale të Faradeit, si idesë së fushës, Maksuelli ju dha formë matematike. Kështu, Maksuelli i përqendroj studimet në parashikimin e dukurisë e rrymës së zhvendosjes, duke u mbështetur në ngjashmërinë formale matematikore me induksionin elektromagnetik.

Maksuelli studio dhe zbuloi lidhje thelbësore midis fushave elektrike dhe fushës magnetike, duke arritut në përfundimin se: ndryshimi i fushës magnetike me kohën lind fushën elektrike (induksioni elektromagnetik) dhe anasjelltas, ndryshimi i fushës elektrike me kohën lind fushën magnetike (rryma e zhvendosjes). Mbi këtë konkluzion Maksuelli realizoi, bashkimin në një system prej katër ekuacionesh të gjitha rezultatet teorike të elektricitetit dhe të magnetizmit, realizoi sintezën më të madhe në fushën e fizikës, shkrirjen e këtyre bashkëveprimeve në një të vetëm, në bashkëveprimin elektromagnetik.

Ky sistem quhet sistem i ekuacioneve të Maksuellit dhe përbëjnë bazën e të gjithë dukurive elektromagnetike. Edhe në mekanikë edhe në termodinamikë është bërë e njëjta gjë. Identifikimi i një sistemi ekuacionesh ose ligjesh të vogël në numër dhe kompakt që të përshkruanin në mënyrë sa më të plotë të jetë e mundur dukuritë mekanike dhe termike. Përsa i përket mekanikës ky sistem përbëhet nga të tre ligjet e lëvizjes së Njutonit dhe disa ligje shoqëruese si p.sh.ligji i tërheqjes së përgjithshme i Njutonit. Në termodinamikë ky sistem përbëhet nga tre ligjet ose parimet e termodinamikës.

Pra ekuacionet e Maksuellit për elektromagnetizmin janë si ligjet e Njutonit për mekanikën apo parimet e termodinamikës për dukuritë termike. Por megjithatë ka një ndryshim të rëndësishëm. Anshtajni botoi teorinë e tij të relativitetit të kufizuar në vitin 1905, rreth 200 vjet mbas ligjeve të Njutonit dhe rreth 40 vjet mbas ekuacioneve të Maksuellit. Nga kjo teori rezultoi se ligjet e Njutonit duheshin modifikuar në mënyrë drastike për shpejtësi të lëvizjes të afërt me shpejtësinë e dritës. Përkundrazi asnjë modifikim nuk ishte i domosdoshëm për ekuacionet e Maksuellit.

Ato përputheshin plotësisht me teorinë e relativitetit të kufizuar. Në fakt teoria e Anshtajnit e pati origjinën në studimet e thelluara të kujdesshme të këtyre ekuacioneve. Për më tepër këto ekuacione parashikonin ekzistencën e valëve elektromagnetike (konfiguracioni në lëvizje të fushave elektrike dhe magnetike), që përhapen në hapësirë me një shpejtësi: $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} = 3.00 \times 10^3 (\frac{m}{s})$ e barabartë me shpejtësinë e dritës. Mbi bazën e këtyre ekuacioneve u provua gjithashtu se këto valë rrezatohen nga ngarkesat elektrike të përshpejtuara.

Këto ekuacione janë themelore për të gjitha dukuritë elektrike dhe magnetike, për të gjithë instrumentet optikë dhe elektromagnetik si motorët elektrik, teleskopët, ciklotronët, transmetuesit dhe marrësit televiziv, telefonat, elektromagnetet, radarët dhe furrat me mikrovalë.

6.4. Ekuacioni i parë i Maksuellit

Ekuacioni i parë i Maksuellit, shpreh ligjin e Gausit për elektricitetin. Nisur nga fakti që fusha elektrike mund të përshkruhet dhe karakterizohet me anë të vijave të forcës, të cilët janë vija, tangjentja në çdo pikë të të cilave, përputhet me intensitetin $\vec{E}$ të fushës elektrike në atë pikë. Numri i vijave të forcës për njësi të sipërfaqes së vendosur pingul me të është në përpjestim të drejtë me intensitetin e fushës elektrike në atë zonë. Vijat e forces fillojnë në ngarkesat pozitive dhe përfundojnë në ngarkesat negative.

Numri i vijave të forcës që përshkojnë një sipërfaqe plane S pingule, është në përpjestim të drejtë me ,ES ku E është intensiteti i fushës elektrike. Prodhimi i intensitetit E me sipërfaqen S pingul me drejtimin e fushës quhet fluks elektrik Φ_E

Pra kemi:

$$\phi_E = E\,S \quad (6.1)$$

Në rastin e përgjithshëm kur sipërfaqja është e çfarëdoshme dhe fusha johomogjene, ndahet sipërfaqja në sipërfaqe elementare ΔS_i, ku në secilin prej tyre intensiteti është E_i dhe mund të merret konstant

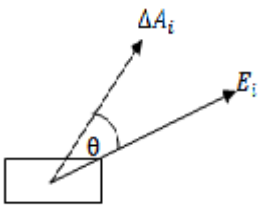


Figura 6.1
Veprimi me vektor

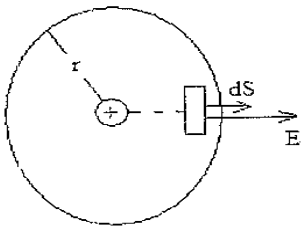


Figura 6.2
Veprim mbi ngarkes

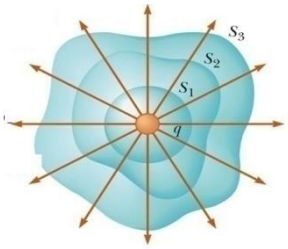


Figura 6.3
Vijat e fushës

Duke futur kuptimin e vektorit $\Delta\vec{S}_i$ pingul me sipërfaqen elementare dhe me module të barabartë me madhësinë e kësaj sipërfaqeje, fluksi elementar në sipërfaqen E_i do te jetë:

$$\Delta\phi_i = \vec{E}_i \cdot \Delta\vec{S}_i \quad (6.2)$$

Fluksi i plotë në gjithë sipërfaqen do të jetë:

$$\phi_E = \sum \Delta\phi_i = \sum \vec{E}_i \cdot \Delta\vec{S}_i \text{ në formë integrale}$$

$$\phi_E = \int \vec{E}\,\Delta\vec{S} \quad (6.3)$$

Sipas Ligjit të Gausit: Fluksi total i fushës elektrike nëpërmjet çdo sipërfaqe të mbyllur të çfarëdoshme është i barabartë me ngarkesën elektrike që ndodhet brenda kësaj sipërfaqeje pjesëtuar me ε_0 (fig.6.2, 6.3).

Përfundimisht forma matematikore e ligjit të parë të Maksuellit Ligjit të Gausit është ekuacioni i parë i Maksuellit, si më poshtë:

$$\oint_S \vec{E}\,d\vec{S} = \frac{Q}{\varepsilon_0} \quad (6.4)$$

Ligji i Gausit për elektricitetin ku: Q ngarkesa totale brenda sipërfaqes së mbyllur dhe ε_0 konstantja dielektrike e boshllëkut.

6.5. Ekuacioni i dytë i Maksuellit

Ekuacioni i dyte i Maksuellit është shprehje e ligjit të Gausit për magnetizimin. Duke ditur se përshkrimi që kemi dhënë mbi magnetizmi, fusha magnetike karakterizohet nga vektori i induksionit $\vec{B}$, në mënyrë të ngjashme si fusha elektrike e cila karakterizohet nga vektori i intensitetit $\vec{E}$. Edhe fluksi i fushës magnetike përcaktohet në mënyrë të ngjashme me anë të fluksin të fushës elektrike.

Kështu, në qoftë se në një sipërfaqe çfarëdo S marrim një element sipërfaqe dS dhe duke konsideruar fushën magnetike $\vec{B}$ në këtë element konstantë, atëherë fluksi magnetik do të quhet produkti skalar $\vec{B}d\vec{S}$ku $d\vec{S}$ është vektori pingul me sipërfaqen dhe në modul të barabartë me sipërfaqen dS (fig.6.4).

Fluksi për të gjithë sipërfaqen S do të jetë:

$$\emptyset_B = \int \vec{B}d\vec{S} \quad (6.5)$$

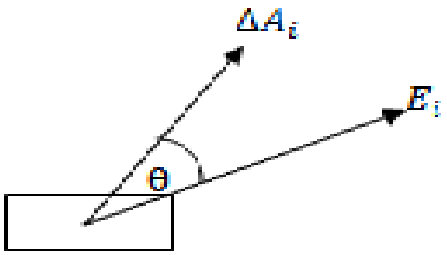


Figura 6.4. Paraqitje skematike e konceptimit të fluksit të fushës magnetike

Nëse sipërfaqja është plane dhe përpendikulare me fushën, d.m.th. $\theta = 0$, atëherë fluksi është maksimal dhe i barabartë me BS. Vijat e forcës të fushës magnetike, ndryshe nga ato të fushës elektrike, nuk fillojnë e as përfundojnë në ndonjë pikë (fig.6.5), për rastin e ndonjë shufre magnetike.

Rezulton që për çdo sipërfaqe të mbyllur (fig.6.5) numri i vijave të forcës që hyjnë në sipërfaqe është i barabartë me numrin e vijave të forcës që dalin nga sipërfaqja, që do të thotë se fluksi magnetik nëpër sipërfaqen e mbyllur është zero. Ndryshe është në rastin e një sipërfaqe të mbyllur që rrethon njërin prej ngarkesave elektrike të një dipoli elektrik (fig.6.6) ku fluksi i fushës elektrike është i ndryshëm nga zero.

Atëherë, sipas ligjit të Gausit për fushën magnetike: **Fluksi total i fushës magnetike nëpërnjë sipërfaqe të mbyllur të çfarëdoshme është gjithmonë i barabartë me zero**.

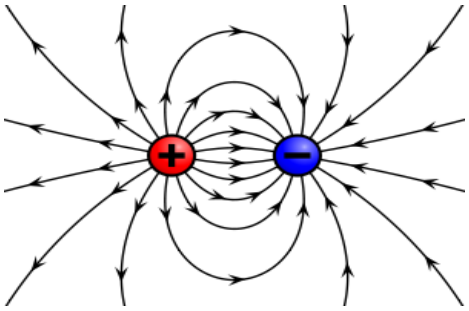


Figura 6.5. Skema mbi fluksin e fushës elektrike zero.

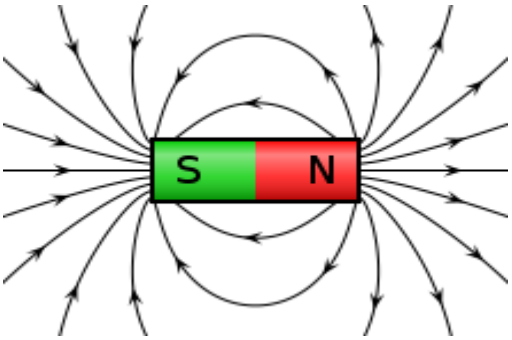


Figura 6.6. Skema mbi fluksin e fushës elektrike te i ndryshëm nga zero.

Pra kemi: Ekuacioni i dytë i Maksuellit:

$$\oint_s \vec{B} d\vec{S} = 0 \quad (6.6)$$

6.6. Ekuacioni i tretë i Maksuellit

Ekuacioni i tretë i Maksuellit jep formën matematikore të ligjit të Faradeit për induksionin elektromagnetik. Nisuar nga eksperimentet, sipas së cilëve është provuar se në qoftë se një magneti i afrohet apo largohet një spirë përcjellëse, në spirë lind një rrymë elektrike, gjë e cila mund të konstatohet me anë të një galvanometri, pra krijohet rrymë pa praninë e një baterie në qark. Kjo quhet rrymë e induktuar dhe normalisht mendojmë se ajo gjenerohet nga një f.e.m. e induktuar (fig. 4.6 a, b, c).

