



REPUBLIKA E SHQIPËRISË
UNIVERSITETI POLITEKNIK
FAKULTETI I INXHINJERISË ELEKTRIKE

Disertacion

I

Paraqitur nga

MSc. Ing. Marjela QEMALI

Për marrjen e gradës shkencore

Doktor

në Inxhinieri Elektrike - Elektroenergjitik

**Tema: ANALIZA E QËNDRUESHMËRISË SË
TENSIONIT TË SISTEMIT
ELEKTROENERGJITIKË**

Kandidati

MSc. Ing. Marjela QEMALI

Udhëheqës Shkencor

Prof.Dr. Raimonda Buhaljoti

Mbrohet më datë 30.06. 2014 para jurisë të miratuar nga rektori i UPT me numër 602/1 Prot. më datë 26.05.2014:

1. Prof. Dr. Nako HOBDARI
2. Prof. Dr. Petrika MARANGO
3. Prof. as.Dr. Marialis ÇELO
4. Prof. Dr. Gëzim KARAPICI
5. Prof. Dr. Ymer LUGA

Kryetar - Oponent
Anëtar
Anëtare - Oponente
Anëtar
Anëtar

*Dedikuar Djalit Tím: **LUIS***

MIRËNJOHJE

Falënderoj Prof. Dr. Raimonda Buhaljoti, për drejtimin dhe mbështetjen e vazhdueshme në realizimin e këtij punimi. Ajo do yë mbetet per mua shëmbulli i durimit dhe këmbënguljes për të çuar deri në fund çdo punë që nisim.

Falënderoj Prof. Dr. Nako Hobdari dhe të gjithë anëtarët e departamentit në të cilin bëj pjesë, për mbështetjen e pakursyer që ofruan secili sipas mundësive.

Falënderoj së fundi familjen time, mbështetja dhe inkurajimi i së cilës, ishte një motiv më shumë drejt suksesit.

PËRMBAJTJA

I HYRJE

1. Sistemet elektroenergjetike moderne	1
2. Sistemi shqiptar elektroenergjetik.....	2
2.1 Fillimet e energjisë.....	2
2.1.1 Fillimet e përdorimit të energjisë elektrike.....	3
2.1.2 Krijimi i sistemit elektroenergjetik.....	3
2.1.3 Veprat e mëdha.....	3
2.1.4 Transmetimi i energjisë.....	3
2.1.5 Shpërndarja e energjisë.....	3
2.2 Situata aktuale e sistemit shqiptar elektroenergjetik.....	3
2.2.1 Pse lind nevoja e llogaritjes së qëndrueshmërisë së tensionit?.....	6
3. Një pasqyrë e historikut të qëndrueshmërisë së sistemit elektroenergjetik.....	8
4. Qëndrueshmëria e tensionit në sistemin elektroenergjetik.....	11
4.1. Një pasqyrë e analizës së qëndrueshmërisë së tensionit.....	12
5. Një pasqyrë historike mbi blackout-et më të mëdha.....	16

II MODELIMI MATEMATIKOR I ELEMENTËVE TË SISTEMIT ELEKTROENERGJETIK NGA PIKËPAMJA E VARËSISE NGATENSIONI

1. Karakteristikat e sistemit të transmetimit.....	19
2. Karakteristikat e gjeneratorit.....	21
3. Karakteristikat e pajisjeve kompensuese reaktive.....	22
3.1 Kontrolli i fuqisë reaktive dhe tensionit.....	22
3.2 Prodhimi dhe absorbimi i fuqisë reaktive.....	23
3.3 Metodat e kontrollit të tensionit.....	23
3.4 Pajisjet kompensuese.....	24
3.4.1 Kapacitetet Shunt.....	24
3.4.2 Kapacitorët Seri.....	25
3.4.3 Kompensimi i Rregullueshëm Shunt.....	25
3.5 Parimet e kompensimit të sistemit të transmetimit.....	27
4. Karakteristikat e ngarkesës.....	30
4.1 Modelimi ngarkesave statike.....	31
4.1.1 Modeli eksponencial.....	31
4.1.2 Modeli ZIP.....	32
4.1.3 Varësia nga frekuenca.....	33
4.2 Modelimi i ngarkesave dinamike.....	33
4.2.1 Modelimi i motorëve elektrik.....	34
4.2.2 Dinamika e makinave me induksion.....	35
4.2.3 Qarku ekuivalent për regjim të qëndrueshëm.....	35

4.2.4	Dinamika e lëvizjes mekanike.....	38
4.2.5	Varësia e sjelljes së motorrit në varësi të momentit mekanik.....	38
4.2.5.1	Modeli me moment konstant.....	38
4.2.5.2	Modeli me moment kuadratik.....	40
4.2.5.3	Modeli me moment të përbërë.....	41
4.2.5.4	Ndalimi dhe nisja e motorit.....	42
4.2.6	Motorët një fazorë.....	43
4.3	Regulluesit e tensionit nën ngarkesë.....	44
4.3.1	Modelimi paisjeve të rregullimit të tensionit nën ngarkesë.....	45
4.3.2	Modeli diskret i paisjeve të rregullimit të tensionit nën ngarkesë.....	46
4.3.3	Paisjet e rregullimit të tensionit nën ngarkesë në mënyrë të vazhdueshme.....	47
4.3.4	Rirregullimi i ngarkesës nëpërmjet paisjeve të rregullimit të tensionit nën ngarkesë.....	47
4.3.5	Paisjet e rregullimit të tensionit nën ngarkesë me disa nivele.....	49
4.4	Modelimi i ngarkesave të komanduara nga termostatët.....	51

III METODAT E ANALIZËS SË QËNDRUESHMËRISË SË TENSIONIT

1.	Qëndrueshmëria e tensionit për një sistem të thjeshtë me dy nyje.....	55
2.	Analiza statike.....	56
2.1	Metoda e Kurbave P-U.....	57
2.2	Metoda e Kurbave U-Q.....	59
2.3	Metoda e Analizës së Ndjeshmërisë U-Q.....	60
2.4	Analiza Modale U-Q.....	61
3.	Treguesite qëndrueshmërisë së tensionit.....	64
3.1	Formulimi i Indekseve.....	64
4.	Ilustrimi i metodave statike përmes një skeme standarte.....	72
4.1	Shpjegimi i Skemës.....	72
4.2	Analiza e skemës me metodat statike.....	73
4.2.1	Analiza e skemës me kurbat P-U.....	73
4.2.2	Analiza e skemës me kurbat U-Q.....	74
4.2.3	Analiza e skemës me koeficientët e ndjeshmërisë.....	75
4.2.4	Analiza e skemës me anë të vlerave vetjake (analiza modale).....	77
4.2.5	Vlerësimi i treguesit U/U_0	80
4.2.6	Vlerësimi i treguesit L_j	80
4.2.7	Vlerësimi i treguesit L	81
4.2.8	Vlerësimi i treguesve të qëndrueshmërisë së linjës.....	81
5.	Koeficienti i sigurisë së qëndrueshmërisë së tensionit.....	82

V VLERËSIMI I QËNDRUESHMËRISË SË TENSIONIT PËR SISTEMIN SHQIPTAR ELEKTROENERGJETIK

1.	Pse qëndrueshmëria e tensionit për sistemin shqiptar elektroenergjetik?.....	84
2.	Analiza e sistemit elektroenergjetikshqiptar.....	87
3.	Metodat statike për vlerësimin e qëndrueshmërisë së tensionit.....	89
3.1	Kurbat U-Q.....	89

3.2 Kubat P-U.....	97
3.3 Analiza e Ndjeshmërisë U-Q.....	103
3.4 Analiza Modale.....	108
3.4.1 Vlerat vetjake të matricës së sistemit	109
3.4.2 Faktorët e pjesëmarrjes së nyjes.....	110
3.4.3 Faktorët e pjesëmarrjes së degës.....	112
3.4.4 Faktorët e pjesëmarrjes sëgjeneratorit.....	114

VKRAHASIME DHE VLERËSIME TË QËNDRUESHMËRISË SË TENSIONIT TË SISTEMIT SHQIPTAR ELEKTROENERGJETIK

1. Analiza krahasimore e profilit të tensionit.....	117
2. Analiza krahasimore e kurbave P-U për nyjen Babica110.....	118
3. Analiza krahasimore e kurbave U-Q për nyjen Babica110.....	119
4. Analiza krahasimore e koefiçentët e ndjeshmërisë U-Q për nyjen Babica110.....	120
5. Krahasimi i analizës modale.....	121
5.1 Vlerat Vetjake.....	121
6. Vlerësimi i sigurisë së sistemit shqiptar elektroenergjetik.....	125
6.1 Nevoja për Metoda dhe Mjete të Reja.....	127

VIKONKLUZIONE DHE REKOMANDIME

1. Përmbledhja e rezultateve.....	132
2. Planet për të ardhmen.....	136

REFERENCAT

ABSTRAKT

Punimi i paraqitur është një kontribut i vogël në kuadrin e përpjekjeve të pandalura, në vendin tonë e në botë, për t'u dhënë përgjigje problemeve të koklavitura të sistemeve energjitikë. Në rastin e kësaj përpjekje në kërkim të rrugëzgjdhjeve konkrete për probleme të caktuara të sistemit energjitik, është ndjekur vija që synon shfrytëzimin e metodave e instrumentave të konsoliduara e të mirënjuhura të analizës së sistemeve energjitikë, në mënyrë që, rrugëzgjdhja të jetë e kapshme dhe e përdorshme menjëherë, nga cilido specialist i fushës.

Thelbi i punimit të doktoratës qëndron në analizën e qëndrueshmërisë të tensionit të sistemit Shqiptar elektroenergjetik. Motivimi për zgjedhjen e kësaj teme lidhet me faktin se ndryshimet e mëdha ekonomiko-sociale dhe lëvizja e lire e popullësisë pas viteve 1990, kanë sjellë rritjen me shpejtësi të kërkesës për energji ndërkohë që investimet në drejtim të shtimit të burimeve gjeneruese, kapaciteteve transmetuese apo pajisjeve kompensuese kanë qënë të kushtëzuara nga kapitali i kufizuar. Këto janë shoqëruar me mbingarkimin e elementëve të rrjetit përtej kapaciteteve të lejuara, me një ndryshim të theksuar të magnitudave të tensionit, e jo në pak raste janë regjistruar rënie të plota ose të pjesëshme të sistemit elektroenergjetik këtu mund të përmendim rënien e plotë të sistemit më, 23 Shkurt 2010, pas një shkarkimi atmosferik në Vaun e Dejës. Janë këto arsye që nxjerrin në pah nevojën për kryerjen e analizës së qëndrueshmërisë së tensionit për sistemin elektroenergjetik.

Ky punim analizon rezultatet e përfuara nga metoda të ndryshme me qëllim vlerësimin e impaktit që kanë kundrejt qëndrueshmërisë së tensionit, investimet e kryera në drejtim të përforcimit të rrjetit.

Analiza e qëndrueshmërisë së tensionit është realizuar përmes softit aplikativ NEPLAN dhe moduli të tij llogaritës "Voltage stability" .

Thelbi i metodikës së aplikuar është bashkërendimi i analizës së metodave të ndryshme statike të qëndrueshmërisë së tensionit. Përmes tyre fillimisht identifikojmë skenarin dhe regjimin më kritik dhe më pas identifikojmë elementët më kritikë të sistemit. Kriteret në përcaktimin e skenarit apo rregjimit më kritik janë kufiri më i madhë i lejuar i ngarkimit, që përcaktohet përmes kurbave P-U, rezerva më e madhe e fuqisë reaktive që përcaktohet përmes kurbave U-Q, vlera më e vogël e koeficientëve të ndjeshmërisë U-Q dhe vlerat më të vogla të faktorëve pjesëmarrës të nyjeve, degëve dhe gjeneratorëve që përcaktohen përmes analizës modale që bazohet në teorinë e vlerave vetjake dhe të vektorëve vetjakë.

Metodikave tradicionale të vlerësimit të qëndrueshmërisë së tensionit i është bashkangjitur edhe një metodikë e re e propozuar e cila për tre regjimet e punës së sistemit, pra duke njohur grafikun e ngarkesës ditore si dhe duke përdorur të dhënat mbi kufirin maksimal të ngarkimit të nyjeve, që i marrim nga llogaritja e kurbave P-U përcaktohen

kufijtë kohor gjatë të cilit siguria e punës së sistemit cënohet/ruhet. E në këtë mënyrë përcaktohet intervali kohor, gjatë 24 orëve të një dite, gjatë të cilit mund të operohet duke respektuar kriterin e qëndrueshmërisë statike të tensionit i cili jepet në literaturë nga Kundur përmes koeficientit të sigurisë së qëndrueshmërisë së tensionit që është vlerësuar 130%.

Nga shqyrtimi i gjëndjes së tanishme të Sistemit Elektroenergjetik shqiptar, në aspektet e burimeve gjeneruese, furnizimit të konsumatorëve dhe importit, tregohet se ky sistem nuk është i harmonizuar me nevojat e zhvillimit aktual të vendit, si nga ana e fuqisë së gjeneruar ashtu edhe nga pikpamja e gjeografisë së kërkesës për energji. Duke theksuar ndryshimet në kuadrin ligjor për energjetikën në Shqipëri, pasqyrohet ndryshimi i plotë i strukturës së energjetikës Shqiptare, krijimi i tregut të decentralizuar të energjisë me disa entitete të pavarura, dhe funksionimi i tij si pjesë përbërëse e tregut rajonal të energjisë. Në këtë skenar të ri, roli më kyç i është lënë Operatorit të Sistemit të Transmetimit - OST, gjë që e vendos atë përballë sfidave të mëdha të rritjes së kapaciteteve transmetuese dhe të rritjes së sigurisë dhe cilësisë së energjisë të transmetuar.

Nisur nga sa u tha më sipër, gjetja e zgjidhjes së problemeve të Sistemit Elektroenergjetik është përqëndruar në kuadrin e Sistemit të Transmetimit, i parë si një objekt i pavarur, por jo i shkëputur. Në analizë për të vlerësuar qëndrueshmërinë e tensionit të sistemit elektroenergjetik shqiptar është zgjedhur viti 2010, për disa arsye. Së pari, në këtë vit energjia e prodhuar nga Hec-et kanë prodhuar rreth 7743 GWh, d.m.th. sistemi elektroenergjetik ndodhet në kushtet më të vështira nga pikpamja e ngarkimit të linjave të transmetimit. Së dyti, viti 2010 shënon në mënyrë të plotë dhe përfundimtare konsolidimin e furnizimit të pandërprerë të konsumatorëve me energji elektrike, pra shpreh në mënyrë objektive nivëelin real të kërkesës vjetore për energji elektrike. Së treti, arsye tjetër e rëndësishme është se gjatë këtij viti nisi rruga e investimeve në gjenerim, transmetim dhe shpërndarje.

KAPITULLI I



HYRJE

Qëllimi i këtij kapitulli hyrës është të japë një përshkrim përgjithësues të sistemeve moderne elektroenergjetike, qëndrueshmërisë së tyre dhe në mënyrë të veçantë të qëndrueshmërisë së tensionit.

1. SISTEMET ELEKTROENERGJETIKE MODERNE

Përdormi komercial i elektricitetit filloi në fund të vitit 1870 kur llambat me hark elektrik përdorshin për ndriçimin e banesave dhe të rrugëve[1].

Sistemi i parë plotë elektrik (i përbërë nga gjeneratorë, kablo, siguresa, kontator, dhe ngarkesa) u ndërtua nga Thomas Edison – Stacioni historik quajtur Pearl Street në Neë York i cili filloi punën në Shtator 1882. Brenda pak viteve sisteme të tillë operonin në qytetet më të mëdha në të gjithë botën.

Me zhvillimin e motorëve nga Frank Sprague në 1844, ngarkesat motorike ju shtuan këtyre sistemeve. Ky ishte vetëm fillimi i asaj që do të shëndërrohej në një prej industrive më të mëdha në botë.

Më gjithë përhapjen e madhe që patën sistemet DC(rrymë e vazhduar), ato më pas u zëvendësuan nga sistemet AC(rrymë alternative), për arsye të mëposhtme:

- ✓ Nivelet e tensionit mund të transformohen lehtë në sistemet AC,
- ✓ Gjeneratorët AC janë më të thjeshtë se gjeneratorët DC
- ✓ Motoret AC janë më të thjeshtë dhe më të lirë se motorët DC

Në periudhën e parë të shfrytëzimit të sistemeve AC të transmetimit, nuk ishte standartizuar ende frekuenca. Kjo gjë paraqiti probleme për ndërlidhjen ndërmjet sistemeve të ndryshme. Kështu që 50 Hz u pranua si standart, kurse për Amerikën u përdor 60 Hz.

Nevoja gjithnjë e më rritje për transmetimin e sasive më të mëdha të fuqisë në distanca më të mëdha shkaktoi nxitjen për përdorimin e niveleve të larta të tensionit. Më qëllim që të ndalohej përhapja e një numri të palimituar tensionesh, industria standartizoi nivelet e tensionit. Këto standartë janë 0.38, 6.3, 10.5, 20, 37, 115, 230, 400, 750 kV[2].

Ndërlidhja e sistemeve fqinje zakonisht udhëhiqet nga kërkesa për të përmirësuar operimin e sigurt dhe ekonomik. Pothuajse të gjithë sistemet në Europë janë pjesë e një sistemi të ndërlidhur si për shembull UCTE(Unioni për Kordinimin e Transmetimit të Energjisë). Rezultati është një sistem mjaft i madh me një kompleksitet tepër të madh. Projektimi i sistemeve të tillë dhe operimi i sigurt i tij përbëjnë me të vërtetë sfida problematike.

Në vitet e fundit, kërkesa për energji në të gjithë botën ka pësuar një rritje të shpejtë si pasojë e rritjes së kërkesës së konsumatorëve.