E njëjtë gjë konstatohet që në momentin e hapjes së qarkut të një bobine që mbeshtjellë një unazë dhe që quhet primare, në një bobinë të dytë dhe që mbështjellë po të njëjtën unazë, konstatohet lindja e rrymës elektrike të induktuar (fig.4.7).

Faradei arriti në konkluzionin se rryma elektrike induktohet në spirë (qark) për shkak të fushës magnetike të ndryshueshme dhe f.e.m. e induktuar është në përpjesëtim të drejtë me derivatin në lidhje me kohën që fluksi magnetik përshkon sipërfaqen.

$$\text{Pra: } \varepsilon = -\frac{d\emptyset_B}{dt} \quad (6.6)$$

ku: $\emptyset_B = \int \vec{B} d\vec{S}$ është fluksi magnetik që përshkon sipërfaqen që kufizohet nga qarku.

Rryma e induktuar në spirë nënkupton që në spirë të jetë prezent një fushë elektrike E që duhet të jetë tangent në çdo element dl të spirës është$E = \frac{\varepsilon}{dl}$, atëherë f.e.m. për çfarëdo spirë të mbyllur është e barabartë me integralin linear sipas të gjithë gjatësisë së spirës (ose cirkulacioni (qarkullimi) $\oint \vec{E} d\vec{l}$.

Nisur nga sa më sipër formulimi i ligjit të Faradeit është: f.e.m., që është integral linear i fushës elektrike (qarkullimi) mbi çdo spirë të mbyllur, është e barabartë me derivatin në lidhje me kohën të fluksit magnetik nëpër një sipërfaqe çfarëdo që kufizohet nga kjo spirë.

Atëhere, forma matematikore e ligjit të Faradeit, është ekuacioni i tretë i Maksuellit

$$\oint \vec{E} d\vec{l} = -\frac{d\emptyset_B}{dt} \quad (6.7)$$

Ligji i Faradeit Shenja minus $(-)$ sipas ligjit të Lencit do të thotë që f.e.m. e induktuar, është e tillë që krijon një fluks magnetik që kundërshton ndryshimin e fluksit që e krijoi nëpër sipërfaqen e kufizuar nga spira e rrymës.

6.7. Ekuacioni i katërt i Maksuellit

Ekuacioni i katërt i Maksuellit bënë përshkrimin matematikor të ligjit të Amper-Maksuell që është një formë e përgjithësuar të ligjit të Amperit. Sipas së cilit Ligjit tëAmperit krijimi i fushës magnetike realizohet nga fushat elektrike ose rrymave elektrike.

Kështu një përcjellës shumë i gjatë që përshkohet nga një rrymë e vazhduar me intensitet të lartë, në hapësirën rreth përcjellësit krijohet fushë magnetike e cila mund të vihet në dukje me anë të gjilpërave magnetike, të cilat në një plan pingul me përcjellësin orientohen sipas tangentës së rrethit me qendër në përcjellës (fig.6.9).

Gjilpërat kanë kahun e induksionit të fushës magnetike $\vec{B}$, pra vijat e forcës të fushës magnetike janë rrathë koncentrik me qendër përcjellësin. Duke ndryshuar intensitetin e rrymes I dhe largesinë r një përcjellës gjendet që B është:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (6.8)$$

ku: μ_0 konstantja magnetike e boshllëkut.

Duke bërë produktin $\vec{B}d\vec{l}$ për çdo element dl të rrethit dhe duke patur parasysh që për çdo element, $\vec{B}$ dhe $d\vec{l}$ janë paralele, do të quajmë qarkullim të fushës magnetike $\oint Bdl$. Duke patur parasysh që për një rreth të dhënë B është konstant gjejmë:

$$\oint \vec{B}d\vec{l} \quad (6.9)$$

Kjo formulëështë shprehje e ligji të Amperit, sipas së cilit: **Qarkullimi i fushës magnetike $\oint \vec{B}d\vec{l}$sipas një vije të mbyllur çfarëdo është i barabartë me $\mu_0 I$, ku I është intensiteti i rrymës së vazhduar që përshkon një sipërfaqe çfarëdo që kufizohet nga kjo vijë e mbyllur.**

Duke qenë se Ligji i Amperit në këtë formë është i vlefshëm dhe mund të përdoret vetëm në rastin kur fushat elektrike të pranishme janë konstante në lidhje me kohën, Maksuelli e modifikoi këtë ligj të Amperit edhe në rastin e fushave elektrike të ndryshueshme në lidhje me kohën.

Kufizimi i ligjit të Amperit mund të kuptohet duke analizuar procesin e ngarkimit të një kondenzatori (fig.3.19). Kur kalon rryma me intensitet $I = (I = \frac{dQ}{dt})$ që e quajmë rrymë e përcjellshmërisë, ndryshon ngarkesa me armaturën pozitive të kondenzatorit, por asnjë rrymë përcjellshmërie nuk ka në hapësirën midis dy armaturave. Në figurë sipërfaqet S_1 dhe S_2 kufizohen nga e njëjta vijë e mbyllur P. Sipas teoremës së Amperit $\oint \vec{B}d\vec{l}$ sipas vijës P duhet të jetë$\mu_0 I$, ku I është rryma që përshkon një sipërfaqe çfarëdo që kufizohet nga vija.

Për sipërfaqen S_1 , $\oint \vec{B}d\vec{l} = \mu_0 I$,sepse S_1 përshkohet nga rryma I, për sipërfaqen S_2 që edhe ajo kufizohet nga vija P,$\oint \vec{B}d\vec{l} = 0$, sepse nuk ka asnjë rrymë përcjellshmërie që e përshkon sipërfaqen S_2. Kjo situatë kontraditore shkaktohet nga ndërprerja e rrymës (pavazhdueshmëria e saj). Për këtë Maksuelli propozon që në anën e djathtë të barazimit (6.9) të shtojë edhe një term tjetër, të cilin ai e quajti rrymë e zhvendosjes $I_ç$, e barabartë me:

$$I_ç = \varepsilon_0 \frac{d\emptyset_E}{dt} \quad (4.10)$$

kuε_0 është konstantja dielektrike e boshllëkut dhe $\emptyset_E = \int \vec{E}d\vec{S}$është fluksi i fushës elektrike.

Ndërsa kondenzatori ngarkohet (shkarkohet) kemi fushë elektrike të ndryshueshme midis armaturave të kondenzatorit dhe kjo mund të imagjinohet ekuivalente me një rrymë e cila bën të mundur mosndërprerjen e rrymës së përcjellshmërisë. Duke shtuar në anën e djathtë të ligjit të Amperit shprehjen për

rrymën e zhvendosjes, kontradikta zgjidhet dhe do të kemi tash që për çdo sipërfaqe të kufizuar nga vija P, si do që të jetë zgjedhur, gjithmonë ajo do të jetë e përshkuar nga një rrymë e përcjellshmërisë ose nga një rrymë e zhvendosjes. Tash më ligji i Amperit mund të shkruhet:

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 I + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\emptyset_E}{dt} \quad (6.11)$$

Duke iu referuar fig.6.11 mund të japim kuptimin e kësaj shprehje. Fluksi elektrik nëpër sipërfaqen S_2 është $\phi_E = \int \vec{E}\, d\vec{S} = E \cdot S$, ku S është sipërfaqja e armaturave të kondenzatorit dhe E intensiteti i fushës elektrike uniforme midis armaturave. Në qoftë se në një çast kohe ngarkesa është Q atëherë $E = \frac{Q}{\varepsilon_0 S}$ dhe fluksi i fushës që përshkon sipërfaqen S_2 është $\phi_E = \frac{Q}{\varepsilon_0}$. Rryma e zhvendosjes nëpër S_2 do të jetë:

$$I_ç = \varepsilon_0 \frac{d\emptyset_E}{dt} = \frac{dQ}{dt} \quad (6.12)$$

Pra rryma e zhvendosjes nëpër S_2 është ekzaktësisht e barabartë me rrymën e përcjellshmërisë I që përshkon S_1. Duke shqyrtuar sipërfaqen S_2 identifikojmë në rrymën e zhvendosjes burimin e fushës magnetike të ndryshueshme mbi konturin e sipërfaqes. Rryma e zhvendosjes lind nga një fushë elektrike e ndryshueshme me kohën. Pra fushat magnetike janë produkt si i rrymave të përcjellshmërisë ashtu dhe fushave të ndryshueshme me kohën.

Formula (6.11) është ligji i **Amper-Maksuellit sipas së cilës**: **Qarkullimi i fushës magnetike mbi një kontur të mbyllur është i barabartë me prodhimin e μ_0 me rrymën totale të përcjellshmërisë që lidhet me këtë kontur plus prodhimin e $\varepsilon_0\mu_0$ me derivatin në lidhje me kohën të fluksit elektrik që përshkon një sipërfaqe çfarëdo të kufizuar nga ky kontur.**

Pra, forma matematikore e ligjit të **Amper-Maksuellit**, është ekuacioni i katërt i Maksuellit:

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 I + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\emptyset_E}{dt}$$

Tabela Nr.6.1. Format matematikore të katër ekuacionet e Maksuellit, mbi karakteristikat e fushës elektrike dhe magnetike.

Nr.	Forma matematikore-ekuacioni	Ligji	Karakteristikat që përshkrojnë
I	$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{a}{\varepsilon_0}$	Ligji i Gausit për fushën elektrike.	Ngarkesa dhe fusha elektrike.
II	$\oint \vec{B} d\vec{S} = 0$	Ligji i Gausit për fushën magnetike.	Fusha magnetike.
III	$\oint \vec{E} d\vec{l} = -\frac{d\emptyset_B}{dt}$	Ligji i induksionit të Faradeit.	Një fushë elektrike prodhohet nga një fushë magnetike e ndryshueshme.
IV	$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 I + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\emptyset_E}{dt}$	Ligji i Amper-Maksuellit	Fusha magnetike prodhohet nga një fushë elektrike e ndryshueshme ose nga rryma elektrike.

Nga studimi i fenomeneve dhe dukuri të elektromagnetizmit dimë se mbi një ngarkesë elektrike q që ndodhet në një fushë elektrike apo edhe magnetike vepron një forcëF e cila njihet si Forca e Lorencit dhe jepet nëpërmjet formulës:

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} \quad (6.13)$$

Në këto kushte ekuacionet e Maksuellit, si shprehje matematikore e: Ligjit të Gausit për fushën elektrike; Ligjit të Gausit për fushën magnetike; Ligjit të Faradeit për induksionin dhe Ligjit të Amper-Maksuellit mbi bashkërveprimin e fushave të ndryshueshëm magnetike dhe elektrike; së bashku me forcën e Lorencit mundësojnë një përshkrim të plotë të të gjithë bashkëveprimeve elektromagnetike klasike.

6.8. Forma diferenciale e ekuacioneve të Maksuellit

Teorema e Gausit për fushën elektrike, mund të përdoret për njehsimin e fushës elektrike, duke u mbështetur në lidhjen që ekziston ndërmjet intensitetit të fushës në pikat e një sipërfaqeje të mbyllur me ngarkesën elektrike që ndodhet brenda kësaj sipërfaqeje. Teorema e Gausit, përfaqëson një lidhje midis madhësive që i përkasin pikave të ndryshme të fushës elektrike. Por në rastin e përgjithshëm është e nevojshme që të lidhen madhësitë, që i përkasin të njëjtës pikë të fushës elektrike.

Për këtë duhet kaluar nga forma integrale në formë diferenciale. Për të gjetur këtë formë, le të marrim një kub elementar me brinjë dx, dy, dz, paralele me boshtet kordinative (fig.6.7).