Nga një raport i Entit Rregullator të Energjisë (ERE) për Shqipërinë, në vitin 2013[3] rezulton se tendenca e përgjithëshme e konsumit të energjisë elektrike është rritja vjetore e kërkesës për energji elektrike mesatarisht me rreth 3%. Krahas rritjes së kërkesës për energji elektrike është rritur dhe piku i ngarkesës nga 430MW në vitin 1985 në 1540 MW në vitin 2013. Gjatë kësaj periudhe kohore(28-vjeçare) investimet e kryera në sistem në fushën e gjenerimit dhe atë të transmetimit kanë qënë shumë të pakta. Një ecuri e tillë e konsumit në raport me kapacitetet instaluese, domosdoshmërisht kërkon si prioritet rritjen e investimeve në fushën e gjenerimit dhe atë të transmetimit.

Rezulton se aktualisht piku i ngarkesës ka tejkaluar me rreth 7% kapacitetet e instaluar të sistemit. Respektivisht sipas nivelit të rreshjeve dhe kushteve hidrologjike, 50-90% e kërkesës për energji mbulohet nga prodhimi vendas; pjesa tjetër importohet përmes linjave të interkonjeksionit. Viti 2010 është karakterizuar nga një prodhim maksimal i fuqisë nga hidrocentralet (7702 GWh), duke plotësuar në masën mbi 90% të kërkesës për energji në vend.

Një ecuri e tillë e konsumit në raport me kapacitetet instaluese, domosdoshmërisht kërkon si prioritet rritjen e investimeve në fushën e gjenerimit dhe atë të transmetimit.

Në kushtet ekstreme të punës së sistemit, nevoja për ruajtjen e një regjimi pune të qëndrueshëm është shumëi rëndësishëm. E në gjithë këtë situatë pyetja që shtrohet është:

Cfare po ndodh me qëndrueshmërinë? Po me tensionin?

2. SISTEMI SHQIPTAR ELEKTROENERGJETIK

2.1 Fillimet e Energjisë

Për të krijuar një ide më të qartë mbi dinamikën e zhvillimit të elektroenergjetikës në vendin tonë mjafton të shohim grafikun ku tregohet ecuria e prodhimit të energjisë elektrike nga viti 1985 në vitin 2013. Rritja e prodhimit të energjisë elektrike është e lidhur ngushtëme shtimin e centraleve, fuqisë së vendosur dhe të vitit hidrologjik.

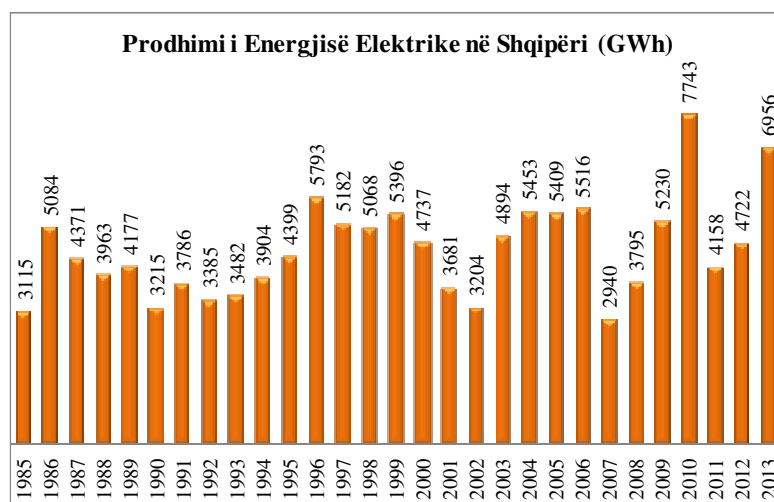


Figura1. Prodhi i Energjisë Elektrike në Shqipëri 1985-2013

2.1.1 Fillimet e përdorimit të energjisë elektrike

Fillimi i përdorimit të energjisë elektrike në Shqipëri i përket vitit 1923 me instalimin e të parit grup “Diesel” në Tiranë. Me pas, nga shoqëritë e huaja që kishin aktivitet në Shqipëri në atë kohë, u instaluan të tjerë grupe në qytetet kryesore të Shqipërisë.

Në vitin 1936, në Vithkuq të Korçës, u ndërtua i pari HEC me fuqi 386 kW. Në vitin 1938, që merret si viti referues, fuqia e përgjithshme gjeneruese arrinte në 3470 kW dhe tensionet e punës ishin 0.4 kV, 3 kV, 6 kV dhe 16 kV. Prodhi i përgjithshëm vjetor i energjisë elektrike në këtë vit ishte 9,3 milion kWh/vit. Pothuajse e gjithë energjia e prodhuar shkonte për ndriçim në disa nga qytetet kryesore, në ato familje që ishin me mundësi të mira ekonomike, pasi kostoja e instalimit të saj ishte shumë e lartë.

2.1.2 Krijimi i sistemit elektroenergjetik

HEC-i Ulëz përfundoi ndërtimin në vitin 1957 dhe u vu në punë në Janar 1958. Ky është hidrocentrali i parë i ndërtuar në kaskadën e lumit Mat, me rezervuar dhe me digë betoni. Lartësia e digës është 64 metra, rezervuari me kapacitet 240 milion m³ ujë, (124 milion m³ përbëjnë volumin e dobishëm) dhe kuota maksimale 128,50 m (mbi nivelin e detit). Janë të instaluar 4 agregate me turbina vertikale Francis, me kapacitet 6,3 MW secila dhe fuqia e instaluar totale 25,2 MW. Prodhimi mesatar vjetor i projektuar është 115 GWh ndërsa energjia mesatare vjetore e prodhuar në fakt për 22 vitet e fundit ka rezultuar 100 GWh. Në periudhën e viteve 2001-2003 është bërë një ndërhyrje rehabilituese në këtë HEC. Me ndërtimin e këtij HEC-i u krijuan kushtet për krijimin në vitin 1957 të Sistemit Elektroenergjetik Kombëtar, duke bërë lidhjen e objekteve të veçanta prodhuese me linja 110kV. Sistemi Elektroenergjetik kishte rreth 60 MW fuqi të instaluar gjeneruese dhe rreth 200 km linja të tensioneve 110 kV / 35 kV.

2.1.3 Veprat e mëdha

Zhvillimi sasior e cilësor i sistemit filloi pas vitit 1960, pasi tashmë ishte krijuar edhe një bërthamë burimesh njerëzore shkencore-studimore dhe projektuese. Në këtë periudhë filloi të bëhet vlerësimi i potencialeve hidrologjike të vendit dhe në mënyrë të veçantë, mundësia e shfrytëzimit të lumit Drin. Në periudhën 1960–1966, u ndërtuan edhe HEC-i Shkopet (24 MW), HEC Bistrica 1 (22.5MW), HEC Bistrica 2 (5 MW) si dhe TEC-i Fier (99 MW). Në periudhën 1971–1986, u ndërtuan tre HEC-e të fuqishëm mbi lumin Drin, HEC Vau i Dejës (250 MW), HEC Fierzë (500 MW) dhe HEC Koman (600 MW). Këto HEC-e janë të mëdhenj jo vetëm për fuqinë e instaluar, por edhe për veprat civile si: diga, tunele shkarkimi e furnizimi, godina centrali, nënstacione etj., projektimi dhe zbatimi i të cilave është një arritje e suksesshme e projektuesve dhe zbatuesve shqiptarë. Në të njëjtën periudhë, në sektorin termoeenergjetik u ndërtuan TEC-i i Korçës (6 MW), TEC-i i Elbasanit (6 MW), u fuqizua TEC-i i Fierit me një bllok të ri 60 MË dhe ndërtohet TEC-i i Ballshit (24MW). Në vitin 1986, me përfundimin e HEC Koman, që është edhe objekti i fundit i ndërtuar për gjenerim energjie, fuqia e instaluar e Sistemit arriti në 1684 MW, prej të cilave, 1446 MW HEC-e; 224 MW TEC-e dhe 14 MW HEC të vegjël.

2.1.4 Transmetimi i energjisë

Në sektorin e transmetimit, pas vitit 1970, ndërtohet linja e parë 220 kV, ndërsa në vitin 1985 ajo 400kV që lidh nënstacionin e Elbasanit me sistemin grek. Duke filluar nga viti 1971, Sistemi Elektroenergjetik shqiptar lidhet me sistemet fqinje, atë jugosllav dhe atë grek, për shkëmbim energjie nëpërmjet linjave 154kV, 220kV dhe 400kV.

2.1.5 Shpërndarja e energjisë

Deri në vitin 2007 KESH sh.a. administronte edhe shpërndarjen e energjisë elektrike. Ky sektor në momentin e shkëputjes nga KESH sh.a. kishte rreth 1,1 milion abonentë ku rreth 70% e tyre ishin familjarë, 22.000 kabina elektrike, 165 N/Stacione 110/35/20/10/6kV si dhe mijëra km linja të tensionit të mesëm 35/20/10/6kV dhe të tensionit të ulët 0,4kV.

2.2 Situata Aktuale e Sistemit Shqiptar Elektroenergjetik

Ndryshimet e rëndësishme politike dhe ekonomike që ndodhën në Shqipëri në vitet 1989/1990, kur vendi ynë kaloi nga një ekonomi e centralizuar e tipit socialist në një ekonomi të lirë dhe private, patën impaktin e tyre edhe në sektorin elektroenergjetik. Eksporti i energjisë ra në mënyrë të ndjeshme duke zvogëluar të ardhurat nga 50 Milion USD në 1986 në një të tretën e

tyre në vitin 1992. Struktura e konsumit të energjisë elektrike ndryshoi në mënyrë drastike mbas viteve 1990. Rritja me ritme mjaft të shpejta e konsumit të përgjithshëm të energjisë elektrike u shoqërua edhe me uljen e ndjeshme të konsumit industrial (i cili më parë përbënte rreth 80 % të konsumit vendas të energjisë elektrike) si rezultat i kolapsit të plotë të industrisë në vend. Me kolapsin e ekonomisë së planifikuar dhe të centralizuar u vu re një ulje e menjëherëshme e konsumit të energjisë elektrike deri në vitin 1992, për shkak të mbylljes ose të reduktimit të prodhimit të shumë aktiviteteve industriale. Konsumi i energjisë elektrike filloi të rritej përsëri në vitin 1993. Rritja e konsumit të energjisë elektrike arriti shkallën më të lartë rreth 9.3% gjatë vitit 2000. Kjo rritje u kufizua në vitin 2001 si rezultat i kufizimeve për shkak të pamjaftueshmërisë së kapaciteteve gjeneruese.

Sistemi i shpërndarjes i energjisë elektrike nuk ishte teknikisht i përshtatshëm për të përballuar këtë situatë të re të krijuar (pamjaftueshmëria e kapaciteteve transmetuese në rrjetin shpërndarës, amortizimi i këtij rrjeti, niveli mjaft i lart i humbjeve teknike, mungesa e matësave të përshtatshëm etj.). Një situatë e tillë e shoqëruar dhe me rënien e ndjeshme të të ardhurave, krijoi vështirësi nga pikëpamja e burimeve financiare, për kryerjen e investimeve të nevojshme për rehabilitimin dhe mirëmbajtjen e impianteve ekzistuese të sektorit elektroenergjetik apo për ndërtimin e burimeve të reja. Situata financiare në sektorin e energjisë elektrike, u përkeqësua me ritme të shpejta mbas viteve 1995, me liberalizimin e të gjitha çmimeve, me përjashtim të çmimit të energjisë elektrike. Çmimi mjaft i ulët për energjinë elektrike dhe mungesa e efektivitetit në mbledhjen e të ardhurave nga shitja e energjisë elektrike u shoqëruan me një rritje artificiale të konsumit të energjisë elektrike si dhe me humbje mjaft të mëdha jo teknike.

Më poshtë është ilustruar rritja galopante e konsumit të energjisë elektrike në periudhën 1985 - 2013 si dhe ndryshimi i strukturës së konsumit në varësi të konsumatorëve. Nga grafikët e mëposhtëm evidentohet se viti 2010, shënon në mënyrë të plotë dhe përfundimtare konsolidimin e furnizimit të pandërprerë të konsumatorëve me energji elektrike.

Gjatë tre viteve fundit, të vetmet ndërprerje energjie kanë qënë vetëm ato për shkak të defekteve në rrjet ose për shkak të remonteve të paralajmëruara.

Në këto kushte viti 2010 shpreh në mënyrë objektive nivelin real të kërkesës vjetore për energji elektrike.

Sikurse shprehet dhe më sipër, deri në vitin 2009 nuk ka pasur një vlerësim të besueshëm të kërkesës për energji elektrike. Vetëm që nga viti 2008 kur filloi furnizimi i pandërprerë me energji elektrike u krijuan premiset për të bërë një vlerësim real dhe për të planifikuar me objektivitet kërkesën për energji në vitet pasuese.

Gjatë vitit 2013 një pjesë e problematikave gjetën rrugën e zgjidhjes duke konkluduar në fund të vitit së pari me shmangien e ndërprerjeve kolektive të furnizimit me energji elektrike, frenimin e përkeqësimit të nivelit të humbjeve, rritjen e arkëtimeve, eliminimin e shërbimeve me të tretë (ku më shqetësues ishte arkëtimi i faturave të shitjes së energjisë elektrike përmes kompanive të tjera) dhe mbi të gjitha gjatë vitit 2013 u përmirësua dukshëm niveli i pagesave nga CEZ Shpërndarje për shërbimet e ofruara nga KESH sh.a, OST sh.a dhe Tregtarët e energjisë.

Në figurën 2 në mënyrë grafike është paraqitur konsumi vjetor i energjisë elektrike në Shqipëri për periudhën 1985 deri në 2013 [3].

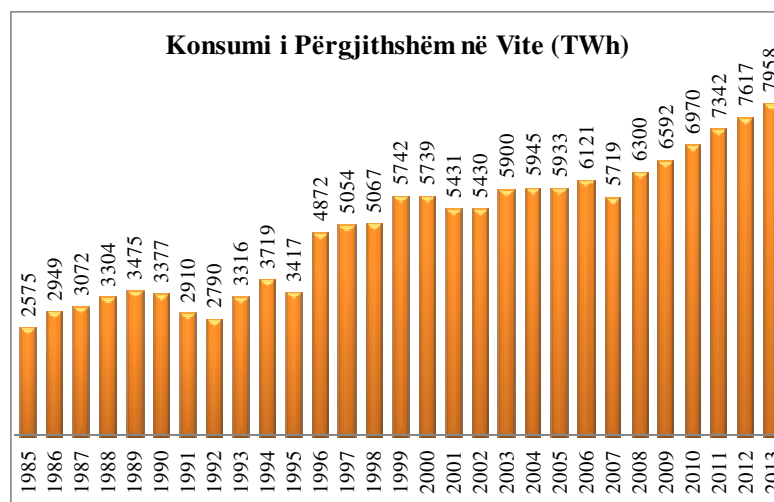


Figura 2. Konsumi i përgjithshëm në vite

Konsumi total vjetor është rritur nga 2575GWh në 1985 në vlerën 7958GWh në vitin 2013.

Në vitin 2013, sikurse vërehet nga figura 2 është arritur konsumi më i madh historik në vendin tonë me 7958 GWh. Tendencë e përgjithshme e konsumit të energjisë elektrike është rritja vjetore e kërkesës për energji elektrike mesatarisht me rreth 3%.

Rritja mesatare vjetore e kërkesës për energji gjatë kësaj periudhe rezultojnë në vlerë absolute me 186.7 GWh/Vit. Në periudhën përpara vitit 2008, për shkak të ndërprerjeve të programuara të energjisë ky tregues nuk është real. Duke ju referuar viteve 2011, 2012 dhe 2013, në vitin 2012 rritja mesatare vjetore e kërkesës për energji është në vlerën 275GWh më shumë ndaj vitit paraprak ose në përqindje 3.61%, në vitin 2013 rritja mesatare vjetore e kërkesës për energji është në vlerën 341GWh më shumë ndaj vitit paraprak ose në përqindje 4.3%.

Në grafikun e figurës 3 është paraqitur piku vjetor i ngarkesës për periudhën 1992 – 2013.

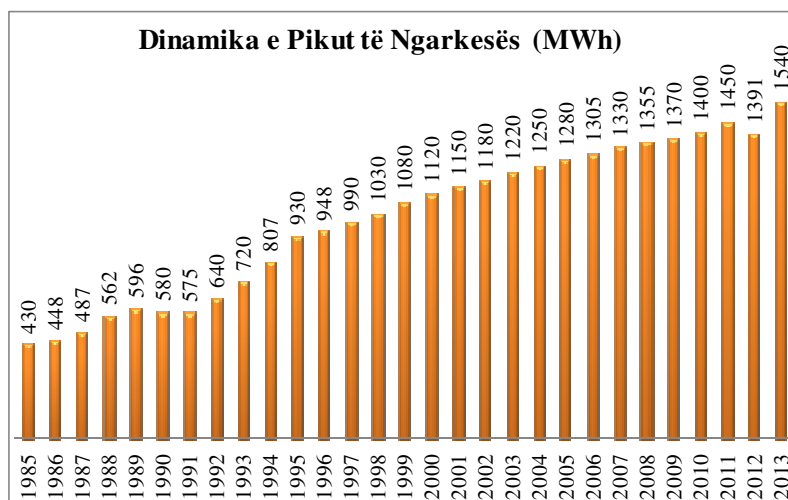


Figura 3. Dinamika e pikut të ngarkesës 1985-2013

Në vitin 2013 piku i ngarkesës shënon 1540 MW dhe në krahasim me kapacitetin e instaluar të sistemit tonë energjetik prej 1531 MW (së bashku me TEC-in e Vlorës) ose 1433 vetëm me HEC-et, rezultojnë se aktualisht piku i ngarkesës e ka tejkaluar në masën 7% kapacitetin e instaluar të sistemit, pra janë tejkaluar kufijtë e kapaciteteve të instaluara. Një ecje e tillë e konsumit në raport me kapacitetet instaluese, domosdoshmërisht kërkon si prioritet rritjen e

investimeve në fushën e gjenerimit dhe atë të trasmetimit. Vlera pik më e madhe i takon vitit 2013, me 1540MW, vlerë e cila e ka tejkaluar vlerën e kapacitetit total të instaluar në sistemin shqiptar elektroenergjetik. Krahas rritjes së kërkesës për energji elektrike është rritur edhe piku i ngarkesës nga 430MW në vitin 1985 në 1540 MW në vitin 2013 me njëritje mesatare vjetore prej 39.6MW.

2.2.1 Pse lind nevoja e llogaritjes së qëndrueshmërisë së tensionit?

Struktura e konsumit të energjisë elektrike shpreh në mënyrë të sintetizuar edhe shkallën e zhvillimit ekonomiko-industrial të një vendi. Në vendin tonë konsumi familjar ndaj konsumit të përgjithshëm të faturuar edhe për vitin 2013 përbën 57.6 %çka tregon një ekonomi me zhvillim industrial të kufizuar. Duke qënë kështu, ritmet e larta të zhvillimit ekonomik të vendit do të ndikojnë edhe në rritjen e ritmeve të kërkesës për energji. Në figurën 4 është paraqitur në mënyrë grafike struktura e konsumit të energjisë elektrike sipas kategorive të konsumatorëve për vitin 2013 e shprehur në MWh[3]. Një peshë të rëndësishme zënë në konsumin e energjisë elektrike edhe konsumatorët buxhetor dhe jo buxhetor, te këta të fundit bëjnë pjesë kryesisht ujësjellesit dhe hidrovorët.

Nga grafiku i figurës 4 vihet re pesha e madhe e konsumit të konsumatorëve familjare në konsumin e përgjithshëm të vendit, gjë që ndikon drejtpërsëdrejti në karakterin e ngarkesës, e cila është kryesisht aktive si dhe në fenomene të tjera që lidhen me performacën e sistemit të shpërndarjes, me nivelin e humbjeve jo teknike në rrjet, si dhe me politikat sociale të aplikura në lidhje me konsumatorët tarifor.

Një tregues i terthortë i zhvillimit ekonomik të vendit është edhe treguesi i ecurisë në vite të konsumit familjar ndaj konsumit të përgjithshëm. Në figurën 5 është paraqitur kjo ecuri gjatë periudhës 1985 deri në 2010 [3]. Tendenca e zvogëlimit të konsumit familjar ndaj konsumit të përgjithshëm, mbas vitit 2007 është një prirje pozitive e cila ka ndikim të drejtpërdrejtë në zvogëlimin e humbjeve të energjisë elektrike si dhe në zhvillimin ekonomik të vendit.

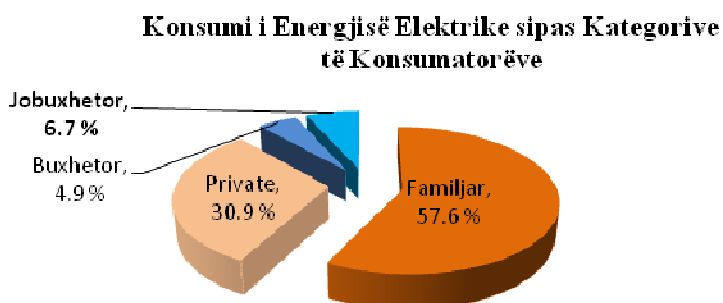


Figura 4. Konsumi i energjisë elektrike sipas kategorive të konsumatorëve

Rritja e konsumit të energjisë elektrike duhet të shoqërohet llogjikisht me një zhvillim me të madh në sektorin e energjisë elektrike. Vështirësitë e mëdha të këtij sektori, mungesa e kuadrit ligjor u shoqërua me një ulje të ndjeshme të pagesës së faturave të energjisë elektrike nga konsumatorët si dhe me rritjen e fenomenit të klasifikuar si "humbje jo teknike" të realizuara nëpërmjet lidhjeve ilegale, manipulimit të matësave etj. Furnizimi me energji elektrike u shoqërua me probleme përsa i përket cilësisë dhe sigurisë së furnizimit, si për shembull nivele

Problemet e mbingarkimit dhe të profileve të thyera të tensionit në sistemet e transmetimit dhe të shpërndarjes ka cuar jo pak herë sistemin në ndërpreje të pjesëshme dhe të plota të tij ose edhe në shkarkimin automatik të ngarkesës. Këto kanë rritur akoma dhe më shumë nevojën në përmirësimin e prodhimit dhe përdorimit të energjisë, në rritjen e shkëmbimeve me vendet fqinje etj.

Janë realizuar disa projekte në drejtim të rehabilitimit të centraleve ekzistuese, përf forcimin e rrjetit të shpërndarjes, ndërkohë që zhvillimi në sistemin e transmetimit ka qënë më ngadaltë. Me qëllim përmirësimin e profilit të tensionit, janë instaluar pajisje kompensuese për përf forcimin e sistemit. Operatori i sistemit të transmetimit e ka përf orcuar sistemin me pajisje kompensuese shunt me kapacitet ($Q_c=45.2\text{MVAR}$) në nënstacionin e Fierit. Kufizimet në kapacitetet gjeneruese dhe transmetuese si dhe nevoja për të mbyllur brenda territorit tonë unazën 400kV të rajonit të Ballkanit, ishin vendimtare për të marrë në konsideratë nevojën e ndërtimit të një linje të re të ndërlidhjes, 400kV, Elbasan2-Tirana2-Podgorica.

E në gjithë këtë situatë të parashtruar më sipër është e dukëshme nevoja për të kryer një analizë të detajuar të qëndrueshmërisë së tensionit.

Në kapitujt në vijim analizohet qëndrueshmëria e tensionit për sistemin Shqiptar elektroenergjetik duke marrë në konsideratë impaktin e masave të përf orcimit të rrjetit të transmetimit që janë ndërmarrë vitet e fundit.

3.NJË PASQYRË E HISTORIKUT TË QËNDRUESHMËRISË SË SISTEMIT ELEKTROENERGJETIK

“Qëndrueshmëria e sistemit elektroenergjetik është aftësia e sistemit elektrik të fuqisë, në një rregjim fillestar pune, për të rifituar një rregjimpune të ekuilibrit, pasi i është nënshtruar një ngacmimi fizik, me shumicën e variablave të sistemit të kufizuara në mënyrë që praktikisht i gjithë sistemi të mbetet i paprekur”[5]. Ky përkufizim vlen për sistemin e ndërlidhur si një i tërë. Me interes është qëndrueshmëria e një gjeneratori të veçantë ose e një grupi të gjeneratorëve. Një gjenerator me komandim në distancë mund të humbasë sinkronizimin pa shkaktuar paqëndrueshmërinë në kaskadë të të gjithë sistemit. Në mënyrë të njëjtë, qëndrueshmëria e ngarkesave të veçanta apo grupeve të ngarkesave mund të jetë me interes.

Me evolimin e sistemeve elektroenergjetike, forma të ndryshme të paqëndrueshmërisë janë vlerësuar si të rëndësishme gjatë periudhave të ndryshme. Metodat e analizës dhe zgjidhjes së problemeve të qëndrueshmërisë janë ndikuar nga zhvillimet e mjeteve kompjuterike, teoria e qëndrueshmërisë, dhe të teknologjisë së kontrollit të sistemit të energjisë. Një pasqyrë e historikut të qëndrueshmërisë është e dobishme për një kuptim më të mirë të praktikave të industrisë së energjisë elektrike në lidhje me qëndrueshmërinë e sistemit[6].

Qëndrueshmëria e sistemit të energjisë u njoh për herë të parë si një problem i rëndësishëm në vitet 1920. Kjo problematike është trajtuar fillimisht nga Steinmetz në vitin 1920; nga Evans dhe Bergvall në vitin 1924 dhe Ėilkins në vitin 1926. Problemet e herëshme të qëndrueshmërisë janë shoqëruar me furnizimin e grupeve të ngarkesave përmes linjave të gjata të transmetimit nga centrale të vendosura në distanca të largëta nga ngarkesat.

Me eksitues të ngadaltë dhe rregullatorëve të tensionit që nuk veprojnë gjithnjë, aftësia transmetuese e fuqisë ishte e kufizuar shpesh nga paqëndrueshmëria gjatë rregjimit normal, si

dhe paqëndrueshmëria e këndit të rotorit për shkak të pamjaftueshmërisë së momentit të sinkronizimit.

Për të analizuar qëndrueshmërinë e sistemit, janë zhvilluar teknikat grafike të tilla si kriteri i sipërfaqeve të barabarta dhe diagramet rrethore të energjisë elektrike. Këto metoda janë aplikuar me sukses në sistemet e para të cilat do të mund të përfaqësohen në mënyrë efektive si sisteme me dy makina.

Me rritjen e kompleksitetit të sistemeve, dhe ndërlidhja u pa të ishte ekonomisht tërheqëse, kompleksiteti i problemeve të qëndrueshmërisë u rrit gjithashtu dhe sistemet nuk mund të trajtoheshin më si sisteme me dy makina. Kjo çoi në zhvillimin e analizatorit të rrjetit në 1930, i cili ishte i aftë të kryente analizën e flukseve të fuqisë për sistemet me shumë makina. Dinamikat e sistemit, megjithatë, ende do të duhet të analizoheshin duke zgjidhur ekuacionet me dorë duke kryer integrimin numerik hap pas hapi. Gjeneratorët përfaqësoheshin nga modeli klasik "f.e.m. fiksuar pas reaktancës kalimtare". Ngarkesat përfaqësoheshin si një rezistencë konstante.

Përmirësimet në qëndrueshmërinë e sistemit erdhi nga mënyra e stakimit të shpejtë të avarisë dhe veprimit të shpejtë të sistemeve të eksitimit. Paqëndrueshmëria aperiodike e rregjimit normalë virtualisht është eliminuar për shkak të veprimit të vazhdueshëm të rregullatorëve të tensionit. Me rritjen e varësisë nga kontrollet, theksi i studimeve të qëndrueshmërisë lëviz nga probleme të rrjetit të transmetimit në probleme të gjeneratorëve, dhe të simulimet medetaje më të hollësishme të makinave sinkrone dhe kur është e nevojshme edhe të sistemeve të eksitimit.

Viti 1950 solli zhvillimin e kompjuterit analog, me të cilin mund të kryeshin simulimet për të studiuar në detaje karakteristikat dinamike të një gjeneratori dhe rregullatoreve të tij dhe jo sjelljen e përgjithëshme të sistemeve me shumë makina.

Në fund të 1950, kompjuteri dixhital doli si mjet ideal për të studiuar problemet e qëndrueshmërisë të lidhura me sistemet e mëdha të ndërlidhura. Në vitet 1960, shumica e sistemeve të energjisë në SHBA dhe Kanada kanë qënë pjesë e një prej dy sistemeve të mëdha të ndërlidhura, një në lindje dhe tjetra në perëndim. Në vitin 1967, janë krijuar lidhjet HVDC me kapacitetet të ulët ndërmjet sistemeve të lindjes dhe perëndimit. Aktualisht, sistemet e energjisë në Amerikën e Veriut formojnë virtualisht një sistem të madh. Ka pasur prirje të ngjashme në rritjen e ndërlidhjeve në vende të tjera.

Ndërsa ndërlidhjet ndikojnë në ekonomi dhe në rritjen e besueshmërisë nëpërmjet ndihmës së ndërsjelltë, ata kontribuojnë në rritjen e kompleksitetit të problemeve të qëndrueshmërisë dhe rritjen e pasojave të paqëndrueshmërisë. Orteku në Verilindje të Amerikës më 9 Nëntor 1965 bëri të qartë këtë dhe përqendroi vëmendjen e publikut dhe të agjencive rregullatore, si dhe të inxhinierëve, mbi problemin e qëndrueshmërisë dhe rëndësinë e besueshmërisë së sistemit të energjisë.

Deri kohët e fundit, përpjekjet dhe interesi më i madh i industrisë ka qënë përqendruar në qëndrueshmërinë dinamike të këndit të rotorit. Janë zhvilluar një sërë programesh për kryerjen e simulimeve të fuqishme të qëndrueshmërisë dinamike që janë të aftë për modelimin e sistemeve të mëdha komplekse duke përdorur modele të detajuara të pajisjeve. Përmirësime të dukshme në performancën e qëndrueshmërisë dinamike të sistemeve të energjisë janë arritur nëpërmjet përdorimit të stakimit me shpejtësi të lartë të avarisë, të eksituesve më reagim të shpejtë, kapacitorëve seri, dhe kontrollet e veçanta të qëndrueshmërisë dhe të skemave të mbrojtjes.

Rritja e përdorimit eksituesve me reagim të shpejtë, shoqëruar me rënie të forta të sistemeve të transmetimit, ka çuar në një rritje të vëmendjes për vlerësimin e qëndrueshmërisë statike të këndtërorit. Kjo lloj paqëndrueshmërie është parë në rastin e grupeve të makinave të ndërlydhura me lidhje të dobëta, në formën e lëkundjeve ndërmjet zonave të brendshme. Problemet e qëndrueshmërisë statike kanë çuar në zhvillimin e teknikave të posaçme të studimit, të tilla si analiza modale duke përdorur teknikat e vlerave vetjake janë analizuar nga Martins në vitin 1986 dhe Kundur në vitin 1990. Përveç kësaj, kontrolli i shtesë i sistemeve të eksitimit të gjeneratorëve, kompensatorët statike VAR, dhe shëndërruesit HVDC është duke u përdorur gjithnjë e më shumë për të zgjidhur problemet e luhatjeve të sistemit.

Ka pasur edhe një interes të përgjithshëm në aplikimin e kontrollorëve me bazë elektronike të referuara si FACTS (Sistemet fleksibel të transmetimit AC) për shuarjen e lëkundjeve të sistemit elektroenergjetik, fillimisht në punimet e IEEE në vitin 1996.

Në vitet 1970 dhe 1980, problemet e qëndrueshmërisë së frekuencës u shoqëruan me telashe të mëdha të sistemit që çuan në një studim të thelluar të shkaqeve themelore të problemeve të tilla dhe në zhvillimin e programeve të simulimeve të dinamikave afatgjata për të ndihmuar në analizën e tyre. Programet e para simuluese janë paraqitur nga Davidson në vitin 1975; nga Convertine vitin 1976; nga Stubbe në vitin 1989; nga Inoue në vitin 1995; nga Ontario Hidro në vitin 1989. Fokusi i shumë prej këtyre studimeve ka qenë në sjelljen e centraleve gjatë avarivetë sistemit e konkretisht këtë e kanë trajtuar Kundur në vitin 1985; Chow në vitin 1989; Kundur në vitin 1981; Younkins dhe Johnson në vitin 1981. Një Grup Punë i IEEE në vitin 1983 ka dhënë sugjerime për rritjen e reagimit të centralit gjatë avarive të mëdha të frekuencave. Në një raport të fundit të Task Forcës CIGRE (1999) janë adresuar sugjerime për analizën dhe modelimin e sistemeve të energjisë gjatë ngacmimeve të mëdha të frekuencës.

Që nga fundi i viteve 1970, paqëndrueshmëria e tensionit ka qenë shkak i ortekut të sistemit, pasqyruar kjo edhe në punimet e Kundur në vitin 1994; Taylor në vitin 1994; IEEE në vitin 1990. Fillimisht të lidhur kryesisht me sistemet e dobëta radiale të shpërndarjes, problemet e qëndrueshmërisë së tensionit janë tani një burim shqetësimi në rrjete shumë të zhvilluar dhe të ngarkuar si rezultat i ngarkimit të madh dhe transmetimit të energjisë në distanca të gjata. Si pasojë, qëndrueshmëria e tensionit është gjithnjë e më shumë duke u adresuar në studimet e planifikimit dhe operimit të sistemit elektroenergjetik.

Për analizën e qëndrueshmërisë së tensionit janë të vlefshme mjete të fuqishme analitike si ajo e paraqitur nga Van Cutsem në vitin 1995; Gao në 1992; Morison në 1993, dhe janë zhvilluar kritere dhe procedura të ndryshmetë studimit më pas nga Abed në 1999; Gao në vitin 1996.

Sistemet e sotme të energjisë janë duke operuar në kushte gjithnjë e më të vështira për shkak të njëprirje mbizotëruese për të shfrytëzuar maksimalisht objektet ekzistuese. Rritja e konkurrencës, aksesit i lirë në transmetim, dhe kufizimet në ndërtim dhe ato mjedisore janë duke krijuar funksionimin e sistemeve të energjisë elektrike në mënyra të reja që paraqesin sfida më të mëdha për operim të sigurt të sistemit. Kjo është plotësisht e qartë nga numri në rritje i ndërprerjeve të mëdha të energjisë së rrjetit që janë përjetuar në vitet e fundit; për shembull, Brazili 11 Mars 1999; USA Verilindje - Kanada 14 gusht 2003; Suedia Jugore dhe Danimarka Lindore 23 Shtator 2003; dhe Italia 28 Shtator 2003. Planifikimi dhe operimi i sistemeve të sotme të energjisë kërkojnë një shqyrtim të kujdesshëm të të gjitha formave të paqëndrueshmërisë së sistemit.

Përparime të rëndësishme janë bërë në vitet e fundit në pajisjen e inxhinierëve që merren me studime me një numër mjetesh dhe teknikash të fuqishme.

Programe të ndryshme profesionale, të tilla si ajo e përshkruar nga Kundur (1994) e bën të përshtatshëm për të kryer një analizë të plotë të qëndrueshmërisë së sistemit të fuqisë.

4. QËNDRUESHMËRIA E TENSIONIT NË SISTEMIN ELEKTROENERGJETIK

Qëndrueshmëria e tensionit është aftësia e sistemit që të mbajë nivele të lejuara të tensionit si gjatë regjimit normal të punës dhe pasi bëhet subjekt i një ngacmimi[1]. Paqëndrueshmëria e tensionit ndodh kur një ngacmim, si p.sh rritje e kërkesës së ngarkesës ose ndryshimi i kushteve të sistemit shkakton rënie të vazhdueshme dhe të pakontrollueshme të tensionit. Faktori kryesor për paqëndrueshmërinë është paaftësia e sistemit elektroenergjetik për të plotësuar kërkesën për fuqi reaktive. Një pasojë e mundëshme epaqëndrueshmërisë së tensionit është humbja e ngarkesës në një zonë, ose çkycja e një linje transmetimi dhe e elementeve të tjerë për shkak të veprimit të pajisjeve mbrojtëse duke shkuar kështu drejt një çkycjeje në kaskadë. Orteku i tensionit është procesi gjatë të cilit sekuenca e ngjarjeve që shoqërojnë paqëndrueshmërinë e tensionit çojnë në rënie të plotë të sistemit ose nivele të ulëta, jonormale të tensionit kjo për një pjesë të konsiderueshme të sistemit elektroenergjetik. Paqëndrueshmëria e tensionit vjen kryesisht për shkak të ngarkesave; pas një ngacmimi, fuqia që konsumojnë ngarkesat tënton që të rivendoset nga veprimi i rregullatorëve të tensionit, transformatorët me rregullim tensioni nën ngarkesë, dhe termostatet. Ngarkesat e rivendosura mbingarkojnë rrjetin e tensionit të lartë duke rritur konsumin e fuqisë reaktive dhe duke shkaktuar rënie të mëtejshme të tensionit.