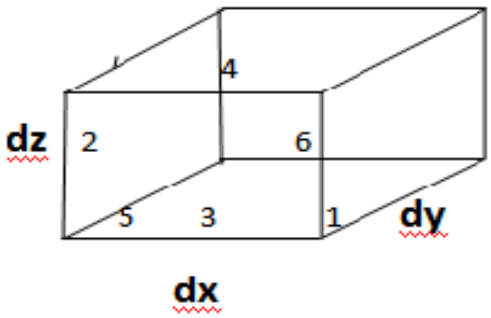


Figura 6.7. Forma integrale në formë diferenciale të hapsirave ku ka fusha

Le të jetë E intensiteti i fushës në qendër të kubit, ndërsa përbërëset e tij sipas boshteve le të jenë: Ex, Ey, Ez. Vlera e përbërëses Ex në faqen 1 do të jetë:

$$E_{x1} = Ex - \frac{\partial Ex}{\partial x} \cdot \frac{1}{2} dx \quad (6.14)$$

sepse faqja 1 e ka koordinatën me $\frac{1}{2}dx$ më të vogël se sa qendra.

Ndërsa për faqen 2 do të kemi:

$$E_{x2} = Ex + \frac{\partial Ex}{\partial x} \cdot \frac{1}{2} dx \quad (6.15)$$

Fluksi i intensitetit nëpër sipërfaqen 1 të kubit do të jetë:

$$d\emptyset_1 = -E_{x1} \cdot dy \cdot dz \quad (6.16)$$

Duke zëvendësuar E_{x1} nga (14.14) ne (14.16) do të kemi:

$$d\emptyset_1 = -E_{x1} \cdot dy \cdot dz + \frac{\partial Ex}{\partial x} \cdot \frac{1}{2} dxdydz \quad (6.17)$$

Në mënyrë të ngjashme gjejmë që fluksi nëpër faqen 2 është:

$$d\emptyset_2 = E_{x2} \cdot dy \cdot dz = \frac{\partial Ex}{\partial x} \cdot \frac{1}{2} dxdydz \quad (6.18)$$

Shuma e flukseve nëpër faqet e kundërta të kubit 1 dhe 2 do të jetë:

$$d\emptyset_1 + d\emptyset_2 = \frac{\partial Ex}{\partial x} \cdot dxdydz \quad (6.19)$$

Duke gjykuar në mënyrë të ngjashme edhe për dy çiftet e tjera të faqeve të kubit, do të gjejmë fluksin e plotë që përshkon të gjithë sipërfaqen e kubit:

$$d\emptyset = (\frac{\partial E_{1x}}{\partial x} + \frac{\partial E_{1y}}{\partial y} - \frac{\partial E_{1z}}{\partial z})dxdydz \quad (6.20)$$

Ngarkesa dq, që përfshihet brenda kubit është:

$$dq = \rho dxdydz \quad (6.21)$$

Ku: ρ është densiteti vëllimor i ngarkesës, i cili merret konstant brenda vëllimit të kubit, për arsye të përmasave të vogla të tij.

Duke zbatuar teoremën e Gausit për kubin nxjerrim:

$$\frac{\partial Ex}{\partial x} + \frac{\partial Ey}{\partial y} + \frac{\partial Ez}{\partial z} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \quad (6.22)$$

Kjo formulë jep lidhjen e kërkuar midis densitetit vëllimor të ngarkesave dhe derivateve të pjesshme të përbërësve të vektorit të intensitetit. Ky relacion shpreh ekuacionin e parë të Maksuellit në formë diferenciale. Nga analiza vektoriale dimë se shuma e derivative të pjesshme të përbërësve të vektorit E, në lidhje me kordinatat përkatese quhet divergjencë e vektorit E dhe shënohet:

$$div\vec{E} = \frac{\partial Ex}{\partial x} - \frac{\partial Ey}{\partial y} + \frac{\partial Ez}{\partial z} \quad (6.23)$$

Atëherë ekuacioni (6.22) shkruhet:

$$div\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \quad (6.24)$$

6.8.1. Ekuacioni i parë i Maksuellit në formë diferenciale

Duke i dhënë shprehjes (6.6) trajtën diferenciale, në mënyrë të njëjtë si në rastin e mësipërm për elektrostatikën gjejmë:

$$\frac{\partial Bx}{\partial x} - \frac{\partial By}{\partial y} - \frac{\partial Bz}{\partial z} = 0 \quad \text{ose} \quad div\vec{B} = 0 \quad (6.25)$$

6.8.2. Ekuacioni i dytë i Maksuellit në formë diferenciale

Duke trajtuar matematikisht ekuacionin e tretë të Maksuellit në formë integrale gjejmë:

$$\frac{\partial Ez}{\partial y} - \frac{\partial Ey}{\partial z} = -\frac{\partial Bx}{\partial t} \quad (6.26)$$

$$\frac{\partial Ex}{\partial z} - \frac{\partial Ez}{\partial x} = -\frac{\partial By}{\partial t} \quad (6.27)$$

$$\frac{\partial Ey}{\partial x} - \frac{\partial EX}{\partial y} = -\frac{\partial Bz}{\partial t} \quad (6.28)$$

Anët e majta të ketyre barazimeve janë përbërëse të një vektori, që quhet rotor i vektorit E dhe shkruhet shkurt $rot\,\vec{E}$. Duke perdorë këtë nocion të ri, tre ekuacionet e mësipërme shkruhen në një ekuacion të vetëm:

$$rot\,\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (6.29)$$

6.8.3. Ekuacioni i tretë i Maksuellit në formë diferenciale

Duke arsyetuar njëlloj si më sipër gjejmë ekuacionin e katërt të Maksuellit në formë diferenciale:

$$\frac{\partial Bz}{\partial y} - \frac{\partial By}{\partial z} = \mu_0(\, i_{vx} - \frac{\partial Ex}{\partial t}) \quad (6.29)$$

$$\frac{\partial Bx}{\partial z} - \frac{\partial Bz}{\partial x} = \mu_0(\, i_{vy} - \frac{\partial Ey}{\partial t}) \quad (6.30)$$

$$\frac{\partial By}{\partial x} - \frac{\partial Bx}{\partial y} = \mu_0(\, i_{vz} - \frac{\partial Ez}{\partial t}) \quad (6.31)$$

6.8.4. Ekuacioni i katërt i Maksuellit në formë diferenciale

Bie ne sy se fusha elektrike nuk është simetrike me fushën magnetike. Ndërsa për fushën elektrike ka ngarkesa elektrike edhe rrymë, për fushën magnetike nuk ka

fare ngarkesa magnetike. Megjithatë për rastin e boshllëkut, kur $q = 0$, pra edhe $\rho = 0$ dhe i_p, midis dy fushave ekziston një fare simetrie.

Është pikërisht kjo simetri dhe sidomos ekzistenca e termave që ndryshojnë me kohën në ekuacionin e parë dhe të dytë, që dhe ka mundësinë Maksuellit, që si zgjidhje të sistemit të marrë funksionet valore për $\vec{E}$dhe $\vec{B}$, zgjidhje e cila është ekuivalente me ekzistencën e valëve elektromagnetike. Ekuacionet e Maksuellit lejojnë zgjidhjen e çdo problem makroskopik në fushën e elektricitetit dhe të magnetizmit.

6.9. Modeli matematikor i zgjedhur

Metoda e modelimit matematik, duke përdorur ordinatorët, mudëson zgjidhje të thjeshtë dhe të lehtë, shpejt dhe me saktësi të lartë llogaritjet të shpërndarjes së fuqive dhe tensioneve, nëpërmjet sistemit të ekuacioneve jolinearë, zgjidhja e të cilit kërkon përdorimin e metodave matematike llogaritëse iterative.

Një nga metodat e para për këtë fushe, është ajo e Gaus-Zeidelit. Pas viteve 1960 me zgjerimin, fuqizimin dhe rritjen e kërkesaeve u kalua në metoda të tjera më të përparuara nga pikëpamja e konvergjencës dhe e shpejtësisë së zgjidhjes.

Nga metodat bashkëkohore më e fuqishme nga pikëpamja e konvergjencës dhe e shpejtësisë së zgjidhjes është ajo e Njutonit. Sot shumica e programeve të shpërndarjes së flukseve të fuqisë, niveleve të tensionit nëpër makineri, nyjet si dhe në mjediset e ndryshëm përdor algoritmin e metodës së Njutonit [2], [3].

6.9.1. Metoda e Njutonit për zgjidhjen e funksioneve jolineare edhe për sistemin e funksioneve me shumë variabla [6].

Metoda e Njutonit është iterative dhe shërben për zgjidhjen e funksioneve jolineare edhe për sistemin e funksioneve me shumë variabël [4], [6]. Le të jetë dhënë sistemi jo linear:

$$f(x) = \begin{bmatrix} f_1(X) \\ f_2(X) \\ f_3(X) \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ f_{n-1}(X) \\ f_n(X) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1(X_1, X_2, X_3, \dots\dots X_n) \\ f_2(X_1, X_2, X_3, \dots\dots X_n) \\ f_3(X_1, X_2, X_3, \dots\dots X_n) \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots. \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots. \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots. \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots. \\ f_{n-1}(X_1, X_2, X_3, \dots\dots X_n) \\ f_n(X_1, X_2, X_3, \dots\dots X_n) \end{bmatrix} \quad (6.32)$$

Zgjidhja e këtij sistemi nëpërmjet metodës iterative, për të gjetur rrënjët për iteracionin $t+1$sipas metodës së Njutonit, jepet nga ekuacioni:

$$x^{t+1} = x^t - J^{-1} f(x^t) \quad (6.33)$$

Ku në këtë ekuacion kemi:
x^t - janë rrënjët e njohura të ekuacioneve të sistemit në iteracionin t;
f(x^t)– është matrica e sistemit të ekuacioneve jolineare (6.31) në pikën x^t;
J – është matrica Jakobiane, matrica e derivateve pjesore të funksionit fi *(për i = 1,2,3,...,n).*

Në formë të përgjithshme zgjidhja e sistemit të ekuacioneve me shumë variable mund të përcaktohet dhe sipas formës së më poshtëm [3]:

$$\begin{bmatrix} \frac{\delta f_1 (X_1^t \ldots X_n^t)}{\delta X_1^t}, \ldots \ldots \frac{\delta f_1 (X_1^t \ldots X_n^t)}{\delta X_n^t} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \frac{\delta f_n (X_1^t \ldots X_n^t)}{\delta X_1^t}, \ldots \ldots \frac{\delta f_n (X_1^t \ldots X_n^t)}{\delta X_n^t} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \boldsymbol{X_1^{t+1} - X_1^t} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \boldsymbol{X_n^{t+1} - X_n^t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1(X_1^t \cdots X_n^t) \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ f_n(X_1^t \cdots X_n^t) \end{bmatrix} \quad (6.34)$$

6.9.2. Karakteristikat dhe shkaqet e përdorimit të metodës së Njutonit për përcaktimin e parametrave elektromagnetik [1], [3], [6].

6.9.2.1.Përcaktimi i rrymave fazore në agregate industriale

Sipas ligjit të Kirkofit, rryma fazore në një nyje të çfarëdoshme K(qoftë burim ose përdorues), përcaktohet nëpërmjet relacionit:

$$\boldsymbol{I_k^0} = \sum_{m \in k} \acute{Y}_{km} * (\boldsymbol{U_k^0} - \boldsymbol{U_m^0}) \quad (6.35)$$

Nga ku: $\acute{Y}_{km}$ - është përcjellshmëria e degës midis nyjes K dhe m ;
$\mathring{U}k = Uk \cdot e^{j\theta k}$ dhe $\mathring{U}m = Um \cdot e^{j\theta m}$ – janë tensionet fazore në nyjet K dhe m ;
$m \epsilon k$ - symbol që tregon se merren ato nyje "m" që lidhen me anën e degëve përkatëse me nyjen"K" ;
$km = 1,2,3, \ldots N$ - janë emërtimet e nyjeve ;
N – është numri i përgjithshëm i nyjeve të sistemit duke përfshirë edhe nyjet referuese.

Vlerat e madhësive $I, \mathring{U}, Y$ me shenjën ° janë komplekse, ndërsa pa shenjë janë modulet e tyre.

6.9.2.2. Përcaktimi i fuqisë komplekse

Fuqinë komplekse të llogaritur në një nyje të çfarëdoshme K, për iteracionin t , e shprehim me relacionin:

$$F_k^t + j.G_k^t = \mathring{U}_k^t . \sum_{m \in k} \acute{Y}_{km}^{*} (U_k^t - U_m^t)^* \quad (6.36)$$

F_k^t – është fuqia aktive e llogaritur në nyjen K për iteracionin T;
G_k^t – është fuqia reaktive e llogaritur në nyjen K për iteracionin t;
$*$ - është shenja që tregon vleftat e konioguara të madhësive përkatëse.

6.9.3.Parametrat e fuqisë aktive dhe reaktive

Fuqitë aktive dhe reaktive janë funksione të θ dhe moduleve të tensioneve U, d.m.th.

$$F_k = f_k (\theta, U) G_k = g_k (\theta, U) \quad (6.37)$$

Duke marrë në shqyrtim diferencialet e pjesshme të shprehjes (6.37) karshi variableve θ dhe U për iteracionin t, duke kaluar nga diferenciale të plota në shtesa të fundme dhe duke marrë diferencën komplekse midis fuqisë së planifikuar dhe asaj të llogaritur, sistemi në formë matricore të përgjithësuar për çdo nyje shkruhet:

$$[F_{\theta km}^t] * [\Delta\theta_k^t] + [F_{Ukm}^t] \cdot [\Delta\theta_k^t] = [\Delta P_k^t] \quad (6.38)$$

$$[G_{\theta km}^t] * [\Delta\theta_k^t] + [G_{Ukm}^t] \cdot [\Delta U_k^t] = [\Delta Q_k^t]$$

Prej ku kemi:

$$\begin{bmatrix} F_{\theta km}^t & F_{Ukm}^t \\ G_{\theta km}^t & G_{Ukm}^t \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta\theta_k^t \\ \Delta P_k^t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta U_k^t \\ \Delta Q_k^t \end{bmatrix}$$

Nga ku theksojmë se: ΔP_k^t, ΔQ_k^t, $\Delta\theta_k^t$, ΔU_k^t ,paraqesin matricë shtyllë; ndërsa $F_{\theta km}^t$, F_{Ukm}^t, $G_{\theta km}^t$, G_{Ukm}^t, paraqesin matrica katrore, të formuara nga derivatet pjesorë.

6.9.4.Sistemet e ekuacioneve në formë matricore [6].

Sistemi i ekuacioneve (6.34) në formë matricore të zbërthyer, duke përjashtuar nyjen referuese të emërtuar me numrin 1 dhe duke patur parasysh emërtimet dhe shtjellimet e mësipërme, merrë formën e relacionit bazë të Njutonit (6.35) si më poshtë:

$$\begin{bmatrix} \frac{\delta F^t_{F\theta 2}}{\delta\theta_2}, \frac{\delta Fu^t_2}{\delta U_2}, \dots\dots \frac{\delta Fu^t_2}{\delta\theta_N}, \frac{\delta Fu^t_2}{\delta U_N} \\ \frac{\delta G\theta^t_2}{\delta\theta_2}, \frac{\delta G^t_{u2}}{\delta U_2}, \dots\dots \frac{\delta G^t_{\theta 2}}{\delta\theta_N}, \frac{\delta G^t_{u2}}{\delta U_N} \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \frac{\delta F^t_{\theta N}}{\delta\theta_2}, \frac{\delta F^t_{UN}}{\delta U_2} \dots\dots \frac{\delta F^t_{\theta N}}{\delta\theta_N}, \frac{\delta F^t_{UN}}{\delta U_N} \\ \frac{\delta F^t_{\theta N}}{\delta\theta_2}, \frac{\delta G^t_{UN}}{\delta U_2}, \dots \frac{\delta G^t_{\theta N}}{\delta\theta_N}, \frac{\delta G^t_{UN}}{\delta U_N} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Delta\delta\theta^t_2 \\ \Delta U^t_2 \\ \dots\dots \\ \dots\dots \\ \dots\dots \\ \Delta\theta_N \\ \Delta U_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P^t_2 \\ \Delta Q^t_2 \\ \dots\dots \\ \dots\dots \\ \dots\dots \\ \Delta P_N \\ \Delta Q_N \end{bmatrix} \quad (6.39)$$

Ku kemi : $\Delta\theta^t = \theta^{t+1} - \theta^t$; $\Delta U^t = U^{t+1} - U^t$;
Indekset $t+1$ dhe t tregojnë numrin rendor të ciklit iterativ. Derivatet e pjesshëm.

$$\frac{\delta F}{\delta\theta}, \frac{\delta F}{\delta U} \quad dhe \quad \frac{\delta G}{\delta\theta}, \frac{\delta G}{\delta U}$$

të cilët janë në matricën e shprehjes (6.39), llogariten si më poshtë :

Duke patur parasysh paraqitjen e vektorëve Zk_m dhe Yk_m në koordinatat këndrejtë në fushën komplekse sikurse tregohet në figurën 6.13, madhësia e përçueshmërisë së degëve midis nyjeve K dhe m e shprehur në formë eksponenciale është:

$$\acute{Y}_{km} = \acute{Y}_{km} e^{-j\alpha_{km}}$$

Ndërsa e konjoguar :$Y^*_{km} = \acute{Y}_{km} e^{j\alpha_{km}}$

Nga ana tjetër, meqenëse:$\alpha k_m = (90° - \delta \text{km})$

kemi : $\acute{Y}^*_{km} = Y_{km} e^{j(90° - \delta_{km})}$

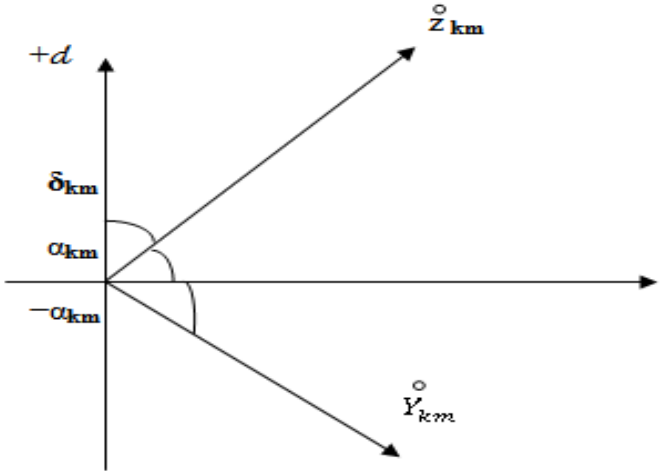


Figura 6.8. Paraqitja e vektorit të tensioneve dhe të përcjellshmërisë në formë komplekse trigonometrike

Vlera e modulit Yk_m dhe e këndit suplementar δk_m përcaktohen nga parametrat e degës përkatëse të rrjetit elektrik sipas relacioneve:

$$Yk_m = \frac{1}{\sqrt{R_{km}^2 + X_{km}^2}}$$

$$\delta k_m = \operatorname{arctg}\frac{Rk_m}{X_{km}}$$

ku : Rk_m – është rezistenca aktive e degës midis nyjeve K dhe m;
Xk_m– është rezistenca reaktive induktive e degës midis nyjeve K dhe$m$.

Fuqia komplekse e llogaritur për një nyje të çfarëdoshme k të rrjetit llogaritet sipas relacionit të njohur (6.34):

$$F_k + jG_k = \mathring{U}k \cdot \sum_{m \in k} \acute{Y}_{km}^{*} (\mathring{U}k - \mathring{U}m)*$$

Duke vendosur vektorët e tensioneve dhe të përcjellshmërisë në formë komplekse trigonometrike, marrim shprehjet si më poshtë:

$$F_k + jG_k = U_k \sum_{m \in k} Y_{km} e^{j(90° - \delta_{km})} \cdot (U_k \cdot e^{-j\theta k} - U_m \cdot e^{-j\theta m})$$

$$= U_k \sum_{m\in k} Y_{km} e^{j(90^\circ - \delta_{km})} \cdot U_k \cdot e^{j\theta k} \cdot \sum_{m\in k} Y_{km} e^{j(90^\circ - \delta_{km})} \cdot U_m \cdot e^{-j\theta m}$$

$$= U_K^2 \sum_{m\in k} Y_{km} e^{j(90^\circ - \delta_{km})} - \sum_{m\in k} U_k \cdot U_m \cdot Y_{km} \cdot e^{j[90^\circ + (\theta_k - \theta_m - \delta_{km})]}$$

Pas veprimeve përkatëse dhe duke marrë [1]:

$$Y_{Ak} = \sum_{m\epsilon k} Yk_m \cdot sin\delta_{km}$$

$$Y_{Rk} = \sum_{m\epsilon k} Yk_m \cdot cos\delta_{km}$$

Do të kemi:

$$F_k + jG_k = [U_k^2 \cdot Y_{Ak} + \sum_{m\epsilon k} U_k \cdot U_m \cdot Y_{km} \cdot sin(\theta_k - \theta_m - \delta_{km})]$$

$$+ j[U_k^2 \cdot Y_{Rk} - \sum_{m\epsilon k} U_k \cdot U_m \cdot Y_{km} \cdot \cos(\theta_k - \theta_m - \delta_{km})] \quad (6.40)$$

Nga ekuacioni përfundimtar (6.40), duke ndarë komponentën aktive dhe reaktive, do të kemi:

$$Fk = U_k^2 \cdot Y_{Ak} + \sum_{m\epsilon k} U_k \cdot U_m \cdot Y_{km} \cdot sin(\theta_k - \theta_m - \delta_{km}) \quad (6.41)$$

$$Gk = U_k^2 \cdot Y_{Rk} - \sum_{m\epsilon k} U_k \cdot U_m \cdot Y_{km} \cdot cos(\theta_k - \theta_m - \delta_{km}) \quad (6.42)$$

Derivati parcial i shprehjes (3.9) sipas kënditθ_k për m = k është:

$$F_{\theta_{kk}} = \frac{\partial F_k}{\partial \theta_k} = \sum_{m\epsilon k} U_k \cdot U_m \cdot Y_{km} \cdot cos(\theta_k - \theta_m - \delta_{km}) \quad (6.43)$$

Nëpërmjet të njëjtës analizë dhe të njëjtin arsyetim, sipas këndit θ_k për $m \neq k$ kemi:

$$F_{\theta_{km}} = \frac{\partial F_k}{\partial \theta_m} = -U_k \cdot U_m \cdot Y_{km} \cdot cos(\theta_k - \theta_m - \delta_{km}) \quad (6.44)$$

Ndërsa derivati parcial i shprehjes (6.41) sipas tensionit U_k për $m = k$, është:

$$FU_{kk} = \frac{\partial F_k}{\partial \theta_m} = 2U_k\, Y_{Ak} + \sum_{m\epsilon k} U_m \cdot Y_{km} \cdot sin(\theta_k - \theta_m - \delta_{km}) \quad (6.45)$$

Kurse sipas tensionit U_m për $m \neq k$, kemi:

$$\mathrm{FU_{km}} = \frac{\partial \mathrm{F_k}}{\partial \mathrm{U_m}} = \mathrm{U_k} \cdot \mathrm{Y_{km}} \sin(\theta_k - \theta_m - \delta_{km}) \quad (6.46)$$