Një situatë paqëndrueshmërie tensioni ndodh kur dinamika e ngarkesës tenton që të rivendos konsumin e fuqisë përtej kapacitetit të rrjetit të transmetimit dhe të gjenerimit të lidhur me të[1],[7].

Gjithashtu ekziston mundësia e paqëndrueshmërisë nga mbitensioni që është kaluar të paktën një herë [8]. Kjo lloj paqëndrueshmërie është shkaktuar nga sjellja kapacitive e rrjetit si dhe nga limituesit e nënëksitimit duke penguar kështu gjeneratorët dhe/ose kompensatorët sinkronë që të absorbojnë fuqinë reaktive të tepërt. Kjo lloj paqëndrueshmërie shoqërohet me paqëndrueshmërine e kombinuar ndërmjet gjenerimit dhe sistemit të transmetimit që operojnë në një nivel të caktuar të ngarkesës.

Paqëndrueshmëria e tensionit mund të haset të lidhjet HVDC(Tension të Lartëme Rrymë të Vazhduar)[9]. Ato zakonisht shoqërohen me një fuqi reaktive të papërshtatshme të karakteristikës së “ngarkesës” së shënderruesve. Strategjitë e kontrollit të lidhjeve HVDC kanë një ndikim të theksuar në problematika të tilla, meqënëse fuqia aktive dhe reaktive nëshëndërimin AC/DC janë të përcaktuara nga rregullatorët. Nëse ngarkimi resultant në transmetimin AC e ngarkon atë mbi kapacitetin e tij, ndodh paqëndrueshmëria e tensionit. Një fenomen i tillë është i rendit një sekondë ose më pak.

Qëndrueshmëria e tensionit klasifikohet në dy kategori: qëndrueshmëria e tensionit për ngacmime të mëdha dhe qëndrueshmëria e tensionit për ngacmime të vogla. Kjo ndarje në thelb e ndan fenomenin që mund të analizohet duke përdorur analiza dinamike jolineare nga ato që mund të analizohen duke përdorur analizat statike. Ky klasifikim mund të thjeshtojë zhvillimin dhe aplikimin e teknikave numerike, dhe sigurojë përfitimin e informacioneve plotësuese.

Qëndrueshmëria e tensionit për ngacmime të mëdha ka të bëjë me aftësinë e sistemit për të kontrolluar tensionet që merren si pasojë e ngacmimeve të mëdha siç janë dëmtimet në sistem, stakimi i ngarkesës ose i gjenerimit. Përcaktimi i kësaj forme të qëndrueshmërisë kërkon analizën e sjelljes dinamike të sistemit përgjatë një periudhe kohe të mjaftueshme për të kapur ndërveprimin e pajisjeve të tilla si ULTC dhe limitueseve të rrymes së fushës për gjeneratorët. Qëndrueshmëria e tensionit për ngacmime të mëdha mund të studiohet përmes përdorimit të simulimeve në zonën e kohës të modeleve jolineare. Qëndrueshmëria e tensionit për ngacmime të mëdha, mund të nënndahet më tutje në dinamike dhe afatgjatë.

Qëndrueshmëria e tensionit për ngacmime të vogla ka të bëjë me aftësinë e sistemit për të kontrolluar tensionet qëndryshojnë për shkak të ngacmimeve të vogla, si ndryshimi gradual në vlerën e ngarkesës, etj. Kjo formë e qëndrueshmërisë mund të studiohet efektivisht me metodat e analizës statike që shfrytëzojnë linearizimin e ekuacioneve dinamike të sistemit për një pikë të caktuar të punës.

Pas një ngacmimi, tensionet e sistemit shpesh nuk rikthehen në nivelin original. Kështu, është e nevojshme që të përcaktohet zona e nivelit të tensionit që konsiderohet e pranueshme. Kështu mund të thuhet se sistemi është i qëndrueshëm brenda zonës së përcaktuar të nivelit të tensionit.

4.1. Një Pasqyrë e Analizës së Qëndrueshmërisë së Tensionit

Problemet e qëndrueshmërisë së tensionit kryesisht ndodhin kur sistemi është ngarkuar përtej kapaciteteve të tij. Në kushtet kur ngacmimi qëçon drejt ortekut të tensionit mund të vijë si pasojë e një numëri shkaqesh, problem kryesor qëndron në dobësinë e natyrësime të vetë sistemit elektroenergjetik. Shkaktarët kryesorë përveç gjendjes së rrejtit të transmetimit, kapacitetit transmetues të tij, janë kontrolli i limiteve të fuqisë reaktive/tensionit të gjeneratorëve, karakteristikat e ngarkesës, karakteristikat e pajisjeve kompensuese, dhe veprimi i pajisjeve të kontrollit të tensionit të tilla si transformatorët me ndryshim tensioni nën ngarkesë(ULTC)[1].

Analiza e qëndrueshmërisë së tensionit për një gjendje të caktuar të sistemit kërkon egzaminimin e dy aspekteve[10]:

(a) *Afërsia e pikës së punës me paqëndrueshmërinë e tensionit*: sa afër është sistemi me pikën e paqëndrueshmërisë së tensionit? Distanca nga paqëndrueshmëria mund të matet në termatë madhësive fizike, si niveli i ngarkimit, fluksi i fuqisë aktive kundrejt vlerave kritike, dhe rezerva e fuqisë reaktive. Matja më e përshtatshme për çdo situatë varet nga sistemi dhe nga qëllimi i përdorimit të kufijëve; për shembull, vendimet e planifikimit kundrejt operimit. Rëndësi i duhet dhënë të papriturave të mundshme (këputje e linjave, humbja e njësive gjeneruese ose e burimeve të fuqisë reaktive, etj.).

(b) *Mekanizmi i qëndrueshmërisë së tensionit*: si dhe pse ndodh paqëndrueshmëria? Cilët janë faktorët kyç që ndikojnë në paqëndrueshmëri? Çfarë janë zonat me tension më të ulët? Çfarë madhësish janë më efektive në përmirësimin e qëndrueshmërisë së tensionit?

Problematika e qëndrueshmërisë së tensionit zgjidhet përmes disa metodikave të ndryshme, të cilat mund të ndahen në dy grupe: metoda statike dhe dinamike.

Metodat dinamike bazohen në simulime në zonën e kohës duke marrë në konsideratë modelet e sakta dinamike të të gjithë instrumenteve të sistemit elektroenergjetik. Ato studiojnë dukuritë në zonën e kohës dhe karakteristikat të cilat e çojnë sistemin drejt ortekut të tensionit. Këto metoda

kryesisht varen nga zgjidhja e një sistemi tëmadh ekuacionesh diferenciale të cilat përshkruajnë modelin matematik të pajisjeve elektrike dhe lidhjeve të tyre të brendëshme. Simulimet dinamike janë kryesisht efektive për studime të detajuara për situata specifike të ortekut të tensionit dhe vlerësimin e kordinimit të veprimit të mbrojtjes dhe rregullatorëve. Simulimet dinamike për sistemet elektroenergjetike të permasave të mëdha kërkojnë kohë dhe varen nga karakteristikat e sistemeve kompjuterike. Dinamikat e sistemit që ndikojnë në paqëndrueshmërinë e tensionit zakonisht janë të ngadalëta. Këto simulime nuk mundësojnë informacion mbi ndjeshmërinë dhe shkallën e qëndrueshmërisë. Simulimet dinamike gjithashtu shqyrtojnë nëse do të arrihet dhe si pika e ekuilibrit.

Kështu, shumë aspekte të qëndrueshmërisë së tensionit mund të analizohen efektivisht përmes përdorimit të metodave statike, të cilat kontrollojnë qëndrueshmërinë e pikës së ekuilibrit që përfaqësohet në sistem përmes një kushti punë të mirëpërcaktuar. Teknikat e analizës statike lejojnë kontrollin e një shkalle të gjerë të kushteve të sistemit dhe, nëse përdoren në mënyrë të përshtatshme, mund të depërtojnë më shumë në natyrën e problemit dhe të identifikojë faktorët kryesorë kontribues.

Për analizën e qëndrueshmërisë së tensionit kompanitë elektrike kanë qënë përqëndruar kryesisht në programet e llogaritjes së shpërndarjes së flukseve të fuqisë. Qëndrueshmëria përcaktohet përmes gjenerimit të kurbave P-U dhe U-Q në nyjet e zgjedhura. Këto kurba gjenerohen pas ekzekutimit të një numri të madh llogaritjesh së shpërndarjes së flukseve të fuqisë, procedurë e cila kërkon kohë. Këto procedura përqëndrohen në nyje individuale, që do të thotë, qëndrueshmëria studiohet duke ngacmuar një nyje të caktuar të sistemit. Kjo mund të shtrembëroj jo-realisht qëndrueshmërinë e sistemit.

FD Galiana ka përdorur fizibilitetin e shpërndarjes së flukseve të fuqisë për të treguar afërsinë me ortekun e tensionit [11]. Zona e fizibilitetit është një madhësi skalare midis 0 dhe 1 i cili mat afërsinë e një vektori të injektimit në nyje me kufirin e FR. Kjo metodë nuk mbështetet në simulimet e shpërndarjes së flukseve apo të shpërndarjes optimale të flukseve të fuqisë. Kufiri i fizibilitetit përcaktohet nga përvoja dhe pastaj duke monitoruar distancën e kësaj madhësie me limitin e tij, mund të monitorohet kushti i ortekut të tensionit.

Analiza e ndjeshmërisë U-Q ka avantazh pasi siguron informacion lidhur me qëndrueshmërinë e tensionit nga një perspektivë e gjerë e sistemit dhe identifikon qartë zona qëmund të kenë probleme[1]. Kjo metodë përdor modelin e linearizuar konvencional të shpërndarjes së flukseve të fuqisë. Elementet e matricës Jakobiane japin ndjeshmërinë mes fluksit të fuqisë dhe ndryshimeve të tensionit në nyje. Matrica Jakobiane është reduktuar në madhësi duke konsideruar P (fuqia aktive) si konstante në çdo pikë pune. Një ndjeshmëri U-Q positive është tregues i një regjimi të qëndrueshëm; sa më e vogël ndjeshmëria, aq më i qëndrueshëm sistemi. Me uljen e qëndrueshmërisë, magnituda e ndjeshmërisë rritet, duke marrë vlerën infinit në kufirin e qëndrueshmërisë. Një ndjeshmëri negative është tregues i një regjimi të paqëndrueshëm. Një vlerë shumë e vogël negative tregon një regjim shumë të paqëndrueshëm.

B. Gao, G.K. Morison, P. Kundur paraqiten një teknikë të vlerësimit të qëndrueshmërisë së tensionit për sistemet e mëdha të energjisë duke përdorur analizën modale [10]. Kjo metodë llogarit një numër të caktuar të vlerave më të vogla vetjake të matricës së reduktuar Jakobiane (duke pasur parasysh tensionin dhe fuqinë reaktive), dhe faktorët pjesëmarrjes të nyjeve, degëve dhe gjeneratorëve. Çdo vlerë vetjake i korrespondon një gjendje të variacionit tension/fuqi reaktive dhe jep informacion në lidhje me atë gjendje. Vlerat vetjake të vogëla

përfaqësojnë gjendjet më të prirura për humbjen e qëndrueshmërisë. Moduli i çdo vlere vetjake të vogël ofron një madhësi relative të afërsisë me humbjen e qëndrueshmërisë së tensionit për atë regjim. Faktorët e pjesëmarrjes të nyjes, degës dhe gjeneratorit sigurojnë informacion të dobishëm në lidhje me mekanizmin e humbjes së qëndrueshmërisë. Kjo jep një pasqyrë të sistemit dhe ndihmon në marrjen e masave paraprake përmirësuese për të parandaluar ortekun e tensionit.

Llogaritja e shpërndarjes së flukseve me Jakobian dhe vetitë e saj janë përdorur për të studiuar paqëndrueshmërinë e tensionit [12][13][14]. Marrëdhëniet midis zgjidhjeve të shumëfishta të flukseve të fuqisë dhe paqëndrueshmërisë së tensionit janë studiuar nga Y. Tamura, ET. Al [12]. Nën kushte të rënduara, zgjidhjet e shumëfishta të flukseve të fuqisë kanë të ngjarë të shfaqen. Autorët sugjerojnë analizën e performancës statike dhe/ose gjysëm-dinamike të problemit dhe pastaj marrëdhënien midis faktorëve dinamike dhe paqëndrueshmërisë së tensionit. Kjo supozon se njëra është e qëndrueshme dhe tjetra është e paqëndrueshme në qoftë se ka zgjidhje të shumëfishta të flukseve të fuqisë. Pastaj një sekuencë e kritereve aplikohet për secilin rast për të parë ndryshimin në sjelljen e sistemit.

Në analizë janë përdorur tre kritere, shenja e determinantit në matricën Jacobiane gjatë llogaritjeve të shpërndarjes së flukseve, ndjeshmëria e shpërndarjes së flukseve për injektme në ngarkesë dhe parametrat e sistemit, dhe energjia e ruajtur në elementët L dhe C në sistemin elektroenergjetik. Për një regjim të qëndrueshëm, përcaktohet shenja e determinantit të matricës Jakobiane. Pastaj me ndryshimin e kushteve të regjimit të punës së sistemit, për çdo kusht, shenja e determinantit të Jakobianit krahasohet me atë të përcaktuar më parë (për regjimin e qëndrueshëm). Në qoftë se shenjat janë të barabartë, sistemi supozohet të jetë i qëndrueshëm, nëse jo i paqëndrueshëm. Kjo metodë ka disa pasiguri dhe nuk mund të përdoret si një tregues i vetëm mbi paqëndrueshmërinë. Kjo metodë kur përdoret së bashku me dy kriteret e tjera të diskutuara më lartë, mund të përdoret për të përcaktuar paqëndrueshmërinë në sistemin elektroenergjetik.

Indekset e qëndrueshmërisë së tensionit merren nëpërmjet zbërthimit të vlerës së njëfishtë të matricës Jakobiane [14]. Nën-matricat e Jakobianit përdoren si tregues të qëndrueshmërisë statike të tensionit. Nën-matricat përftohen duke pranuar konstante vlerën e fuqisë aktive në ekuacionet e shpërndarjes së flukseve. Vlera e vlerës më të vogël të njëfishtë jep një masë të afërsisë me kufirin e qëndrueshmërisë së tensionit. Kjo metodë lejon modelimin më realist të elementeve të sistemit elektroenergjetik të tilla si ngarkesa me varësi nga tensioni, kufijtë reaktive të gjeneratorëve, etj. Li-Jun Cai, dhe Istvan Erlich propozuan një qasje të re e cila përfshin të gjithë rregullatorët e fuqisë aktive dhe reaktive bazuar në funksionin transmetues multi-input multi-output (MIMO) dhe zbërthimin e vlerave singulare (SVD) [15]. Siç shihet në qasjet e diskutuara më lart, metodat klasike e konsiderojnë fuqinë aktive në të gjitha nyjet si konstante. Metodatat e kontrollit të qëndrueshmërisë së tensionit: të tilla si kompensimi i fuqisë reaktive, reduktimi i ngarkesës nën tension, dhe transformatori me ndryshim tensioni nën ngarkesë mund të merret në konsideratë duke përdorur këtë metodë. Këto rregullatore janë zgjedhur si inputet për sistemin MIMO. Ndryshimet në madhësinë e tensionit të nyjeve janë konsideruar si variablat output. Vektorët singular input janë përdorur për të zgjedhur sinjalin rregullator më të përshtatshëm për përmirësimin e qëndrueshmërisë së tensionit dhe vektorët singular të output-it sigurojnë një pamje të përgjithëshme të të gjithë nyjeve më kritike që janë të prekur nga qëndrueshmëria statike e tensionit. Gjithashtu kjo metodë nuk mund të aplikohet për rrjete të mëdha.

Edhe pse analiza e qëndrueshmërisë statike të tensionit është përdorur gjerësisht në sistemet elektroenergjitike, ka disa kufizime. Metodën klasike janë kryesisht të bazuara në analizën modale, e cila kërkon numrin e inputeve (ndryshimet e energjisë reaktive) të jetë i barabartë me numrin e outputeve (ndryshimet në amplitudën e tensionit). Në sistemet e mëdha elektroenergjetike, mund të ketë rregullim shtesë i cili duhet të përfshihet në input. Vetëm efekti i fuqisë reaktive për nyjet-PQ është marrë në konsideratë, ndërsa në praktikë, ndryshimet e fuqisë aktive kanë ndikim të madh në qëndrueshmërinë statike të tensionit. Efekti i rregullatorëve automatike të tensionit (AVR) nuk mund të përfshihet në analizën klasike[15]. Simulimi dinamik me saktësi përfshin veprimet të varura nga koha të sistemeve të rregullimit dhe mbrojtjes.

Modelimi i dinamikave përfshin një përfaqësim më të detajuar të ngarkesave dhe të gjitha pajisjeve të tjera të sistemit elektroenergjetik. Rritjes së madhe të kapacitetit llogaritës të programeve kompjuterike na ka mundësuar kryerjen e simulimeve dinamike për të analizuar problemin e qëndrueshmërisë së tensionit. Kjo llogaritje kërkon kohë, por duke përdorur një kompromis midis saktësisë dhe shpejtësisë mund të përcaktojmë shpejtë dinamikën e sistemit[16]. Një përmbledhje mbi përdorimin e simulimeve dinamike për analizën e qëndrueshmërisë së tensionit është paraqitur më poshtë.