Derivati parcial i shprehjes (3.10) sipas këndit θ_k për $m \equiv k$, është:

$$\mathrm{G_{\theta_{kk}}} = \frac{\partial \mathrm{G}}{\partial \theta_k} = \sum_{m\epsilon k} \mathrm{U_k} \cdot \mathrm{U_m} \cdot \mathrm{Y_{km}} \cdot \sin(\theta_k - \theta_m - \delta_{km}) \quad (6.47)$$

Kurse sipas vlerës se këndit θ_m, për m ≠ k, do te kemi:

$$G_{\theta_{km}} = \frac{\partial G_k}{\partial \theta_m} = -U_k \cdot \mathrm{U_m} \cdot Y_{km} \cdot \sin(\theta_k - \theta_m - \delta_{km}) \quad (6.48)$$

Ndërsa derivati parcial i shprehjes (6.42) sipas tensionit U_k për $m = k$ është:

$$GU_{kk} = \frac{\partial G_k}{\partial \theta_m} = 2U_k\, Y_{Rk} - \sum U_k \cdot U_m \cdot cos(\theta_k - \theta_m - \delta_{km}) \quad (6.49)$$

Kurse sipas tensionitU_m për$m \neq k$kemi:

$$GU_{km} = \frac{\partial G_k}{\partial \theta_m} = -U_k \cdot Y_{km} \cdot cos(\theta_k - \theta_m - \delta_{km}) \quad (6.50)$$

Duke zëvendësuar në shprehjen (6.37) derivatet parciale për tensionin dhe fuqinë në nyje të veçanta merret matrica me këtë formë :

$$\begin{bmatrix} F_{\theta 22}, F_{U22}, \dots \dots . F_{\theta 2N}, F_{U2N} \\ G_{\theta 22}, G_{U22}, \dots \dots . G_{\theta 2N}, G_{U2N} \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ F_{\theta N2}, F_{UN2} \dots \dots . F_{\theta NN}, F_{UNN} \\ G_{\theta N2}, G_{UN2}, \dots . G_{\theta NN}, G_{UNN} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Delta\theta_2 \\ \Delta U_2 \\ \dots \dots \\ \dots \dots \\ \dots \dots \\ \Delta\theta_N \\ \Delta U_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P_2 \\ \Delta Q_2 \\ \dots \dots \\ \dots \dots \\ \dots \dots \\ \Delta P_N \\ \Delta Q_N \end{bmatrix} \quad (6.51)$$

Numri i ekuacioneve të sistemit për rrjetin me N nyje, pa llogaritur nyjen referuese dhe duke emërtuar me "m"numrin e nyjeve me modulin e tensionit të fiksuar (nyje (P, U) është $2N - m$, sepse për nyjet (P, U) ekuacioni shkruhet vetëm për ΔP dhe jo për ΔQ.

Kjo matricë paraqet modelin matematik të metodës së Njutonit për zgjidhjen e problemit të shpërndarjes së flukseve të fuqisë dhe tensioneve si faktorët bazë për përcaktimin nivelin e ndotjeve, fushës elektromagnetike.
Mbi bazën e fluksit të fuqisë dhe tensionit ne përcaktojmë karakteristikat e fushave magnetike që krijohen rrethë paisjeve nyjeve prej të cilave nxjerrim vlerën e rrymave që krijohen nga këto të fundit.

Në bazë të modelit matematik sipas metodës së Njutonit për përcaktimin e shpërndarjes së flukseve të fuqisë dhe tensioneve në nyje të veçanta të mjediseve portuale, sigurohet marrja në mënyrë të shpejtë, të parametrave bazë përcaktuese të rrymave bredhëse në këto mjedise [1], [6].

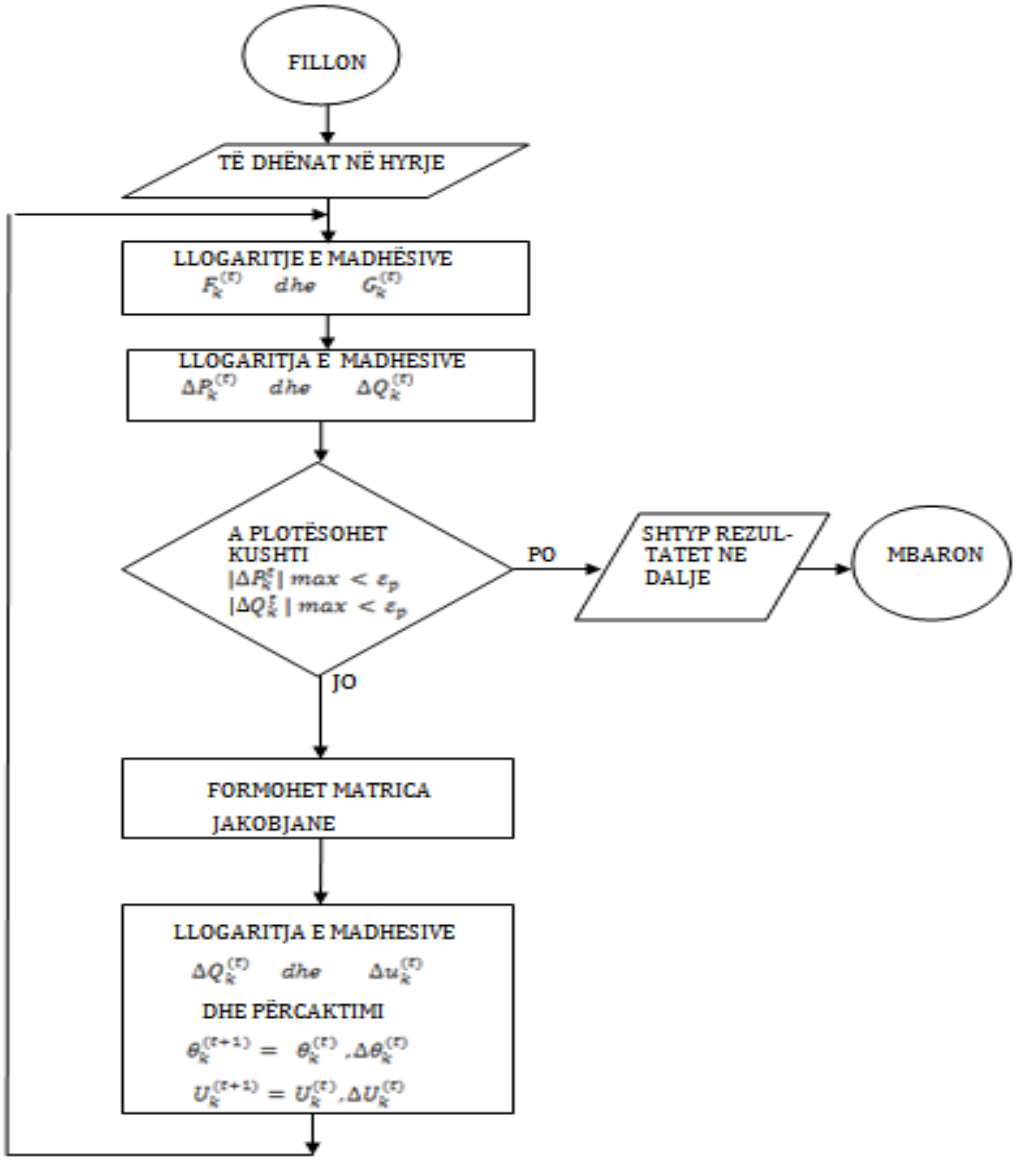
Përdorimet e metodës së Njutonit realizojnë përcaktimin e parametrave elektrike të zbërthyera në koordinata polare, për zgjidhjen e problemit të shpërndarjes së flukseve të fuqisë dhe tensionit në mjediset detare.

Metoda e Njutonit është iterative që shërben për zgjidhjen e funksioneve jolineare edhe për sistemin e funksioneve me shumë variable, dhe është metoda bashkëkohore nga pikëpamja e konvergjencës dhe e shpejtësisë së zgjidhjes, që sot po përdoret gjerësisht në algoritmimin në shumicën e programeve të shpërndarjes së flukseve të fuqisë, niveleve të tensionit nëpër makineri, nyje, si dhe në mjediset e ndryshëm.

Rezultatet e marra nëpërmjet modelit matematik duke u bazuar në metodën e Njutonit nga ana jonë do të jenë orientuese për projektimet e strukturave eklektike në mjediset portuale, por njëkohësisht do të krahasohen me matjet drektë në strukturat ekzistuese.

Rekomandojmë se puna e kryer deri tani dhe ajo në të ardhme, është një bazë shkencore për tu vlerësuar nga projektuesit e mjediseve portuale, apo të strukturave të makinerive dhe pajisjeve elektrike me qëllim zvogëlim deri në parandalim, të ndotjeve nga rrymat bredhës në mjediset portuale.

6.9. Blloka skema për programimin e modelit matematikor.



PËRFUNDIME

Qëllimi, objektivat dhe synimet e disertacionit tonë mbështeten në vizionin dhe synimet e politikës së shtetit shqiptarë ndër vite, për rehabilitimin dhe ndërtimin e një sistemi transporti të qëndrueshëm, të sigurt, me kosto optimale dhe miqësor me mjedisin, në kuadër të integrimit në rajon dhe Europë, që të kontriboj në rritjen ekonomike të vendit dhe cilësinë e jetës së qytetarëve.

Nga analizë teorike, praktike, shkencore, eksperimentale, si dhe nga përgjithësimet e studimeve deri te tanishme, që janë bërë fenomeneve të ndotjeve në mjediset portuale në Republikën e Shqipërisë nga rrymat bredhëse (ndotjet elektromagnetike), përshkruar në disertacionin e paraqitur per marrjen e gradës shkencore "Doktor", rrjedhin këto përfundime:

1. Niveli dhe shkalla e ndotjeve në mjediset portuale janë faktor i rëndësishëm në cilësinë, garancinë dhe besueshmërin e transportit detar.

2. Shkalla dhe niveli i ndojeve elektromagnetrike ndikon në cilësitë e jetës shoqërore, florën, faunën detare, cilësinë e punës së makinerive dhe pajisjeve të instaluara, si dhe në cilësinë e shërbimeve të ofruara.

3. Duke ju referuar interpretimit të rezultateve dhe matjeve konkrete mbi nivelin e ndotjeve në mjediset portuale të vendit tonë rezulton se: shkalla dhe niveli i ndotjeve elektromagnetike dhe në veçanti niveli ndotjeve nga rrymat bredhëse varet dhe përcaktohet nga: fuqia e instaluar e paijseve dhe instrumetave elektrike në mjediset portuale të vendit tonë; koha e shfrytëzimit; prania e defekteve dhe avarive teknike; cilësia e izolacionit dhe karakteristikat meteorologjike.

4. Metoda interative të Njutonit për zgjidhjen e funksioneve jolineare, për sistemin e funksioneve me shumë variable, që ne kemi menduar se është problem i studiuar dhe i patrajtuar në mjedise jo homogjene, në të cilat përshkrueshmëria magnetike μ e mjedisit nuk është konstante, është modeli matematik që në këtë punim kemi ralizuar vlerësimin e ndotjeve të mjediseve portuale nga rrymat bredhëse.

5.Efektet e rrymave bredhëse, sot janë duke u rritur, në qoftë se ndjekim trendin e krijimite të pajisjeve elektromagnetike me densitet të lartë të fuqisë, që kërkon nga inxhinierët njohuri të gjerë të fenomeneve elektromagnetike kur krijojnë dhe operojnë me këto pajisje, duke qenë se rrymat bredhëse ndikojnë në mënyrë direkte në përformancën e aparateve elektrike.

6.Efektet e rrymave bredhëse sot në disa raste janë të dëshirueshme dhe të shfrytëzueshme, pasi ekzistojnë pajisje që funksionimi dhe shfrytëzimi i tyre bazohen në fenoementet që lindin nga rrymat bredhëse, si motorët ose lëshuesit linear, pajisje për krijimin e magnetizmit, për gjenerimin ose përqëndrimin e fushave të larta magnetike e të tjera.

7. Efektet dhe prania e rrymave bredhëse pozitivishte apo negativishtë duhet

të përshkruhen dhe të përcaktohen në mënyrë të saktë. Përcaktimi i rrymave bredhëse në një konfigurim të dhënë duke përdorur zgjidhje numerike ka qenë qëllimi i punimit. Specifikisht, metodat janë të disponueshme me një kriter të përdorimit të tyre. Gjithashtu, janë prezantuar procedurat e zgjidhjes me disa aplikime tipike për secilin rast.

8. Në këtë trajtim gjithëpërfshirës të zgjidhjeve numerike të problemeve të rrymave bredhëse, ky punim është i orientuar në dhënien e simulimeve matematike për metodat ekzistuese, por gjithashtu diskuton mënyrën se si duhen shkallëzuar ekuacione specifike. Janë përfshirë gjithashtu diskutime rreth konotacione fizike të metodave.

Bazuar në konkluzionet e dala dhe të argumentuar për kushtet konkrete të vendit tonë, në momentet më të rëndësishme, në bazë të politikave dhe synimeve të qeverisë shqiptare, rekomandojmë:

1.Projektet dhe investimet që po bënë dhe do të bëhen nga qeveria shqiptare në infrastrukturën e transportit detarë, porteve, konkluzionet e mësipërme të merren parasysh dhe të vleresohen.

2.Modeili matematikor i ndërtuar që prezantohet në këtë disertacion të përdoret nga projektuesit dhe ndërtuesin gjatë punës se tyre, për të vlerësuar ndotjet elektromagnetike dhe konkretishte ato nga rrymat bredhëse.

3.Makinerit dhe pajisjet që do të instalohen në mjediset portuale të projektohen dhe të përzgjidhen duke patur parasysh faktorët dhe burimet e ndotjeve elektromagnetike në këto mjedise.

4.Niveli dhe shkalla e ndodtjeve elektromagnetike të vlerësohet për pasojat që shaktojnë dhe që infrastruktura portuale të përmbush kërkesat dhe normat ndërkombëtare.

R E F E R E N C A T

[1]. Akademia e Shkencave. Gjeografia Fizike e Shqipërisë. Tiranë, 1991.
[2]. PANO Niko: Gjeografia fizike e Shqipërisë. Voll. II. Tiranë 1992.
[3]. Akademise se Shkencave. Hidrologjia e Shqiperise. Tiranë 1984.
[4]. Akademia e shkencave. Klima e Shqipërisë. Tiranë, 1987.
[5]. Instituti i Hidrometeorologjisë., Atlasi klimatik i Shqipërisë, Tiranë 1990.
[6]. Instituti i Hidrometeorologjisë, Hidrologjia e Shqipërisë, Tiranë, 1985.
[7]. PANO Niko: Elementet e regjimit te valezimit ne bregdetin Shqiptar" Studime meterologjike dhe hidrologjike. Botimi HIDMET. Tirane. 1974. (faqe 5-41).
[8]. Udhëzues lundrimi për Detin Adriatik e Jon. Tirane 1992. (faqe 5-39).
[9]. Qendra e Studimeve Biologjike, Flora e Shqipërisë, Tiranë 1992.
[10]. Vlerësimi i gjendjes mjedisore detare në Shqiperi. Insituti i Ruajtjes se Mjedisit Shqiperi INCA Shtator 2017.
[11]. Legambiente Forcimi i Pjesmarjes Publike në Menaxhimin e Integruar te Teritorit te Shqiperise Vlorë. 1999.
[12]. Raport i Insitutit te Studimeve dhe Projektimeve të Transportit Detare te RSH. Tirane 2001.
[13]. Vladimir KASEMI: Studim për korrozionin e çelikut A - 3 të veshjes së jashtme të mjeteve detare në ujërat e Gjirit të Vlorës. (Disertacion për gradën shkencore "Doktor i shkencave") UPT. Tirane. 2003. (faqe 71-79).
[14]. Osman METALLA: Menaxhimi portual, ndikimi i hapësirave në performancën portuale. (Disertacion për mbrojtjen e gradës shkencore "Doktor"). Univertiteti Tiranes Tirane 2013.
[15]. Vyshka E.: "Menaxhimi i trafikut në nyjet multimodale të portit të Durrësit dhe ndikimet shumë dimensionale". (Disertacion për marrjen e gradës "Doktor". UPT. Tirane. Mars 2017. (faqe 42-46).
[16].Sh. Sinanaj, B. Xhaferaj, M. Duka, V. Kasemi: Ndotjet nga aktivitet detare dhe bregdetare ne gjirin e Vlorës dhe disa rekomandime për mbrojtjen e tij. AKTET Revista shkencore e Institutit Alb-Shkenca Vell III, Nr.3,2009 Tirane Prishtin Shkup 2010. (pp 366- 371).
[17]. Metalla O., Vyshka E., Risto S.: Land infrastructure and ports. A case of port of Durrës International Journal of Economics, Commerce and Management. United Kingdom Vol. III, Issue 8, August 2015. Licensed under Creative Common Page 315
[18]. Metalla O., Koxhaj A. Nexhipi O.: Land Area Limitation of Durres Port Containers Terminal Global Journal of Management and Business Research: B Economics and Commerce Volume 15 Issue 5 Version 1.0 Year 2015.
[19]. Vyshka, E., Metalla, O. (2016) The impact of the Durres Port performance in a sustainable intermodal transport chain across the Adriatic Sea, International Journal of Scientific & Engineering RESEARCH, V olume 7, I ssue 8, 2016, f 1691-1698.

[20]. Vyshka, E., Metalla, O., Cukalla. M., The Approach of Durres Port as a Logistic Center in Order to Increase Management Quality, American Journal of Mobile Systems, Applications and Services Vol. 1, No. 3, 2015, (pp. 196-202)

[21]. Xhevdet SPAHIU, Vladimir KASEMI: Level of electromagnetic pollutants and from the eddy currents in the environment of the Durres port. (Journalos JASRI) Journalos of Advanced Scientific Research and Innovation Volume 11, No. 31, June 2017. Germany. Impact Factor 2016: 1.36, Journal & Country Rank (H Index 13). ISSN: 219 318 11, (p. 3106-22).

[22]. V. Kasemi; Sh. Sinanaj; Gj Toska; A Duka; J Kacani; E Veizaj: Kapacitetet përpunuese të Portit Detar Vlorë dhe mundësitë për aplikimin e teknologjive të reja përpunuese. Proceedings 2007-2009 Zhvillimi i qëndrueshëm per Shqipërinë Tirane 2009. (pp. 989-991).

[23]. www.shqiperia.com/shqiperia/transporti.php

[24]. www. sq.wikipedia.org/wiki/Shqipëria

[25]. www.apdurres.com.al

[26]. www.analtir.com

[27]. www.oecd.org/cem

[28]. www.mpptt.gov.al

[29]. www.dpshtrr.gov.al

[30]. www.portivlore.com.al

[31]. www.portisarande.al

[32]. www.portishengjin.al

[33]. Beil, Laura (15 November 2017). "Pollution killed 9 million people in 2015". Sciencenews.org. Retrieved 1 December2017.

[34]. Carrington, Damian (October 20, 2017). "Global pollution kills 9m a year and threatens 'survival of human societies'". The Guardian. Retrieved.

[35] Andrzej Krawczyk, John A. Tegopoulos: Numerical Modeling of Eddy Currents. (Monographs in Electrical and Electronic Engineering.) New York. Oxford. 1993.

[36].P. A. Bespalov, Yu. V. Chugunov: Atmospheric electricity model for the planetary electric generator and low-latitude thunderstorm currents. Institute of Applied Physics, Russian Academy of Sciences, Nizhny Novgorod. Translated from Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Radiofizika, 1997. Vol. 40, Nos. 1–2, pp. 138–145.

[37]. Durney, Carl H. and Johnson, Curtis C.: Introduction to modern electromagnetics. McGraw- Hill 1969,

[38].Tipler, Paul: Physics for Scientists and Engineers: Electricity, Magnetism, Light, and Elementary Modern Physics (5th ed.). W. H. Freeman 2004.

[39]. Furlani, Edward P.: Permanent Magnet and Electromechanical Devices: Materials, Analysis and Applications. Academic Press Series in Electromagnetism 2001.

[40].Purcell, E.: Electricity and Magnetism, 2nd, S. 173–4, Cambridge University Press 2011.

[41]. Kuadri për zhvillimin e standardeve të fushës elektromagnetike në bazë shëndetësore. 1.Fushat elektromagnetike - efekte negative. 2. Ekspozimi mjedisor - standardet. 3. Vlerësimi i rrezikut. 4. Standardet e referencës. (Biblioteka e OBSH-së katalogon për Publikimet e të Dhënave). 2011.

[42].Seminari Jo-Jonizues i Rrezatimit, 22 - 26 Prill, 1996. Baden, Austri. Oberschleissheim: ICNIRP, f. 17 - 27. Në dispozicion nga: Sekretari Shkencor, Komisioni Ndërkombëtar për Mbrojtja nga rrezatimi jo-jonizues, C / - Bundesamt für Strahlenschutz, Institut für Strahlenhygiene, Ingolstädter Landstraße 1, D-85764 Oberschleißheim, Gjermani.

[43].V.K. M. Nr. 743, datë 16.10.2012 "Për miratimin e rregullores "Për mbrojtjen e publikut nga rrezatimet jojonizuese" (Ndryshuar me VKM nr.67, datë 3.2.2017)

[44]. Xhevdet SPAHIU, Vladimir KASEMI: Level of electromagnetic pollutants and from the eddy currents in the environment of the Durres port. (Journalos JASRI) Journalos of Advanced Scientific Research and Innovation Volume 11, No. 31, June 2017. (p 1-12)

[45]. Spengler, John D.; Sexton, K. A. (1983). "Indoor Air Pollution: A Public Health Perspective". Science. 221(4605): 9–17 [p.9]. doi:10.1126/science.6857273.

[46]. John Tarantino. "Environmental Issues". The Environmental Blog. Archived from the original on 2012-01-11. Retrieved 2011-12-10.

[47]. Friedman, Sharon M. (2011). "Three Mile Island, Chernobyl, and Fukushima: An analysis of traditional and new media coverage of nuclear accidents and radiation". Bulletin of the Atomic Scientists. 67 (5): 55–65.

[48]. D., Kolstad, Charles (2011). Environmental economics(2nd ed ed.). New York: Oxford University Press. ISBN 0199732647. OCLC 495996799.

[49]. William), Pearce, David W. (David (1990). Economics of natural resources and the environment. Turner, R. Kerry. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

[50]. State of the Environment, Issue: Air Quality (AustralianGovernment website page)

[51]. Beychok, Milton R. (1967). Aqueous Wastes from Petroleum and Petrochemical Plants (1st ed.). John Wiley & Sons. ISBN 0-471-07189-7. LCCN 67019834.

[52]. David, Michael, and Caroline. "Air Pollution – Effects". Library.thinkquest.org. Retrieved 2010-08-26.