M.H.Haque dhe U.M.R.Pothula studiuhan aspektin dinamik të problematikes së qëndrueshmërisë së tensionit për një sistem të thjeshtë duke marrë parasysh efektin dinamik të veprimit të pajisjeve me veprim të shpejtë dhe të ngadalshëm[17]. Bazuar në operimin në zonën e kohës, qëndrueshmëria e tensionit mund të klasifikohet në afatshkurtër, afatmesëm dhe afatgjatë[1]. Në qëndrueshmërinë afatshkurtër, dinamika e pajisjeve me veprim të shpejtë, të tillë si gjeneratorë, motorët me induksion, kapacitorët, etj. përcaktojnë sjelljen e sistemit. Në qëndrueshmërinë afatmesme dhe afatgjatë, dinamika e pajisjeve me veprim të ngadalshëm të tilla si transformatorët me ndryshim tensioni nën ngarkesë (OLTC), limituesite mbi eksitimin të gjeneratorëve (OXL), etj., duhet të merren në konsideratë. Për të përshkruar dinamikën e gjeneratorëve, OLTC, OXL, dhe ngarkesave janë përdorur ekuacionet diferenciale. Ndikimi i pajisjeve me veprim të ngadalshëm për qëndrueshmërinë afatgjatë të tensionit mund të studiohet duke përdorur MATLAB/SIMULINK.

J.H. Chow dhe A. Gebreselassie kanë përdorur analizën e vlerave vetjake, analizën e ndjeshmërisë, dhe simulime jolineare të tensionit për të studiuar fenomenin dinamik të paqëndrueshmërisë së tensionit [18]. Ata morën në analizë një sistem të thjeshtë të përbërë nga një makinë e vetme dhe një ngarkesë konstante. Analiza e vlerave vetjake është përdorur për të vlerësuar efektet e disa prej parametrave të kontrollit të kufijëve të qëndrueshmërisë së tensionit për një sistem të thjeshtë. Analiza e vlerave vetjake parashikon vlerat e parametrave të sistemit për të cilat, çdo shqetësim i vogël do të iniciojë luhatje të paqëndrueshme të tensionit. ACSL (Gjuha e Simulimeve të vazhduara e të avancuara) është përdorur për të kryer simulime jolineare për kushtet e vendosura të sistemit dhe për të analizuar efektet e këtyre oshilacioneve. Ata kanë përcaktuar gjithashtu nevojën për modele më të hollësishme të ngarkesës, të gjenerimit, etj.

M. Hasani dhe M. Parniani kanë studiuar analizën e qëndrueshmërisë së tensionit duke kombinuar analizën statike dhe dinamike[19]. Duke përdorur metoda statike, qëndrueshmëria e tensionit është kryer për të përcaktuar nyjet, gjeneratorët dhe lidhjet me kritike në drejtim të qëndrueshmërisë së tensionit. Një modelim më i detajuar është përdorur për të analizuar dinamikën e kushteve më të rënda. Analizat shumë më të detajuara janë bërë duke përdorur

modelim më të detajuar të ngarkesave dhe pajisjeve të tjera në sistemet energjetike [20], [21]. T.X.Zhu, S.K.OST, dhe K.L.Lo kanë studiuar efektin e transformatorëve me ndryshim ngarkese nën tension në kufirin maksimal të transmetimit të energjisë [22].

5. NJË PASQYRË HISTORIKE MBI BLACKOUT-et MË TË MËDHA

Në dekadën e fundit, disa ndërprerje(blackout) të mëdha janë raportuar në disa punë kërkimore[23][24][25]. Liberalizimi i cili synonte përmirësimin e efikasitetit menaxherial të sistemeve elektroenergjetike bëri që kërkesa e konsumatoreve të tij të pësojë rritje shumë të madhe. Kjo krijoi strukturën e një tregu konkurrues, dhe rriti shkallën e shfrytëzimit të sistemit. Gjithashtu kjo rriti rrezikun e punës së sistemit duke e stresuar dhe reduktuar parashikueshmërinë e operimit të tij[23]. Zakonisht, sistemi elektroenergjetik është projektuar për plotësuar kriterin N-1, por ende nuk është e mjaftueshme për të siguruar sistemin. Shqyrtimi i ndërprerjeve më të mëdha do ti japë projektuesve të sistemit një pasqyrë të problemeve dhe hapat lehtësuese që do të duhet të merren në të ardhmen.

Ndërprerja e parë masive e energjisë e raportuar ishte në verilindje më 9 Nëntor 1965, në **Shtetet e Bashkuara të Amerikës**. Linja e dobët e transmetimit ndërmjet Verilindjes dhe Jugperëndimit ishte shkaku kryesor. Në kushte të mbingarkimit, mbrojtja rezervë çkyçi një nga pesë linjat e transmetimit. Kjo për shkak se releja ishte taruar për një nivel të ulët të mbingarkesës. Kështu katër linjat e tjera u çkyçen rradhazi, duke stakuar 1.700 MW të fuqisë të cilat mbingarkuan disa linja të tjera dhe sistemi më në fund RA. Më pas u identifikua se nuk kishte mjaftueshëm rezerva gjeneruese në kohën kur është iniciuar orteku. U propozua që të ndërtohen linjat e transmetimit në tension extra të lartë, më pak shkarkim ngarkese, dhe ruajtja e rezervës gjeneruese u vu në praktikë për të shmangur rënien e sistemit në të ardhmen. Ky ortek preku 30 milionë njerëz; shteti i New York ka qëndruar në errësirë për 13 orë.

Më 13 Korrik 1977 ka pasur një dëmtim për shkak të ortekut në sistemin **Con Edison**. Orteku rezultoi nga një kombinim i shkaqeve natyrore, mosfunksionimi i pajisjeve, gabime të mundshme të karakteristikave të projektimit dhe gabime gjatë operimit sic mund të jetë mungesa e përgatitjes gjatë emergjencave[26]. Stuhi të mëdha dhe shkarkime atmosferike goditen dy linja; pajisjet mbrojtëse të secilës linjë operonin në mënyrë jo-perfekte duke rezultuar në çkyçjen e tre nga katër linjat. Interkonjeksionet e transmetimit pasi qëndruan të mbingarkuar për rreth 35 minuta u çkyçen të gjitha. Pas 6 minutash, i gjithë sistemi doli jashtë punë. Kjo mund të ishte parandaluar lehtë përmes rritjes graduale të gjenerimit ose shkarkimit të ngarkesës. Pas hulumtimit më të detajuar të ortekut të ndodhur u morën masa në modelimin më të saktë të komponenteve të sistemit elektroenergjetik.

Një dëmtim i fuqishëm ka ndodhur në **Tokio, Japoni** më 23 korrik 1987 duke prekur 2.8 milion konsumatorë me 3.4 GW të energjisë të ndërprerë. Rezerva u mbajt në vlerën 1.52 GW dhe kjo ishte mjaftueshëm për të menaxhuar rritjen e kërkesës. Por një rritje e pazakontë, e pikut të ngarkesës, shkaktuar nga moti ekstremë i nxehtë shkaktoi dëmtimin. Rritja e kërkesës (400MW/minutë) tejkaloi nivelin e pritshëm. Kjo rritje e kërkesës gradualisht uli tensionin e rrjetit nga 500 kV brenda 5 minuta shkoi në 460 kV. Karakteristika e ngarkesës konstante të tilla si kondicionerët e ajrit reduktuan me shpejtësi tensionin e rrjetit dhe solli paqëndrueshmërinë dinamike të tensionit. Sistemi u ringrit brenda 90 minutash. Si masa për të ardhmen, operatorët rritën tensionin nominal me 5% gjatë muajve të nxehtë të verës. Dhe u propozua ndërtimi i

njëcentrali 1 GË afër konsumatorëve, së bashku me kapacitorët shunt SVC me kapacitet 1,550MVar.

Orteku **kanadez** ndodhi më 14 gusht 2003 dhe preku rreth 50 milionë njerëz, 63GWngarkesë u ndërpre. Në këtë ngjarje, u stakuan 400 linjat e transmetimit dhe 531 njësi gjenerimi në 261termocentralet. "Orteku u shkaktua nga mangësitë në praktikën e veçanta, pajisje, dhe vendimet njerëzore"[25]. Arsyeja kryesore është percaktuar pamjaftueshmëria në fuqi reaktive, e cila çon në paqëndrueshmëri të tensionit. Në kushtet kur programet kompjuterike nuk po punonin si duhet, operatorët nuk kanë qënë të paralajmëruar paraprakisht për gjëndjen e sistemit.

Në**Shqipëri**, 23 Shkurt 2010, në orën 21.09, në hidrocentralin e Vau Deja, pati një shkarkim atmosferik. Në vijim jepet skenari i ngjarjeve që e çoi sistemin Shqiptar elektroenergjetik drejt rënies së plotë të tij.

- Ora 21.09 kolpo e fuqishme në sistem.
Nëhidrocentralin Vau Dejës pas një shkarkimi të fuqishëm atmosferik u stakuan nga mbrojtja diferenciale e zbarave linja L.220-4, V.Dejës-Koplik (nënënstacionin Koplik kjo linjë u stakua nga mbrojtja distancionale II), linja L.220-3 V.Dejës-Tiranë, L.220-2 V.Dejës-Tiranë dhe L.220-1 V.Dejës-Koman si dhe çelësi seksionues 220kV, ranëgjeneratorët-1,2,3,4,5 nga mbrojtja nulare, mbieksitimi dhe mbrojtja nga ulja e frekuencës.
- Nëhidrocentralin Fierzë u stakua linja L.220-12 Fierzë-Prizren nga mbingarkesa (linja mbeti me tension nga ana tjetër), ranëgjeneratorët-1,2,3,4 (nuk pati sinjalizim për veprimet e mbrojtjeve), gjeneratori-2 u shoqërua me rënien e portës.
- Nënënstacionin Elbasan400 u çkyçautotransformatori-1 nga mbingarkesa, personeli stakoi me dorë linjën L.40-1/1 Elbasan-Zemblak dhe autotransformatorin-2.
- Nëhidrocentralin Koman ranëgjeneratorët-1,2,3,4, pati veprim të SHAM-it, në Tiranë, u stakuan autotransformatorët-1,2,3 nga ana 35kV dhe transformatorët-3,4, në Elbasan220 u stakuan autotransformatorët-1,2,3, nënënstacionin Zemblak u stakuan linja L.110kV e Korçës, po ashtu dhe në Fier.
- Sistemielektroenergjetik ra.
- Ora 21.12 në Fierze u kyç linja L.220-12 Fierzë-Prizren,
- Ora 21.20 u kyç linja L.220-11 Fierzë-Koman,
- Ora 21.30 u bëkyçja me sinkronizim linjës L.400-1/1 Elbasan-Zemblak, në Koman u lëshua gjeneratori-1 dhe linja L.220-13 Koman-Elbasan400, mori tension nënënstacioni Selitë,
- Ora 21.37 në Fierze u lëshuan gjeneratorët-1,3,
- Ora 21.38 u kyçautotransformatori-1 në Elbasan,
- Ora 21.39 u kyç linjaL.110 Zemblak-Korçë,
- Ora 21.39 deri ora 21.42 u kyçën autotransformatorët-1,2,3 dhe transformatorët-3,4 në Tiranë220 duke marrë plotësisht energji konsumatorët, nëhidrocentralet Fierzë, Koman dhe Vau Dejës u aktivizuan gjeneratorët dhe u rrit gradualisht gjenerimi (duke ruajtur balancën dhe nivelin e tensionit) dhe kyçja e konsumatorëve të mbetur pa tension.
- Ora 21.47 deri në ora 22.06 nëhidrocentralin e Vau Dejës u kyçën me rradhë linja L.220-2 Vau Dejës-Tiranë, seksionuesi, autotransformatorët-1,2, linja L.20-3 Vau Dejës-Tiranë, L.220-4 Vau Dejës-Koplik dhe L.220-1 Vau Dejës-Koman, gjendja nësistemin elektroenergjetik u normalizua. Nëhidrocentralin Vau Dejës gjeneratori-2 u la jashtë pune për kontroll, pasi nga shkarkimi atmosferik pati dëmtim të zbarave 10.5kV.

- Për shkak të avarisë konsumatorët e sistemit elektroenergjetik mbetën pa tension nga 20 deri 40 min.

Sipas të dhënave referuese nga dëmtimet më të mëdha, dëmtimet e sistemit stakohen në rendin kohor të milisekondave, atëherë procesi kalimtar për shkak të këtij dëmtimi ka mbetur për disa sekonda dhe rënia e plotë e sistemit të energjisë elektrike ka ndodhur në rendin e disa minutave. Kjo tregon se në qoftë se do të ndermerreshin veprime të menjëhershme, rënia e plotë e sistemit të energjisë elektrike do të ishte parandaluar. Shumë studime janë duke u publikuar në internet mbi qëndrueshmërinë e tensionit, teknikat analizuese që mund të ndihmojnë në ndërmarrjen e masave paraprake për të parandaluar rënien e sistemit.

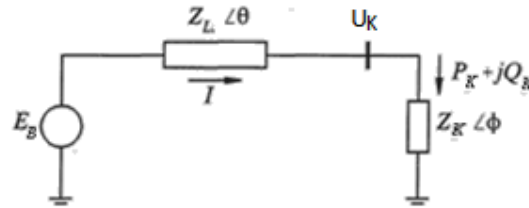
KAPITULLI II

MODELIMI MATEMATIKOR I ELEMENTËVE TË
SISTEMIT ELEKTROENERGJETIK NGA PIKËPAMJA E
VARËSISË NGA TENSIONI

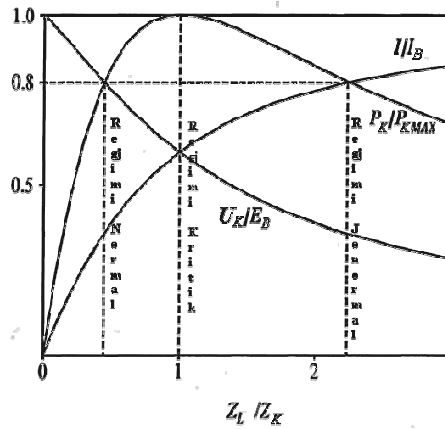
Problemet me qëndrueshmërinë e tensionit ndodhin në sistemet e mbingarkuara. Ndërkohë që ngacmimi qëçon në ortekun e tensionit mund të ketë si shkaktarë një sërë shkaqesh, problem kyçështë një dobësim i natyrshëm i sistemit të fuqisë. Përveçngarkimittë rrjetit të transmetimit dhe niveleve të fuqisë që transmetohet, faktorët kryesore që kontribuojnë në ortekun e tensionit janë fuqia reaktive e gjeneratorëve/kontrolli i limiteve të tensionit, karakteristikat e ngarkesës, karakteristikat e pajisjeve kompensuese reaktive, dhe veprimi i pajisjeve me kontroll të tensionit si transformatorët me ndryshim tensioni në ngakesë(ULTC). Në vijim do të ilustrohen konceptet bazë që lidhen me paqëndrueshmërinë e tensionit duke dhënë fillimisht karakteristikat e sistemit të transmetimit dhe më pas të analizojmë se si ky fenomen ndikohet nga karakteristikat e gjeneratorëve, ngarkesave dhe fuqia reaktive e pajisjeve kompensuese[1].

1. KARAKTERISTIKAT E SISTEMIT TË TRANSMETIMIT

Karakteristikë me interes janë mardhëniet midis fuqisë së transmetuar (P_R), tensionit që merret në fund(U_R), dhe fuqisë reaktive që injektohet (Q_i).Le të shohim karakteristikën e një sistemi të thjeshtë radial për të cilin jepet diagrama skematike në figurën 1(a).



(a) Diagrama skematike



(b) Tensioni, rryma dhe fuqia në funksion të kërkesës së ngarkesës

Figura 1. (a,b) Karakteristikat e një sistemi të thjeshtë radial

Shprehja për rrymën $\tilde{I}$ për figurën 1(a) është:

$$\tilde{I} = \frac{\tilde{E}_B}{\tilde{Z}_L + \tilde{Z}_K} \quad (1)$$

Ku $\tilde{I}$ dhe $\tilde{E}_B$ janë vlera fazore, dhe $\tilde{Z}_L = Z_L \angle \theta$, $\tilde{Z}_K = Z_K \angle \phi$

Kështu që magnituda e rrymës do të jepet permes

$$I = \frac{E_B}{\sqrt{(Z_L \cos \theta + Z_K \cos \phi)^2 + (Z_L \sin \theta + Z_K \sin \phi)^2}} \quad (2)$$

Nqs shënojmë me F madhësinë:

$$F = 1 + \left(\frac{Z_K}{Z_L}\right)^2 + 2 \left(\frac{Z_K}{Z_L}\right) \cos(\theta - \phi) \quad (3)$$

Atëherë rryma I dhe tensioni fundor U_K dhe fuqia P_K jepen siapas ekuacioneve:

$$I = \frac{1}{\sqrt{F}} \frac{E_B}{Z_L} \quad (4)$$

$$U_R = \frac{1}{\sqrt{F}} \frac{Z_K}{Z_L} E_S \quad (5)$$

$$P_R = \frac{Z_K}{F} \left(\frac{E_B}{Z_L}\right)^2 \cos\phi \quad (6)$$

Grafikët përkatës për I , U_K , dhe P_K jepen në figurën 1(b) në funksion të kërkesës së ngarkesës (Z_L/Z_K), për rastin e $\tan\theta = 10.0$ dhe $\cos\phi = 0.95$. Për ti bërë rezultatet të zbatueshme për çdo vlerë të Z_L , vlerat për I , U_K , dhe P_K janë normalizuar ashtu siç duhet.

Me rritjen e kërkesës për energji (Z_K ulet), P_K fillimisht rritet shpejt e më pas ngadalë përpara se të arrijë maksimumin, e në fund ulet. Kështu që kemi një vlerë maksimale për fuqinë aktive që mund të transmetohet përmes një impedance nga një burim konstant i tensionit. Fuqia e transmetuar është maksimale atëherë kur rënia e tensionit në linjë është e barabartë në magnitudë me U_K , p.sh, kur $Z_L/Z_K = 1$. Kushtet e vendosura për fuqinë maksimale përfaqësojnë dhe vlerat limit për një operim të suksesshëm. Vlerat e U_K dhe I që korrespondojnë me fuqinë maksimale janë quajtur si *vlerat kritike*.

Për një vlerë të marrë të P_K ($P_K < P_{KMAX}$), mund të gjemë dy vlera të ndryshme pune që i korrespondojnë me dy vlera të ndryshme të Z_K . Kjo është treguar në figurën 1(b) për $P_K = 0.8$. Pika në tëmajtë korrespondon me rregjimin normal të punës. Në pikën e punës në të djathtë, lështë shumë më e madhe dhe U_K shumë më e ulët referuar pikës së punës në të majtë.

Për një kërkesë të konsumit më të madhe se fuqia maksimale, kontrolli i fuqisë me ndryshimin e ngarkesës do të ishte i paqëndrueshëm, p.sh një rritje në admitancën e ngarkesës do të ulte fuqinë. Në këtë zonë, tensioni i ngarkesës mundet ose jotë ulet progresivisht në varësi të karakteristikës ngarkesë-tension. Me një karakteristikë ngarkese me admittancë-konstante, kushtete sistemit stabilizohen për një nivel tensioni më të ulët se normal. Nga ana tjetër, nëse ngarkesa ushqehet nga një transformator me ULTC, veprimi i ancafkavedo të mundohet të rrisë tensionin e ngarkesës, i cili ka ndikim në uljen e Z_K . Kjo do të ulte U_K edhe më duke shkuar në një reduktim progresiv të tensionit. Ky është dhe fenomeni *ipaqëndrueshmërisë së tensionit*.

Nga ekuacioni (6) vërehet se vlera maksimale e P_K mund të rritet përmes rritjes së tensionit të burimit E_B dhe/ose ulur ϕ . Një metodë më tradicionale për ilustrimin e këtij fenomeni është duke ndërtuar grafikisht marrëdhënien midis U_K dhe P_K , për vlera të ndryshme të faktorit të fuqisë për ngarkesën duke mbajtur konstante vlerën e E_B siç tregohet në figurën 2. Vendi gjeometrik i pikave kritike të punës është treguar në figurën me vija të ndërprera. Vetëm pikat e punës mbi pikat kritike paraqesin kushte pune të kënaqëshme [1]. Në këtë pjesë pamë karakteristikat e sistemeve të transmetimit i ndikuar nga fluksi i fuqisë aktive dhe reaktive prej elementeve me inuktivitete të madh.

Është e dukshme se nga analizat e kryera se shkaqet kryesore të paqëndrueshmërisë së tensionit janë:

- ✓ Ngarkesa në linjat e transmetimit është shumë e madhe
- ✓ Burimet e tensionit janë shumë larg nga qendrat e ngarkesave
- ✓ Tensionet e burimeve janë të ulëta
- ✓ Kompensimi reaktiv i ngarkesave është i pamjaftueshëm

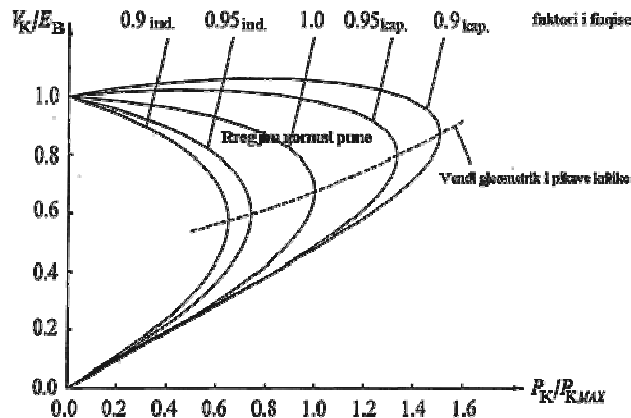


Figura 2. Karakteristika $U_K - P_K$ e sistemit në figurën 1

2. KARAKTRISTIKAT E GJENERATORIT

Sistemet e rregullimit automatik të gjeneratorëve (SRAE) janë mënyrat më të mira për kontrollin e tensionit në një sistem fuqie. Në kushte normale pune tensionet në terminalët e gjeneratorëve mbahen konstante. Gjatë kushteve të punës me tension të ulët në sistem, kërkesa për fuqi reaktive në gjeneratorë mund të kalojë edhe rrymën e fushës dhe/ose limitet e rrymës së armaturës. Kur fuqia reaktive në dalje është kufizuar, tensioni në terminal nuk mund të mbahet më konstant.

Rryma e fushës së gjeneratorit është e kufizuar automatikisht nga një kufizues i mbieksitimit (OXL). Me vlerë konstante të rrymës së fushës, pika e tensionit konstant është më mbrapa reaktancës sinkrone. Kjo e rrit efektivisht reaktancën e rrjetit në mënyrë të konsiderueshme, e më pas duke përkeqësuar kushtet e ortekut të tensionit.

Në pjesën më të madhe të gjeneratorëve, vlera limit e rrymës së armaturës realizohet manualisht nga operatorët që i përgjigjen alarmeve. Operatori redukton vlerën dalëse të fuqisë reaktive dhe/ose të fuqisë aktive me qëllim që të risjellë rrymën e armaturës brenda limiteve të lejuara. Në disa gjeneratorë, limituesit automatikë të rrymës së armaturës me mbajtje kohe përdoren për të kufizuar fuqinë reaktive në dalje përmes AVR[27].

Për të ilustruar impaktin e aftësisë së humbjes së kontrollit të tensionit nga ana e gjeneratorit, do të marrim në konsideratë sistemin e paraqitur në figurën 3(a). Ky sistem përbëhet nga një ngarkesë e madhe e cila ushqehet radialisht nga një nyje infinit, me gjenerim në një gjatësi të ndërmjetme i cili ushqen një pjesë të ngarkesës dhe rregullon tensionin (U_I).

Karakteristika P-U jepet përmes kurbës 1 në figurën 3(b) ku tensioni në nyjen e ndërmjetme ruhet. Kur njësia gjeneruese në pikën ndërmjetme të rrjetit arrin vlerën e tij limit të rrymës

sëfushës, tensioni i nyjes(U_I) nuk ruhet më dhe për këtë rast është ndërtuar karakteristika P-U përmes kurbës 2. Një kusht i punës si ai që tregohet përmes pikës A është në mënyrë të konsiderueshme më i qëndrueshëm kur është në kurbën 1 se sa kur është në kurbën 2. Këto rezultate tregojnë rëndësinë e ruajtjes së kapacitetit të kontrollit të tensionit në gjenerator. Për më tepër, ato tregojnë se shkalla e qëndrueshmërisë së tensionit nuk mund të gjykohej duke u bazuar vetëm në faktin se sa afër nivelit normal të tensionit është tensioni në nyje.

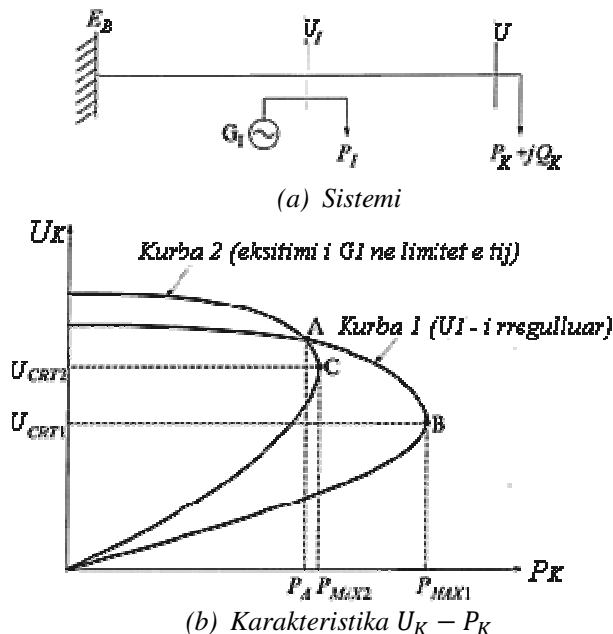


Figura3. (a,b) Impakti i humbjes së kontrollit të tensionit në nyjen ndërmjetëse

3. KARAKTERISTIKAT E PAJISJEVE KOMPENSUESE REAKTIVE

3.1 Kontrolli i Fuqisë Reaktive dhe Tensionit

Për një operim eficient dhe të besueshëm të sistemeve elektroenergjetike, kontrolli i tensionit dhe i fuqisë reaktive duhet të plotësojë objektivat e mëposhtme:

1. tensionet në терминалет e çdo pajisjeje duhet të qëndrojnë brenda limiteve të lejuara. Operimi për një kohë të gjatë i pajisjeve përtej kufijëve të lejuar të tensionit ndikon drejtpërdrej në performancën e tyre e mundësisht duke shkaktuar dëmtimin e tyre.

2. qëndrueshmëria e sistemit është rritur me qëllim që të maksimizojë shfrytëzimin e sistemit të transmetimit. Kjo pasi kontrolli i tensionit dhe i fuqisë reaktive ka një impakt të madh në qëndrueshmërinë e sistemit.

3. fluksi i fuqisë reaktive zvogëlohet me qëllim që të zvogëlohen humbjet RI^2 dhe XI^2 në një vlerë minimale të pranueshme. Kjo na siguron se sistemi i transmetimit operon në mënyrë efektive, p.sh, kryesisht në drejtim të fuqisë aktive që transmetohet.

Problemi i ruajtjes së tensioneve brenda kufijëve të lejuar është paksa i komplikuar nga fakti se sistemi elektroenergjetik furnizon me energji një numër të madh ngarkesash dhe ai vete ushqehet nga disa njësi gjeneruese. Me ndryshimin e ngarkesës, kërkesat e rrjetit të transmetimit për fuqi reaktive ndryshojnë. Në kushte kur fuqia reaktive nuk mund të transmetohet dot në distanca të mëdha, kontrolli i tensionit duhet të realizohet përmes përdorimit të pajisjeve speciale të shpërndara nëpër sistem. Kjo është në kontrast me kontrollin e frekuencës i cili varet nga balanca

e përgjithëshme e fuqisë aktive të sistemit. Përzgjedhja dhe kordinimi i duhur i pajisjeve të kontrollit të fuqisë reaktive dhe tensionit janë ndër sfidat më të mëdha të inxhinierëve të sistemit.

3.2 Prodhimi dhe Absorbimi i Fuqisë Reaktive

Gjeneratorët sinkrone – mund të gjenerojnë ose absorbojnë fuqi reaktive në varësi të eksitimit. Kur janë të mbieksituar ata furnizojnë me fuqi reaktive, dhe kur janë të nënëksituar ata absorbojnë(thithin) fuqi reaktive. Mundësia për të gjeneruar apo absorbuar vazhdimisht me fuqi reaktive është gjithsesi e limituar nga rryma e fushës, rryma e armaturës, dhe kufiri i ngrohjes. Gjeneratorët sinkronë janë normalisht të pajisur me rregullatorë automatike të tensionit të cilët rregullojnë eksitimin në mënyrë që të kontrollojnë tensionin e armaturës.

Linjat ajrore – në varësi të rrymës së ngarkesës, ato edhe absorbojnë edhe gjenerojnë fuqi reaktive. Për ngarkesat me vlerë poshtë ngarkesës natyrale, linja prodhon fuqi reaktive, për ngarkesa poshtë ngarkesës natyrale, linjat absorbojnë fuqi reaktive.

Linjat kablllore – për shkak të kapacitetit të tyre të lartë, ata kanë ngarkesë natyrale të lartë. Ato gjithmonë ngarkohen poshtë vlerës së ngarkesës natyrale, dhe kështu gjenerojnë fuqi reaktive për të gjitha regjimet e punës.

Transformatorët – gjithmonë absorbojnë fuqi reaktive pavarësisht ngarkimit të tyre; në punim pa ngarkesë, dominon ndikimi i reaktancës së magnetizimit shunt; dhe në punim me ngarkesë të plotë, dominon ndikimi i induktancës seri.

Ngarkesat – normalisht absorbojnë fuqi reaktive. Një zbarë tipike ngarkese përbëhet nga një numër i madh pajisjesh. Kompozimi i tyre ndryshon në varësi të ditës, sezonit, dhe kushteve atmosferike. Karakteristika e tyre është e tillë që absorbojnë fuqi reaktive. Si fuqia aktive dhe ajo reaktive e ngarkesave variojnë si një funksion i magnitudës së tensionit. Ngarkesat me faktor fuqietë vogël shkaktojnë rënie të madhe tensioni në rrjetin e transmetimit dhe janë joekonomike për tu ushqyer. Konsumatorët industrial taksohen normalisht si për fuqine reaktive ashtu edhe për fuqine aktive; kjo i jep atyre një nxitje për të përmirësuar faktorin e fuqisë përmes përdorimit të kapacitorëve shunt.

Pajisjet kompensuese – zakonisht i shtohen sistemit me qëllim gjenerimin apo absorbimin e fuqisë reaktive dhe në këtë mënyrë kontrollojnë balancën e fuqisë reaktive në menyrën e dëshiruar. Në vijim do të diskutojmë karakteristikat e këtyre pajisjeve dhe mënyrën se si përdoren.

3.3 Metodat e Kontrollit të Tensionit

Kontrolli i niveleve të tensionit realizohet përmes kontrollit në të gjitha nivelet të prodhimit, absorbimit, dhe fluksit të fuqisë reaktive. Njësitë gjeneruese mundësojnë mënyrat bazë të kontrollit të tensionit; rregullatorët automatik të tensionit kontrollojnë eksitimin e fushës me qëllim që të ruajë tensionin në nivelet e lejuara në terminalet e gjeneratorëve. Mënyra të tjera shpesh kërkohen që të kontrollojnë tensionin gjatë gjithë sistemit. Pajisjet që përdoren për këtë qëllim mund të klasifikohen si në vijim:

- (a) burime të fuqisë reaktive, siç janë kapacitetet shunt, reaktorët shunt, kompensatorët statikvar(SVC) etj.
- (b) kompensatorët erekatancës së linjës, si kapacitorët seri.
- (c) transformatorët rregullues, si transformatorët me anafka etj.

Kapacitorët shunt dhe reaktorët, dhe kompensatorët seri mundësojnë një kompensim *pasiv*. Ata janë ose të lidhur gjithmonë me sistemin e transmetimit dhe të shpërndarjes, ose të çkyçur. Ata ndikojnë në kontrollin e tensionit përmes modifikimit të karakteristikave të rrjetit.

SCV mundësojnë një kompensim *aktivë*; fuqia reaktive që gjenerohet/absorbohet prej tyre rregullohet automatikisht në mënyrë që të ruhet tensioni në zbarat ku ato janë lidhur.

Tensionet në vendet e tjera të sistemit përcaktohen nga flukset e fuqisë aktive dhe reaktive përmes elementeve të ndryshëm të rrjetit, përfshirë këtu edhe pajisjet pasive kompensuese.

Në vijim jepet një përshkrim i karakteristikave bazë të pajisjeve më të përdorshme me qëllim kontrollin e fuqisë reaktive dhe tensionit.

3.4 Pajisjet Kompensuese

3.4.1 Kapacitetet Shunt

Prej kohësh mënyra më pak e kushtueshme për të përfutur fuqi reaktive dhe suprot në vlerat e tensionit është përdorimi i kapaciteteve shunt. Ata mund të përdoren efektivisht deri në një pikë të caktuar për të rritur limitet e qëndrueshmërisë së tensionit duke korrigjuar vlerën e faktorit të fuqisë në pikën fundore. Ato gjithashtu mund të përdoren për të lehtësuar gjeneratorët nga rezerva reaktive duke ndihmuar në parandalimin e ortekut të tensionit në shumë situata.

Kapacitetet shunt kanë një numër kufizimesh në pikpamje të qëndrueshmërisë së tensionit dhe kontrollit:

- ✓ Në sistemet me kompensim të tepruar me kapacitor shunt, rregullimi i tensionit ka tendencën të jetë më i ulët
- ✓ Përtej një vleretë caktuar të kompensimit, operimi i qëndrueshëm është i paarritshëm me kapacitorët shunt
- ✓ Fuqia reaktive e gjeneruar nga një kapacitet shunt është proporcional me katrorin e tensionit; gjatë kushteve të sistemit në tension të ulët, VAR suporton rëniet, duke e përzierë problemin.

Kapacitorët shunt përdoren për kompensim e humbjeve XI^2 në rrjetin e transmetimit dhe për të siguruar nivele të kënaqshme të tensionit gjatë rregjimeve të ngarkuara të punës së tij. Bankat e kapacitorëve të një madhësie të caktuar janë ose të lidhur drejt-për-drejt në nyjet e tensionit të lartë ose në peshqjellat terciare të transformatorëve kryesorë, siç tregohet në Figurën 4.

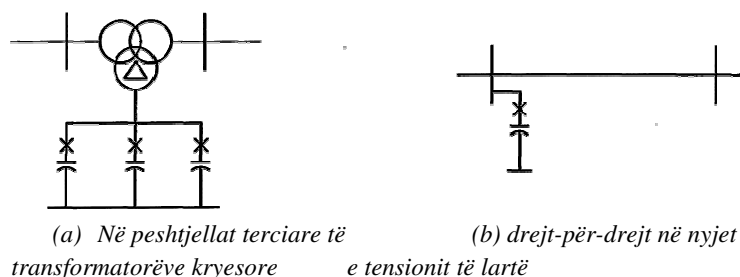


Figura 4. Lidhja e bankave të kapacitorëve

Kyçja e bankave të kapaciteteve mundëson një mjet shumë të përshtatshëm për kontrollin e tensionit në rrjetin e transmetimit. Ato janë të shpërndara përgjatë rrjetit të transmetimit me qëllim minimizimin e humbjeve dhe rëniet e tensionit. Studime të detajuara të shpërndarjes së flukseve të fuqisë realizohen për të përcaktuar madhësinë dhe vend-instalimin e bankave

tëkapacitorëve me qëllim respektimin e kriterëve të projektimit të rrjetit e cila konsiston në vlerën maksimale të lejuar të rënies së tensionit.

3.4.2 Kapacitorët Seri

Kapacitorët seri janë me vetë-rregullim. Fuqia reaktive që jepet nga kapacitorët seri është proporcionale me katrorin rrymës së linjës dhe është i pavarur nga tensioni i nyjeve. Kjo përbën një favor në qëndrueshmërinë e tensionit.