[53]. The World's Most Polluted Places: The Top Ten of the Dirty Thirty (PDF), archived from the original (PDF) on 2007-10-11, retrieved 2013-12-10

[54]. www:en.wikipedia.org/wiki/Pollution

[55]. www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/

[56]. www.en.**wikipedia**.org/**wiki**/**Water_pollution**

[57] www. whqlibdoc.who.int/hist/official_records/constitution.pd

[58]. www. en.**wikipedia**.org/**wiki**/**Marine_pollution**

[59].Ligji Nr.10 431, datë 9.6.2011 “Për mbrojtjen e mjedisit” (I ndryshuar);
[60].Ligji Nr.9115, date 24.7.2003 “Për trajtimin mjedisor të ujërave të ndotura” (I ndryshuar);
[61]. Andrzej Krawczyk, John A. Tegopoulos: Numerical Modeling of Eddy Currents. (Monographs in Electrical and Electronic Engineering.) New York. Oxford. 1993.
[62]. Herbert H. UHLIG, R. Winston REVIE: Corrosion and corrosion control (An Introduction to Corrosion Science and Engineering Thrd Edition New York 1998 ISBN 5 7245 0355 7, (Kapitulli V& XI, faqe 70-89, 209-2014)
[63].P. A. Bespalov, Yu. V. Chugunov: Atmospheric electricity model for the planetary electric generator and low-latitude thunderstorm currents. Institute of Applied Physics, Russian Academy of Sciences, Nizhny Novgorod. Translated from Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Radiofizika, Vol. 40, 1997Nos. 1–2, pp. 138–145.
[64]. Alan D. Chave, Jean H. Filloux and Douglas S. Luther: Electromagnetic induction by ocean currents. BEMPEX. Physics of Earth and Planetary Interiors, Elsevier Science Publishers BV Amsterdam Printed in The Netherlands. 53 (1989) 350 -359
[65] .Steven Constable and Leonard J. Srnka: An introduction to marine controlled-source electromagnetic methods for hydrocarbon exploration. Geophysics. Vol 72. No.2. (March- April 2007) published online 2007 WA 4-WA12.
[66]. Durney, Carl H. and Johnson, Curtis C.: Introduction to modern electromagnetics. McGraw-Hill 1969.
[67].Tipler, Paul: Physics for Scientists and Engineers: Electricity, Magnetism, Light, and Elementary Modern Physics (5th ed.). W. H. Freeman 2004.
[68]. Furlani, Edward P.: Permanent Magnet and Electromechanical Devices: Materials, Analysis and Applications. Academic Press Series in Electromagnetism 2001.
[69]. Purcell, E.: Electricity and Magnetism, 2nd, S. 173–4, Cambridge University Press 2011.
[70]. B. Golemi, Bazat teorike të elektroteknikës, Vëll I, II, III, IV, 2001
[71]. P. Cipo, A. Tashko, Teoria e fushës elektromagnetike, ShBLU, 1988.
[72]. N. Hobdari, TTL Teknika e Tensioneve te Larta, 1998
[73]. Hobdari N, Vasili P Teknika e Tensioneve te Larta, Tiranë 1995
[74].R. Buhaljoti “Proceset Kalimtare në Sistemet Elektrike” Tre-Fazore I, II, III, 1997
[75]. A. Dedej “Proceset kalimtare në sistemin 3 fazor” 1989 [8] P. Vasili “Tensionet e larta” Vëll I, Vëll II, 1980
[76] www.Catersnews.com Eiffel Towers Lightning Hit
[77] www.spartalightning.com
[78]. www.elec.com.au
[79]. www.google.al/#9-ETAP-6
[80]. www.Erico.com/catalog/literature/E1081C-NAEN

[81] ERITECH Lightning Protection Handbook Design to the IEC 62305 series of Lightning Protection Stabdarts.
[82]. K. Picone, Discoveries "The Effects of A Lightning Strike On The Human Body" Lightning and Nature Nov 9 2014.
[83]. Vangjel ÇEÇO: Mbi modelet matematik dhe hartimin e nje programi per për llogaritjen e me metodat bashkohor te shpërndarjes se fluksit te fuqisë dhe tensionit ne sistemin eleketroenergjetikte RSH. Disertacion per Graden shkencore Doktor i shkencave. UPT. Tirane. 1985.
[84]. Stagg G,W, El ABIAD, A.H: Compjutermethods in power analysi. USA. 1968
[85]. S Despotovic: Optimizacia paspodele snaga u elektroenergetskim sistemia. Moske. 1972.
[86]. Vangjel ÇEÇO: Modeli matematik për llogaritjen e shpërndarjes se fluksit te fuqisë dhe tensionit ne sistemin eleketroenergjetik sipas metodës se Njutonit. Buletini i Shkencave Teknike. UPT. Tirane. Albania. Nr. 3, 1985. (faqe 65-73).
[87]. Antonopoulos, C. S. Tsiboukis, T. D. and Kriezis, E. E. (1992). Field calculation in single- and multilayer coaxial cylindrical shells of infinite length by using a coupled T – Ω and boundary element method. IEEE Transactrons on Magnetics, MAG-28, (1), 61-8.
[88]. Bessho. K. Krawezyk. A. and Nakamoto. K. (1992). New electromagnetic pump based on the effect of magnetic flux concentration. Compel. 11. (1). 149-52
[89]. Biro. O. and Preis. K. (1989). On the magnetic vector potential in the finite element analysis of three-dimensional eddy currents IEEE Transaction on Magnetics. MAG-25. (4). 3145-59.
[90]. Bossavit. A. (1988). A rationale for ''edge elements'' in 3-D fields computations. IEEE Transaction on Magnetics, ,AG-24. (1). 74-9.
[91]. Bozorth. R. M. (1968). Ferromagnetism. Van Nostrand. New York.
[92]. Brebbia. C. A.Telles. J. C. F., and Wrobel. L. C. (1984). (ed). (1990). Boundary element technicue. Springer, Berlin
[93]. Brebbia. C. A. (ed). (1990). Topics in boundary element research. Vol.6: Electromagnetic applications. Springer, Berlin
[94]. Bunet. P. (1933). Courants de Foucault. BaillereetFils. France.
[95]. Burais. N. Foggia. A. Nicolas. A. Pascal. J. P. and Sabonnadiere. J. C. (1984). Numerical solution of eddy problems including moving conducting parts. IEEE Transactions on Magnetics, MAG-20. (5). 1995-7.
[96]. Carpenter. C. J. (1977). Comparison of alternative formulations of 3-dimensional magnetic-gield and eddy-current problems at power frecuencies. IEE Proccedings. 124. (11). 1026-34.
[97]. Chari. M. V. K. (1974). Finite element solution of the eddy current problem in magnetic structure. IEEE Trransactions on Power Apparatus and Systems. PAS-93. (1). 62-72

[98]. Chari. M. V. K. and Silvester. P. (eds) (1980). Finite element method in electrical and magnetic field problems. Wiley. New York
[99]. Chura. M. (1976). Eddy current transient. IEE Proceedings. 123. (3). 185-9
[100]. Csendes. Z. J. Shenton. D., and Shahnasser. II. (1983). Magnetic field computation using Delunay triangulation and complamentary finite element method. IEEE Transaction on Magnetics, MAG-19, (5). 2551-4.
[101]. Davey. K. R. and Barnes. W. J. (1983). Three-dimensional eddy current problems using the T – Ω method and Fredholm integral equations. IEEE Transactions on Magnetics. MAG-19. (2). 120-5.
[102]. El-Sherbiny. M. K. (1973). Representation of magnetization character-istic by a sum of potentials. IEEE. Transaction on Magnetics, MAG-9, (1).
[103]. Emson. C. R. I. and. Simkin. J. (1983). An optimal method for 3-D eddy current. IEEE Trancasactions on Magnetics. MAG-19. (20). 2450-2.
[104]. Enokizono. T. and Todaka. T. (1990). Three-dimensional boundary element method using a time-dependent solution. International Journar of Apphed Electromagnetics in Materials. 1. (2-4). 327-33. [19]. Erdeleyi. E. A. and Fuchs. E. F. 91974). Fields in electrical devices containing soft nonlinear materials. IEEE Transacations on Magnetics. MAG-10. (4). 1103-8.
[105]. Fawzi. T. H., Taher Ahmed. M., and Burke. P. E. (1985). On the use of the impendance boundary conditions in eddy current problems. IEEE Transaction on Magnetics, MAG-21, (5). 1835-40.
[106]. Finlayson. B. (1972). Variational and weighted residuals methods in chemical engineering. Academic Press. New York.
[107]. Gasiorski. A. K. (1985). Finite-element method for field analysis in rectangular conductor carrying sinusoidal current. Archiv für Elektrotechnik. 68. (2). 85-92.
[108]. Gross H. G. (1940). Die Berechnung der Stromverteilung in zylindriscenLeiternmitrechteckigen und elliptischenQuerschnitt. Archivf ü r Elektrotechnik. 34. (5). 241-57.
[109]. Grumet. A. (1959). Penetration of transient electromagnetic fields info a conductor. Journal of Applied Physics. 30. 950. 682-96.
[110]. Gurtin. M. E. (1964). Variational principles for linear initial-value problems. Quart. Appl. Math. 22. 252-6.
[111].Hammond. P. (1971).Applied electromagnetism. Pergamon Press. Oxford.
[112]. Hammond. P. (1980). Energy methods in electromagnetism. Clarendon Press. Oxford.
[113]. Hammond. P. (1982). Use of potentials in calculation of electromagnetic fields. IEE Proceedings. 129.Part. A. (2). 106-12.
[114]. Hammond. P. (1989). Upper and lower bounds in eddy-current calculations. IEE Proceedings 136. Part A. (4). 207-6-16
[115]. Harrington. R. F. (1968). Field computation by moment methods. Macmillan. New York.

[116]. Hass. H. (1979). Das Eingdrigen eines magnetischen Gleichfeldes in einem ferromagnetischen Halbraun. Archiv für Elektrotechnik. 62. (1). 69-73.
[117]. Heller. B. (1953). Prechodne jevy w masiwnym zeleze. Elektrotechnicky Obzor. 42. (7/8). 368-75
[118]. John. F. (1978). Partial differential equations. Springer , Berlin
[119]. Kameari, A. (1989). Three Dimensional eddy current calculation using edge elements for magnetie vector potencial. In: Apphed electromagnetic in materials. (ed. K.Miya), Pergamon Press, Oxford.
[120]. Konrad, A. (1985). Eddy current and modeling. IEEE Transactions on Magnetics, MAG-21, (5), 1805-10.
[121]. Kost, A. (1989). Calculation of three-dimensional nonlinear eddy currents in an electrical machine by the boundary element method. In: Boundary element techniques : applications in engineering. (ed. C. A. Brebbia and N.G. Zamani). Computational Mechanies Publication, Southampton Kost, A. and Janieke, L. (1992). Universal generation of an initial mesh for adaptive 3-D finite element method. IEEE Transactions on Magneties MAG-28, (2), 1735-8.
[122]. Krakowski. M. (1987). On certain properties of the electrie vector potencial in eddy-current problems. IEE Proceding, Part A, 134. (10) , 768-72
[123]. Krakowski, M. (1988). Boundary-value problem for eddy currents induced in thin metallie plates bu external magnetic field. Bulletin of the Polish Academyt of Sciences , ser. Technical Sciences, 36, (7-9), 551-6.
[124]. Krawezyk, A. (1980). Unidimensional transient electromagnetic field in double-layer conductive medium. Prace Instytutu Elektrotechniki, 28, (113), 21-31
[125]. Krawezyk, A. (1983). The application of FEM to transient problems of electromagnetie engineering. Rozprawy Elektrotechniezne, 29, (2), 331-44.
[126]. Krawezyk, A. (1986). The calculation of transient eddy currents by means of the boundary element method. In: Boundary elements VIII (ed. M. Tanaka and C.A. Brebbia). Computational Mechanies Publication.Springer.Berlin.
[127]. Krawezyk, A. (1988). The BEM analysis of transient skin effect in slot of electrical machine, In: Proceedings on ECEM'88, Pisa.
[128]. Krawezyk, A. (1990). The BEM analysis of transient eddy currents in nonhomogeneous regions. In: Boundary elements in mechanical and electrical engineering. Computational Mechanies Publications, Southampton.
[129]. Krawezyk, A. and Gmitrzak, A. (1992). Elektromagnetic forces due to eddy currents, In: Elektromagnetic forces and applications (ed. J.Tani and T.Takagi). Elsevier, Amsterdam.
[130]. Krawezyk, A. and Turowski, J. (1987). Recent development in eddy current analysis. IEEE Transaction on Magnetics, MAG-23, (5), 3032-7.
[131]. Krawezyk, A. and Weselueha, Z. (1987). BEM software for electromagnetic mpdelling of electrical devices. Prace Instytutu Elektrotechniku, 35, (147). 111-8.