Kapacitorët seri janë të përshtatur idealisht për të shkurtuar efektivisht linjat e gjata. Ndryshe nga kapacitorët shunt, kapacitorët seri arrijnë të reduktojnë njëkohësisht impedancën karakteristike (Z_C) dhe gjatësinë elektrike të linjës (θ). Për rrjedhojë, si rregullimi i tensionit dhe qëndrueshmëria e tij arrijnë të përmirësohen.

3.4.3 Kompensimi i Rregullueshem Shunt

Një kompensator statike VAR (VAR = volt amper reaktive) është një grup i pajisjeve elektrike për të siguruar një veprim të shpejtë të fuqisë reaktive në rrjetet e transmetimit në tension të lartë[28] [29]. SVC janë pjesë e Sistemit Fleksibël AC të Transmetimit(FACTS) [30] [31], për rregullimin e tensionit, faktorit të fuqisë, harmonikave dhe stabilizimin e sistemit.Një Sistem Statik VAR(SVC) do të mund të rregullojë deri në vlerën maksimale kapacitive që jep në dalje të tij. Dhe nuk ka probleme me kontrollin apo paqëndrueshmërinë e tensionit brenda diapazonit rregullues. Kur tejkalohen limitet një SVC shëndërrohet në një kapacitor të thjeshtë. Kështu që duhet të pranohet mundësia e shkuarjes në paqëndrueshmëri të tensionit.

Një kondensator sinkron, ndryshe nga SVC, ka një burim të brendshëm tensioni. Ai do të vazhdojë të ushqejë me fuqi reaktive deri në vlera relativisht të ulta të tensionit duke kontribuar në një performancë më të qëndrueshme të tensionit. Ndryshe nga një kondensator sinkron e cila është një makinë elektrike me pjesë që levizin, një kompensator statike VAR nuk ka pjesë të rëndësishme të lëvizin (përveç çelësave të brendshëm). Para shpikjessë SVC-ve, kompensimi i faktorit të fuqisë ishte realizuar prej makinave të mëdha të tilla si kondensatorët asinkrone apo bankat e kondensatorëve[32].

SVC është një pajisje automatike me një impedancë të caktuar, e dizenuar për të sjellë faktorin e fuqisë së sistemit më pranë vlerës një. SVC-të janë përdorur në dy situata kryesore:

- Lidhur me sistemin elektroenergjetik, për të rregulluar tensionin e transmetimit ("SVC e Transmetimit")
- Lidhur pranë ngarkesave të mëdha industriale, për të përmirësuar cilësinë e energjisë ("SVC Industriale")

Në aplikimet e transmetimit,SVC është përdorur për të rregulluar tensionin e rrjetit. Nëse ngarkesa reaktive e sistemit elektroenergjetike është kapacitive, SVC do të përdorë reaktorë të kontrolluar përmes tiristorëve për të konsumuar VAR nga sistemi, me qëllim uljen e tensionit të sistemit. Në kushtet rregjimit induktiv, bankat e kondensatorëvekyçen automatikisht, duke siguruar kështu një tension më të lartë të sistemit. Duke lidhur reaktorin të kontrolluar përmes tiristorëve, i cili është vazhdimisht i ndryshueshëm, së bashku me një bankë kondensatorësh, rezultati neto është vazhdimisht variabël (kapacitivë ose induktivë).

Në aplikimet industriale, SVC janë vendosur zakonisht pranë ngarkesave të mëdha apoatyre me ndryshueshmëri të menjëherëshme, të tilla si furrat me hark, ku ata mund të zbusin tensionin 'flicker'[28] [33].

Përshkrimi

Në mënyrë tipike, një SVC përbëhet nga një ose më shumë banka të kapacitoreve fikse ose të çkyçëshëm kapacitorësh apo reaktorësh shunt, nga të cilat të paktën një bankë kyçet nga tiristorët. Elementët të cilët mund të përdoren për të bërë një SVC tipike përfshijnë:

- ✓ Reaktor të kontrolluar nga tiristorë (TCR),
- ✓ Kapacitor me kyçje Tiristori (TSC)
- ✓ Filtër i Harmonikave
- ✓ Kapacitorëapo reaktorët me kyçje mekanike

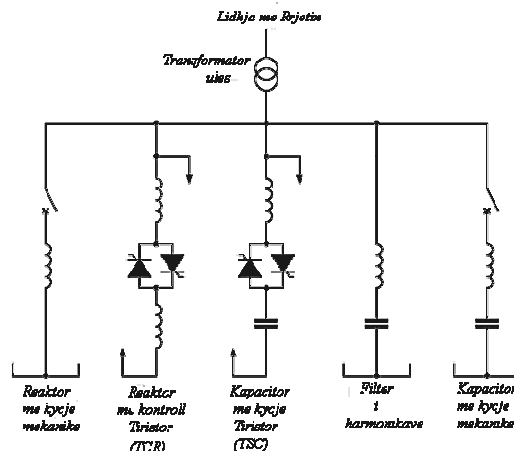


Figura 5. Elementet për të formuar një SVC tipike

Me anë të modulimit të këndit fazor të kyçur nga tiristorë, reaktori mund të kyçet në mënyrë variabël në qark dhe kështu të sigurojë një injektim të vazhdueshëm variabël të MVAR (ose absorbimin) në rrjetin elektrik[29]. Në këtë konfigurim, rregullimi i tensionit mundësohet nga kapacitorët, reaktori i kontrolluar nga tiristorëpërdoret për të siguruar një kontroll të qetë. Kontrollin e duhur dhe më shumë fleksibël mund të sigurohet nga kapacitorët të kontrolluar nga tiristorë[34].

Tiristorët janë të kontrolluara në mënyrë elektronike. Tiristorët, si të gjitha gjysemperçuesit, gjenerojnë ngrohje dhe lëngje të dëjonizuara që zakonisht përdoren për të ftohur ato [32]. Ata injektjnë harmonika të padëshiruara dhe kështu bankat me filtrim të lartë zakonisht përdoren për të zbutur kurbën. Mqs vetë filtrat janë kapacitivë, ata gjithashtu eksportojnë MVAR me sistemin elektroenergetik.

Rregullimi i tensionit realizohet me një kontrolleri me qark të mbyllur [34]. Kontrolli në distancë dhe rregullimi manual i vlerës së vendosur të tensionit janë gjithashtu të zakonshëm për këto pajisje.

Lidhja

Në përgjithësi, kompensimi statik VAR nuk realizohet në tensionin e linjës, një bankë e transformatorëve e çon tensionin e transmetimit (për shembull, 230 kV) në një nivel shumë më të ulët (për shembull, 9.5 kV) [32]. Kjo zvogëlon madhësinë dhe numrin e komponentëve të nevojshëm në SVC, edhe pse përçuesit duhet të jenë shumë të mëdhenj për të përballuar rrymatë lartabashkë me tensionin e ulët. Në disa kompensatorstatike VAR për aplikime industriale të tilla si furrat me hark elektrik, ku mund të jeteipranishëm një tension i mesëm zbarre (për shembull në 33KV ose 34.5kV), kompensatori statik VAR mund të lidhet direkt në mënyrë për të shpëtuar koston e transformatorit.

Natyra dinamike e SVC mbështetet në përdorimin e tiristoreve të lidhur në seri dhe inversi nëparalel, duke formuar "valvolat Tiristori".

Avantazhet

Avantazhi kryesor i SVC mbi skemat e thjeshta të kompensimit me kyçe mekanike është përgjigja e tyre pothuajse e menjëherëshme ndryshime tensionit të sistemit[34]. Për këtë arsye ata shpesh operojnë afërsi të pikës-zero të tyre në mënyrë që të maksimizojnë korrigjimin e fuqisë reaktive të cilën ato mund ta japin shpejt kur kërkohet.

Ata janë, në përgjithësi, më të lirë, me kapacitet më të lartë, më të shpejtë dhe më të besueshëm se skemat e kompensimit dinamike të tilla si kondensatorët sinkron[34]. Megjithatë, kompensatorët statike VAR janë më të shtrenjtë se kapacitorët me kyçe mekanike, kështu që shumë operatorët të sistemit përdorin një kombinim të dy teknologjive (nganjëherë në të njëjtën vend-instalim), duke përdorur kompensatorët statike VAR për të ofruar mbështetje për ndryshimet e shpejta dhe kapacitorë me kyçe mekanike për të siguruar VAR të qëndrueshme.

3.5 Parimet e Kompensimit në Sisteme Transmetimit

Më sipër u përshkruan pajisje të ndryshme të përdorura për kompensimet reaktive të sistemeve të transmetimit. Një aplikim i planifikuar dhe i kordinuar i këtyre pajisjeve është thelbësorë përfunksionimin ekonomik dhe operativ të një sistemi të besueshëm. Mqs kompensimi reaktive ndikon si në regjimin normal ashtu edhe atë dinamike të sistemit, studime të hollësishme të shpërndarjes së flukseve të fuqisë dhe të qëndrueshmërisë janë të nevojshme për krijimin e skemave të përshtatshme për kompensim.

Ky subjekt është mbuluar shumë mirë nga T.J.E. Miller në referencën[35]. Këtu do të shqyrtojmë shkurtimisht këto parime duke pasur parasysh se si forma të ndryshme të kompensimit ndikojnë performancën e një linje transmetimi.

Ne së pari do të marrim në konsideratë rastet ideale, të kompensimit të shpërndarë njëtrajtësisht, rast I cili na jep marrëdhënie të thjeshta të cilat na ndihmojnë për të kuptuar natyrën e secilit lloj të kompensimit. E ne vijim do të konsiderojmë konfigurime të veçanta të kompensimit për të krahasuar ata me rastet ideale.

Kompensimi seri dhe shunt i shpërndarë njëtrajtësisht

Dimëse performanca e linjës përcaktohet nga rezistenca e plotë Z_C dhe nga gjatësia elektrike (gjithashtu referohet si këndi i linjës) θ . Objektivi i kompensimit është për të ndryshuar këto parametra në mënyrë që të marrim tensionin e dëshiruar dhe transmetimin e dëshiruar të energjisë.

Pa kompensim, duke pranuar se kemi një linjë pa humbje, shprehjet për dy parametrat e linjës janë

$$Z_C = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{x_L}{b_C}} = \sqrt{\frac{X_L}{B_C}} \quad (7)$$

$$\theta = \beta l \quad (8)$$

Me konstante fazë β që jepet

$$\beta = \omega \sqrt{LC} = \sqrt{x_L b_C} = \frac{\sqrt{X_L B_C}}{l} \quad (9)$$

Ku

L = induktanca seri për njësi të gjatësisë

C = kapaciteti shunt për njësi të gjatësisë

x_L = reaktanca induktive seri për njësi të gjatësisë

b_C = susceptanca kapacitive shunt për njësi të gjatësisë

B_C = reaktanca induktive totale seri

l = gjatësia e linjës

Le të përcaktojmë tani të njëjtat madhësi *me kompensim* duke përdorur indeksin e sipërm prim (*). Me *njëkompensim shunt të shpërndarë* njëtrajtesisht me një susceptancë b_{sh} për njësi të gjatësisë, susceptanca shunt efektive jepet

$$b'_C = b_C - b_{sh} = b_C(1 - k_{sh})$$

k_{sh} është shkalla e kompensimit shunt që përcaktohet si në vijim:

$$k_{sh} = \frac{b_{sh}}{b_C} \quad (10)$$

Është pozitiv për kompensimin shunt induktive dhe është negativë për kompensim shunt kapacitivë lidhen me vlerat e pakompensuara si në vijim:

$$Z'_C = \sqrt{\frac{x_L}{b'_C}} = \sqrt{\frac{Z_C}{1 - K_{sh}}} \quad (11)$$

$$\text{Dhe } \beta' = \beta \sqrt{1 - K_{sh}} \quad (12)$$

Në fakt kompensimi kapacitivë shunt zvogëlon Z_C dhe rrit β , ndërkohë që kompensimi shunt induktiv rrit Z_C dhe zvogëlon β .

Me *njëkompensim seri kapacitive* të shpërndarë njëtrajtesisht C_{se} për njësi të gjatësisë, reaktanca seri efektive është

$$x'_L = x_L - \frac{1}{\omega C_{se}} = x_L - x_{Cse} = x_L(1 - k_{se}) \quad (13)$$

k_{se} është shkalla e kompensimit kapacitive seri që përcaktohet si më poshtë:

$$k_{se} = \frac{x_{Cse}}{x_L} \quad (14)$$

Është positive për kompensim kapacitive seri.

Vlerat efektive të impedancës karakteristike dhe konstantes së fazës me kompensim seri jepen përmes shprehjeve

$$Z'_C = \sqrt{\frac{x'_L}{b_C}} = Z_C \sqrt{1 - k_{se}} \quad (15)$$

$$\text{Dhe } \beta' = \beta \sqrt{1 - k_{se}} \quad (16)$$

Kompensimi seri (kapacitive) zvogëlon njëkohësisht Z_C dhe β .

Me te dyja *kompensimin shunt dhe seri*, ndikimet e kombinuara janë si në vijim:

$$Z'_C = Z_C \sqrt{\frac{1 - k_{se}}{1 - k_{sh}}} \quad (17)$$

$$\beta' = \beta \sqrt{(1 - k_{sh})(1 - k_{se})} \quad (18)$$

Vlera efektive e këndit të linjës (θ') dhe ngarkesa natyrale (P'_0) jepen

$$\theta' = \theta \sqrt{(1 - k_{sh})(1 - k_{se})} \quad (19)$$

$$P'_0 = P_0 \sqrt{\frac{1 - k_{se}}{1 - k_{sh}}} \quad (20)$$

Ndikimi i kompensimit në tensionin e linjës:

Në kushtet e një ngarkesë të vogël, nga kompensimi induktive shunt përfitohet një profil i sheshtë. Për shembull, me $k_{sh}=1$ (100% kompensim induktiv), θ' dhe P'_0 zvogëlohen në vlerën zero dhe Z'_C rritet drejt infinitit; kjo rezulton në një profil të sheshtë tensioni për vlerë ngarkese zero.

Në kushtet e rregjimit të ngarkuar, një profil i sheshtë tensioni mund të përfitohet duke shtuar kompensim kapacitive shunt. Për shembull, për të transmetuar $1.4P_0$ duke ruajtur një profil të sheshtë të tensionit, nevojitet një kompensim kapacitive shunt me $k_{sh} = -0.96$.

Kompensimit kapacitive seri, në teori, mund të përdoret në vend të kompensimit shunt për të marrë një profil të sheshtë tensioni, gjatë rregjimeve të ngarkuara të ngarkesës. Për shembull, një profil i sheshtë tensioni mund të përfitohet për një ngarkesë $1.4P_0$ dhe me një kompensim seri të shpërndarë me $k_{se} = 0.49$. Në praktikë, kapacitorët seri nuk janë të përshtatshëm për të përftuar një profil të lëmuar tensioni përgjate linjës.

Efekti i kompensimit në fuqi minimale:

Shprehja për fuqinë e transmetuar nga linja me kompensim është:

$$P_R = \frac{E_S E_R}{Z'_C \sin \theta'} \sin \delta \quad (21)$$

Fuqia maksimale (që korespondon me $\delta = 90^\circ$) mund të rritet duke zvogëluar Z'_C ose θ' , ose të dyja.

Impedanca karakteristike Z'_C mund të zvogëlohet me kompensim shunt kapacitivë, por kjo shoqërohet nga një rritje në gjatësinë elektrike θ' . Në anën tjetër, kompensimi induktive shunt zvogëlon θ' , por rrit Z'_C . Vetëm kompensimi kapacitiv seri kontribuon në zогëlimin e të dyjave Z'_C dhe θ' .

Mgjth duhet pranuar se kompensimi nuk kërkohet në të gjitha rastet për të plotësuar të dy objektivat: (i) rritjen e P'_0 , nivelin e fuqisë për të cilën profili tensionit është i sheshtë, dhe (ii) zvogëlimin e gjatësisë elektrike në mënyrë që të përmirësohet qëndrueshmëria.

Linjat e shkurtëra mund të nevojitet support për tensionin, p.sh. një rritje në P'_0 , edhe pse gjatësia elektrike është e vogël. Kjo mund të arrihet përmes kapacitorëve shunt, me kusht që θ' nuk bëhet e tepruar si rezultat.

4 KARAKTERISTIKAT E NGARKESËS

Karakteristikat e ngarkesave dhe pajisjet e kontrollit të tensionit në sistemin e shpërndarjes janë ndër faktorët kryesorë që ndikojnë në qëndrueshmërinë e tensionit për sistemin.

Ngarkesat për të cilat komponentja aktive dhe reaktive e fuqisë ndryshojnë me tensionin ato bashkëveprojnë me karakteristikat e transmetimit duke ndryshuar shpërndarjen e flukseve të fuqisë së sistemit. Tensioni i sistemit vendoset në vlera të përcaktuara nga përbërja e sistemit të transmetimit dhe ngarkesave. Rregullatorët e tensionit për sistemet e shpërndarjes dhe transformatorët ULTC në nënstacionione përpiqen ta ruajnë konstant tensionin në pikat e konsumit. Kjo mund të sjellë një efekt destabilizues gjatë orëkut të tensionit.

Kur ULTC arrijnë shkallën e fundit të rregullimit të ancafkave, tensionet e sistemit të shpërndarjes do të bien. Ngarkesat rezidenciale aktive dhe reaktive do të pësojnë rënie së bashku me tensionin. E kjo do të sjellë uljen e ngarkimit të linjave dhe, për rrjedhojë, humbjet reaktive në linja. Ngarkesat industriale, me komponent të mëdhenj të motorëve induktive, do të ndryshojnë pak. E megjithatë, kapacitorët në zonën industriale do të japin më pak fuqi reaktive, duke shkaktuar një rritje në ngarkesat reaktive [36].

Kur tensionet e shpërndarjes qëndrojnë në vlera të ulura për disa minuta, termostetet dhe pajisjet e tjera të rregullimit të ngarkesës, ashtu si dhe kontrollat manual, tentojnë të rivendosin ngarkesën. Për shembull, ngarkesat e tipit-ngrohje do të duhet të punojnë për një kohë të gjatë për të sjellë temperaturën në nivelin që e kërkon termostati. Për rrjedhojë, të tilla pajisje do të duhet të punojnë në çdo kohë. Shumë prej ngarkesave të këtij tipi do të rrihen në punë në vlerën e plotë të tensionit për një periudhë 10 deri 15 minuta [37]. Ndërkohë që ngarkesat me kontroll të ndjeshëm të tensionit rikthehen në punë, tensionet e transmetimit dhe të shpërndarjes do të vijnë të bien.