[132]. Krawezyk, A and Weselueha, Z. (1992). Indirect calculation of transient eddy currents in special devices, In: Elekktromagnetic phenomena and com. [133]. Putational technique (ed. M.Enokizono and J.P. Nowacki) Elsevier , Amsterdam.
[134]. Kriezis, E. E. and Xypteras , I. (1979). Eddy distribution and loss in a semi-infinite conducting space due to a vertical current loop. ETZ-Archiv, 100, (7), 201-7.
[135]. Kuhn, T. S. (1962). The structure of scientifie revolutions. University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
[136]. Lambert, J. (1973). Computational methods on ordinary differential equations, Wiley, New York.
[137]. Lameraner, J. and Stafl, M. (1968). Eddy currents, Ilife, London.
[138]. Lipiriski, W. and Krasori, P. (1981). Stromverteilung in weehselstrom-duechflossenen massive Leitern, berechnet mit Hilfe von Integralgleichung Archiv fur Elektrotechnik, 63, (6). 345-8.
[139]. Lowther, D. A. and Silvester, P. (1985). Computer- aided design in magnetic, Springer, Berlin.
[140]. Mayergoyz, I.D. (1986). 3-D eddy current problems and the boundary integral equation method. In: Computational elektromagnetics, (ed. Z.J.Csendes), Elsevier, Amsterdam.
[141]. Mitchell, A. R. and Wait, R. (1976). Finite element method in partial differential equations. Wiley, New York.
[142]. Mittra, R. (1973). Computer techniques for elektromagnetics Pergamon Press, Oxford.
[143]. Macanu, C. I. (1971). Uber die Zeitkonstante des Skineffektes, ETZ-A, 92, (3). 156-61.
[144]. Moon, F. C. (1984). Magneto-solid mechanies. Wiley, New York.
[145]. Muller, W. (1982). Anew iteration technique for solving stationary eddy current problem using the method of finite differences. IEEE Tranactions on Magnetics, MAG-18, (2), 588-93.
[146]. Nakata, T. and Fujiwara, K. (1992). Present status of 3-D numerical analysis of magnetic fields. In: Elektromagnetic forces and applications (ed. J. Tani and T.Takagi), Elsevier, Amsterdam.
[147]. Nakata, T., Takahashi, N., and Fujiwara, K. (1988). Physical meaning of $\nabla\emptyset$ in eddy current analysis using magnetic vector potencials. IEEE Transactions on Magnetics, MAG-24, (1), 178-81.
[148]. Nakata, T., Takahashi, N., Fujiwara, K., and Sakaguehi, M. (1990). 3-26, (2), 368-70.
[149]. Pawluk, K. and Szweicer, T. (1978). Biharmonie equation in quasi-stationary field problem. IEEE Transaction on Magnetics, MAG-14, (5), 563-5
[150]. Penman, J. and Gneve, M. D. (1987) Self adaptive mesh generation technique for the finite element method IEE Proceedings, 134, Part A. (8), 561-7.
[151]. Potter, D. (1973). Computational physics. Wiley, New York.

[152]. Rucker, W. M. and Richter, K. R. (1983). Calculation of two-dimensional eddy current problems with the boundary element method. IEEE Transactions on Magnetics , MAG-19, (6), 2429-32.
[153]. Rucker, W. M. and Richter, K. R. (1990). A BEM code for 3-D eddy current calculation . IEEE Transactions on Magnetics , MAG-26, (2), 462-5
[154]. Salon, J. and Schneider, J. M. (1981). Acomparison of boundary integral and finite element formulations of the eddy current problem. IEEE Transactions on Power Apparatus and System, PAS-100, (4), 1473-9.
[155]. Salon, S. J. DeBortoli, M. J., and Palma, R. (1990). Coupling of transient fields, circuits, and motion using finite element analysis. Journal of Elektromagnetic Waves and Applications, 4 (11), 1077-106.
[156]. Schieber, D. (1986). Elektromagnetic unduction phenomena Springer, Berlin.
[157]. Schwenkhagen, H. F. (1927). Untersuchung uber Stromverdrangung in rechteckigen Quersehnitten. Archiv fur Elektrotechnik, 17, (6), 537-589.
[158]. Sikora, R., Purezynski, J., Lipinski, W., and Gramz, M. (1978). Use of variational methods to the eddy currents calculation in thin condueting plates. IEEE Transactions on Magnetics, MAG-14, (5), 383-6.
[159]. Silvester, P. and Ferrari, R. L. (1984). Finite elements for electrical engineers, Cambridge University Press, Cambridge.
[160]. Smith, G. D. (1965). Numerical solution of partial differential equations, Oxford University Press, London
[161]. Song, H. and Ida, N. (1991). An eddy current constrains formulation for 3D elektromagneticfield calculation. IEEE Transaction on Magnetics, MAG-27, (5), 4012-5.
[162]. Song, H. and Ida, N. (1992). Modeling of velocity terms in 3D eddy current problems. IEEE Transactions on Magnetics, MAG-28, (2), 1178-81.
[163]. Stoll, R. L. (1974). The analysis of eddy currents. Clarendon Press, Oxford.
[164]. Stratton, J. (1941). Elektromagnetic theory. MeGraw-Hill, New York.
[165]. Szymanski, G. (1982). Elektrodynamie forces at thin non-magnetie tapes placed above ferromagnetic plates. Archiv fur Elektrotechnik, 65, (3), 179-83.
[166]. Tarasiewiez, F.., Findlay, R. D., and Dableh, J. H. (1987). The variational treatment of the diffusion equation for vector field problems. IEEE Transactions on Magneties, MAG
[167]. Tegopoulos, J. A. and Kriezis, M. (1985). Eddy currents in linear condudting media, Elsevier, Amsterdam.
[168]. Tozoni, O. W. and Mayergoyz, I. D. (1974). Analysis of d-D electromagnetic fields. Technika USSR (in Russian).
[169]. Trowbridge C. W. (1985). Low frequency electromagnetic field computation in three dimensions. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 52, (3), 653-74.

[170]. Tsuboi, H. and Misaki, T. (1987). Three dimensional analysis of eddy current distribution by the boundary element method. IEEE Transactions on Magnetics, MAG-23, (5), 3044-6.
[171]. Wiak, S. (1985). A method of calculation of transient electromagnetic field in nonlinear ferromagnetic medium. Archiv fur Elektrotechnik, 68. (6). 113-20.
[172]. Wiak, S. and Zakrzewski, K. (1987). Numerical calculation of transients in electrical circuits with nonlinear eddy current skin effect . IEE Procedings, 134, Part A, (9), 741-6.
[173]. Widger, G. F. T. (1969). Representation of magnetization curves over extensive range by rational-fraction approximation. IEE Prcedings, 116, (2), 156-60.
[174]. Wilson, E. and Nickel, R. (1966). Application of the finite element method to heat conduction analysis. Nuclear Engineering and Design, 4, 276-286.
[175]. Yamada, S., Bescho, K., and Lu, J. (1989). Harmonic balance finite element method to nonlinear AC magnetic analysis. IEEE Transactions on Magnetics, MAG-25, (4), 2971-3.
[176]. Zlamal, M. (1976). Finite element method in heat conduction problems In: The Mathematics of finite elements and applications, Academie Press, New York.
[178]. Metalla O., Vyshka E., Risto S.: Land infrastructure and ports. A case of port of Durrës International Journal of Economics, Commerce and Management. United Kingdom Vol. III, Issue 8, August 2015. Licensed under Creative Common Page 315
[179]. Metalla O., Koxhaj A. Nexhipi O.: Land Area Limitation of Durres Port Containers Terminal Global Journal of Management and Business Research: B Economics and Commerce Volume 15 Issue 5 Version 1.0 Year 2015. Type: Double Blind Peer Reviewed International Research Journal Publisher: Global Journals Inc. (USA)
[180]. Vyshka, E., Metalla, O. (2016) The impact of the Durres Port performance in a sustainable intermodal transport chain across the Adriatic Sea, International Journal of Scientific & Engineering RESEARCH, V olume 7, I ssue 8, 2016, f 1691-1698.
[181]. Vyshka E.: "Menaxhimi i trafikut në nyjet multimodale të portit të Durrësit dhe ndikimet shumë dimensionale". (Disertacion për marrjen e gradës "Doktor". UPT. Tirane. Mars 2017. (faqe 42-46).
[182]. Vyshka, E., Metalla, O., Cukalla. M., The Approach of Durres Port as a Logistic Center in Order to Increase Management Quality, American Journal of Mobile Systems, Applications and Services Vol. 1, No. 3, 2015, pp. 196-202,
[183].www.hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/elefie.html
[184]. Xhevdet SPAHIU, Vladimir KASEMI, Luigj GJOKA: Impact of meteorological factors on electromagnetic pollution values in Durrës and Vlora seaport area (Dorezuar dhe miratuar per botim) Interdisciplinary Journal of Research and Development (Universiteti "Aleksander Moisiu" Durres. (Aplied Sciences) Volume/issue: III. 2018;

[185]. Xhevdet SPAHIU, Vladimir KASEMI: Level of electromagnetic pollutants and from the eddy currents in the environment of the Durres port. (Journalos JASRI) Journalos of Advanced Scientific Research and Innovation Volume 11, No. 31, June 2017. Impact Factor 2016: 1.36, Journal & Country Rank (H Index 13).

[186]. Xhevdet SPAHIU, Lugji GJOKA, Xhemali PENTAMADHI: Use of methods for determining the parameters Newton electrical facilities in port sea as factors determining the electricity. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 4, Issue 4 , April 2017 IJARSET. Impact Factor 2016: 4.346 (p 3693 – 3699).

[187]. Xhevdet SPAHIU, Vladimir KASEMI: Theoretical linking on the use of number methods for evaluation of eddy currents in open field and in changing materials. BOOK OF PROCEEDINGS, 12-TH INTERNATIONAL ANNUAL MEETING OF ALB-SCIENCE INSTITUTE. Prishtine, KOSOVO. 2017. (p. 11, 164, 165).

[188]. Xhevdet SPAHIU, Vladimir KASEMI: Electromagnetic pollutants in the Durres marine port . 7th International Conference of Ecosystems, Tirana, Albania. Abstract BOOK. (ICE2017). Tirane, ALBANIA. 2017. (p. 20,83).

[189]. Xhevdet SPAHIU, Vladimir KASEMI, Luigj GJOKA: Mathematıcal varıables of electromagnetıc field whıch produce eddy current. 7th International Conference of Ecosystems, Tirana, Albania. Abstract BOOK. (ICE2017). Tirane, ALBANIA. 2017. (p. 20,82,83).

[190].Xhevdet SPAHIU, Vladimir KASEMI: "Planetary currents, form of electrical pollution in seaports environment". Programme and The Book of Abstracts, YUCOMAT 2014 Montenegro, 2014. (24,78).

[191]. Xhevdet SPAHIU, Vladimir KASEMI: Mathematical modeling of factors of planetary currents in seaports BOOK OF PROCEEDINGS, 9-TH INTERNATIONAL ANNUAL MEETING OF ALB-SCIENCE INSTITUTE. Prishtine, Kosovo 2014. (30, 373, 556).