Në vlerat e tensioneve nën 85-90% të vlerës nominale, disa motorë induktive mund të ndalojnë e të japin rrymë të madhe reaktive. Kjo do të sjellë uljen akoma dhe me shumë të tensioneve. Motorët industrial dhe komercial zakonisht janë të kontrolluar nga kontaktorë magnetik; kështu që rënia e tensionit do të shkaktojë që shumë prej motorëve të ndalen. Humbja e ngarkesës do të shoqërohet me rritjen e tensionit. Pas pak kohe, motorët rivendosen në punë. Kjo mund të shkaktojë rënien sërisht të tensionit nëse shaktari original i rënies së tensionit do të jetë sërisht i pranishëm.

Është e dukshme nga diskutimi i mësipërm se, për të bërë një analizë të saktë të qëndrueshmërisë së tensionit, përfaqësimi i rrjetit duhet të përfshijë efektet e transformatorëve të shpërndarjes me ndryshim tensioni në ngarkesë dhe të kapacitorëve në sistemin e shpërndarjes. Në varësi të qëllimit të studimit, prezantimi i karakteristikave të ngarkesave duhet të marrë në konsideratë efektet e termostateve dhe të pajisjeve të tjera rregulluese të ngarkesave. Në zonat industriale, nevojitet prezantimi eksplicit i motorëve dhe kapacitorëve.

4.1 Modelimi Ngarkesave Statike

Sistemi elektrik i fuqisë është i përbërë nga disa llojë ngarkesash dhe për një paraqitje sa më të sakte të dukurive dhe proceseve është e nevojshme modelimi i këtyre llojë ngarkesash. Llojet e ngarkesave që duhet të modelohen paraqiten në figurën 6.

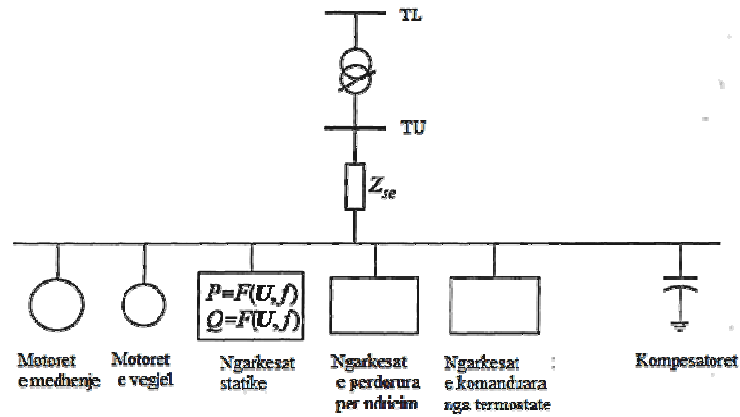


Figura 6. Ngarkesat në sistemin të cilat duhet të modelohen

E fillojmë analizën tonë me ngarkesat statike të cilat janë dhe më të thjeshta për tu modeluar dhe më vonë do të studiojmë modelimin e motorëve elektrik të cilët kërkojnë vëmendje të vecante pasi konsumojnë deri në 60% të energjisë së rrjetit shpërndarës.

4.1.1 Modeli eksponencial

Një model i ngarkesës statike shpreh varësinë e ngarkesës në çdo moment të kohës si një funksion algebrik në funksion të amplitudës së tensionit dhe frekuencës. Pjesa e fuqisë aktive P dhe ajo e fuqisë reaktive Q merren në konsideratë në mënyrë të vecantë. Mënyra tradicionale e paraqitjes së varësisë së tensionit nga karakteristikat e ngarkesës paraqiten me modelin eksponencial:

$$P = P_0(\bar{U})^a \quad (22)$$

$$Q = Q_0(\bar{U})^b \quad (23)$$

Në këtë model dhe në të tjerët e trajtuar më poshtë:

$$\bar{U} = \frac{U}{U_0} \quad (24)$$

Ku P dhe Q janë komponentët aktive dhe reaktive të fuqisë kur amplituda e tensionit është U . Indeksi a tregon vlerën fillestare të variablit përkatës në kushtet fillestare.

Parametrat e këtij modeli janë eksponentët a dhe b . Me këta eksponent të barabart në 0, 1 ose 2 modeli paraqet respektivisht karakteristikat me fuqi konstante, me rrymë konstante ose rezistencë konstante. Për ngarkesat e përbëra vlerat e eksponentëve varen nga karakteristikat e ngarkesës.

Eksponentët a ose b janë pothuajse të barabartë me dP/dU ose dQ/dU për $U=U_0$. Për sistemet me ngarkesë të përbërë, eksponenti a zakonisht merr vlerë nga 0.5 deri më 1.8, ndërsa eksponenti b zakonisht merr vlerë nga 1.5 deri më 6. Një karakteristikë e rëndësishme e eksponentit b është se ai ka varësi jo lineare nga tensioni. Kjo gjë shkaktohet për shkak të saturimit magnetik që kanë transformatorët dhe motorët në shpërndarje. Në tensione të larta, Q tenton të marrë vlera të konsiderueshme. Përcaktimi i parametrave të modelit realizohet në varësi të llojit të ngarkesës, ku shumë artikuj janë botuar për këtë gjë dhe japin informacione për ndryshimin e ngarkesës gjatë ditës, sezonit dhe temperaturës. Në mungesë të të dhënave specifike, zakonisht modeli i ngarkesës statike paraqet fuqinë aktive si model me rrymë konstante ($a=1$) dhe fuqinë reaktive si model me rezistencë konstante ($b=2$). Gjithsesi përcaktimi i parametrave të

modelit është i mundur dhe disa vlera të zakonshme për paisje të ndryshme paraqiten në tabelën 1:

Tabela 1. Vlerat e koeficientëve a dhe b për disa lloje të ndryshme ngarkesash

Ngarkesa	a	b
Kondicionerët	0.50	2.50
Rezistencat Ngrohëse Të Ambientit	2.00	0.00
Llambat Fluoreshente	1.00	3.00
Llambat inkandeshente	1.54	0.00
Pompat, ventilatorët dhe motorët e tjerë për përdorim rezidencial	0.08	1.60
Motorrët e mëdhenjë industrial	0.05	0.50
Motorrët e vegjël industrial	0.10	0.60

Gjithashtu janë përcaktuar dhe vlerat e koeficientëve të funksionit eksponencial në varësi të llojit të ngarkesës dhe periudhave të ndryshme të vitit, të cilat janë treguar në tabelën 2:

Tabela 2. Vlerat e koeficientëve a dhe b për ngarkesat me karakteristika të ndryshme në bazë të periudhës së vitit.

Tipi ngarkesës	Periudha e vitit	a	b
Rezidenciale	Verë / Ditë	0.72	2.96
	Verë / Natë	0.92	4.04
	Dimër / Ditë	1.04	4.19
	Dimër / Natë	1.3	4.38
Tregtare	Verë / Ditë	1.25	3.5
	Verë / Natë	0.99	3.95
	Dimër / Ditë	1.5	3.15
	Dimër / Natë	1.51	3.4
Industria	Në Përgjithësi	0.18	6

4.1.2 Modeli ZIP

Një model alternativ i cili është shumë i përdorur për të treguar varësinë e fuqisë nga tensioni është modeli polinomial:

$$P = P_0[p_1\bar{U}^2 + p_2\bar{U} + p_3] \quad (25)$$

$$Q = Q_0[q_1\bar{U}^2 + q_2\bar{U} + q_3] \quad (26)$$

Ky model gjerësisht njihet si modeli ZIP, pasi ai është i perberë nga komponentë me rezistencë konstante (Z), rrymë konstante (I), dhe fuqi konstante (P). Parametrat e modelit janë koeficientët p_1 deri në p_3 dhe q_1 deri në q_3 , të cilët përcaktojnë madhësinë e cdo pjese përbërëse të ngarkesës.

Po ashtu si në rastin e modelit eksponencial janë përcaktuar dhe parametrat e modelit ZIP të cilat tregohen në tabelën 3:

Tabela 3. Koeficientët e modelit ZIP për disa lloje ngarkesash

Ngarkesa	p ₁	p ₂	p ₃	q ₁	q ₂	q ₃
Konstante	0	0	1	0	0	1
Kondicionerët	0.72	-0.98	1.25	14.78	-23.72	9.93
Frigoriferët	1.19	-0.26	0.07	0.59	0.65	-0.24
Llambat inkandeshente	-1.30	3.95	-1.65	0	0	1
Ngrohësit elektrik	2.63	-3.63	2	0	0	1
Ventilatorët	2.45	-3.56	2.13	0	0	1
TV	0.31	0.12	0.56	0	0	1
Ngrohësit industrial	0.95	0.05	-0.01	0	0	1
Paisjet e zyrave	0.34	-0.32	0.85	0	0	1

4.1.3 Varësia nga frekuenca

Varësia nga frekuenca e karakteristikave të ngarkesës zakonisht paraqitet duke shumëzuar modelin eksponencial apo atë polinomial me një koeficient si më poshtë:

$$P = P_0(\bar{U})^a (1 + K_{pf}\Delta f) \quad (27)$$

$$Q = Q_0(\bar{U})^b (1 + K_{qf}\Delta f) \quad (28)$$

$$\text{Ose} \quad P = P_0[p_1\bar{U}^2 + p_2\bar{U} + p_3](1 + K_{pf}\Delta f) \quad (29)$$

$$Q = Q_0[q_1\bar{U}^2 + q_2\bar{U} + q_3](1 + K_{qf}\Delta f) \quad (30)$$

Ku Δf ndryshimi i frekuencës ($f - f_0$). Zakonisht K_{pf} i merr vlerat në diapazonin nga 0 në 3.0, ndërsa K_{qf} në diapazonin nga -2.0 në 0.

Një model statik më gjithëpërfshirës i cili jep mundësinë e përfshirjes së shumë formave të ngarkesave është paraqitur më poshtë:

$$P = P_0[P_{ZIP} + P_{EX1} + P_{EX2}] \quad (31)$$

$$\text{Ku} \quad P_{ZIP} = p_1\bar{U}^2 + p_2\bar{U} + p_3 \quad (32)$$

$$P_{EX1} = p_4(\bar{U})^{a1} (1 + K_{pf1}\Delta f) \quad (33)$$

$$P_{EX2} = p_5(\bar{U})^{a2} (1 + K_{pf2}\Delta f) \quad (34)$$

Shprehja e komponentëve reaktive shprehet në mënyrë të ngjashme. Kompensatorët e fuqisë reaktive të cilët shoqërojnë ngarkesën paraqiten në mënyrë të vecantë.

Modelet statike të paraqitur më sipër nuk janë të vërtetë në tensione të ulëta, dhe mund të çojnë në probleme llogaritje. Për këtë arsye programet e llogaritjes së qëndrueshmërisë marrin masa për kalimin e karakteristikës së ngarkesës në atë me rezistencë konstante në rast se tensioni i rrjetit ulet nën një vlerë të caktuar.

4.2 Modelimi i Ngarkesave Dinamike

Pjesa më e madhe e ngarkesave kundrejt ndryshimeve të tensionit dhe frekuencës arrijnë gjendjen e stabilizuar mjaft shpejt. Kjo gjë është e vërtetë sidomos për ndryshime të vogla të amplitudës së tensionit dhe frekuencës. Modeli statik i paraqitur më lart është i mjaftueshëm për një rast të tillë studimi.

Megjithatë ka mjaft raste kur është e nevojshme të merren parasysh komponentët dinamikë të ngarkesës. Studimi i qëndrueshmërisë së tensionit dhe qëndrueshmërisë për kohë të gjatë zakonisht kërkojnë modelim dinamik të ngarkesës. Studimi i sistemeve me përqendrim të madh motorrash elektrik gjithashtu kërkojnë paraqitjen e dinamikës së ngarkesës.

Zakonisht motorët konsumojnë 60 deri në 70 % të energjis totale të furnizuar nga sistemi. Për këtë arsye modeli i motorëve ka rëndësi të vecantë në karakteristikat dinamike të sistemit të fuqisë.

4.2.1 Modelimi i motoreve elektrik

Studimi i ngarkesave motorike paraqesin rëndësi të vecantë në studimin e qëndrueshmërisë së tensionit për arsyet e më poshtme:

1. Motori është një ngarkesë e cila rivendoset mjaft shpejt në një kohë të rendit të sekondës.
2. Motori është një ngarkesë me koeficient fuqie të vogël me një kërkesë të lartë të fuqisë reaktive.
3. Motori është i prirur ndaj luhatjeve, kur tensioni është i ulët ose rritet ngarkesa mekanik.

Motorët elektrik janë të shumë llojshëm. Për studimin e qëndrueshmërisë së sistemit zakonisht përdoren modelet e përbëra[38][39][40], pra një motor i treguar në model paraqet një grup motorësh me karakteristika të njëjta. Nqs motorët e lidhur në një nyje të sistemit nuk janë të ngjashëm atëher do të ishte e nevojshme përdorimi i disa modeleve të përbëra për një paraqitje më të saktë.

Për motorët individual interes të vecant paraqet modeli i motorit tre fazor dhe atij një fazor. Në këtë pjesë ne do të studiojmë modelimin e këtyre dy lloj motorësh, duke konsideruar parametrat konstant dhe duke mos marrë parasysh efektin e saturimit.

Modelimi i motorit tre fazorë

Statori i motorit tre fazor është i ngjashëm me atë të një motori sinkron(Figura 7.):

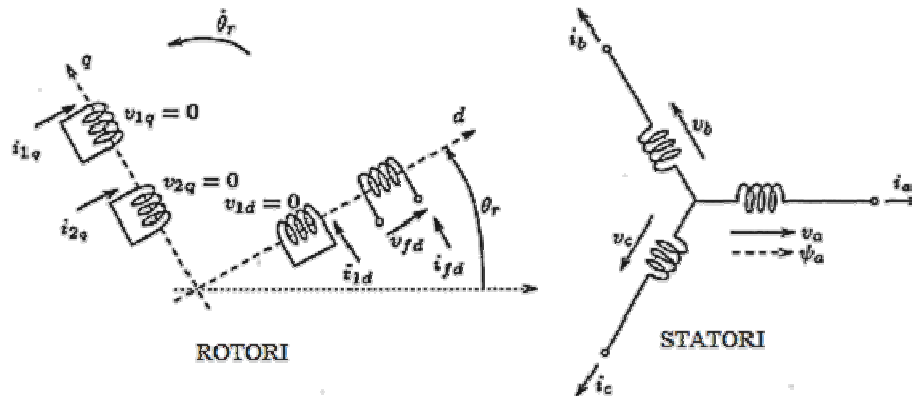


Figura7. Paraqitja e qarqeve të statorit dhe rotorit të makinës sinkrone

Duke përdorur transformimin e Parkut përshtjellat me tre faza mund të zëvendësohen me dy përshtjellat ekuivalente sipas akseve d dhe q(Figura 8.). Rotori i një motori asinkron mund të jetë i lidhur në të shkurtër, të jetë në formë kafazi ose me faza.

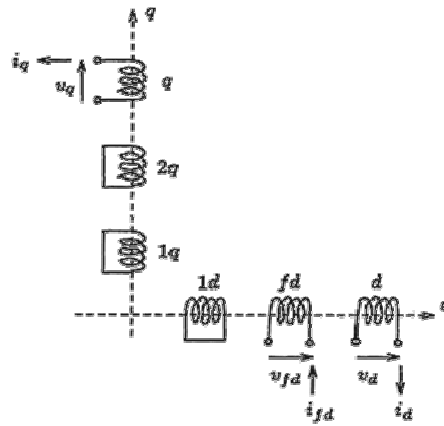


Figura 8. Pëshjellat e makinës pas transformimit të Parkut

4.2.2 Dinamika e makinave me induksion

Zakonisht pranohet që proceset kalimtare elektrike që ndodhin në rotorin e makinës janë më të shpejta se proceset kalimtare mekanike, për këtë arsye dinamikat e motorit mund të paraqiten vetëm me mardhëniet që paraqesin procesin kalimtar mekanik. Kjo gjë është sidomos e vërtet për motorat me fuqi të vogël, por gjithashtu mund të përdoren modele alternative të rendeve të ulëta që përdoren për fuqi të madhe. Në analizën tonë ne do të neglizhojmë proceset kalimtare elektrike në rotor me qëllim thjeshtimin e ekuacioneve. Gjithsesi në rast se kërkohen simulime më të sakta, procesi kalimtar në rotorin e motorit mund të bashkangjitet mjaft thjesht nëse jepen të dhënat e motorit.

4.2.3 Qarku ekuivalent për regjim të qëndrueshëm

Duke mos marrë parasysh procesin kalimtar elektrik në rotor, një motor tre-fazor me rezistencë rotor konstante mund të paraqitet me qarkun elektrik ekuivalent të më poshtëm[41], ku është shkarja e përcaktuar si më poshtë

$$s = \frac{\omega_0 - \dot{\theta}_r}{\omega_0} \quad (35)$$

Ku ω_0 është frekuenca këndore nominale dhe $\dot{\theta}_r$ është shpejtësia e rotorit në grad elektrik për sekond. Në të njëjtën figurë X_s , X_r janë rezistencat e dispersionit të statorit dhe rotorit, ndërsa X_m është rezistenca e magnetizimit. Të gjitha rezistencat janë të reduktuara nga ana e statorit.

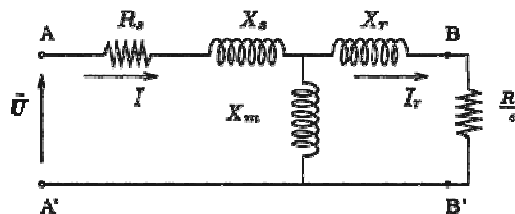


Figura 9. Qarku ekuivalent në regjimet të vendosura

Qarku i më sipërm quhet qarku ekuivalent për regjim të vendosur, me kuptim që të gjithë proceset kalimtare elektrike kanë përfunduar. Por kjo nuk do të thotë që motori është në regjim të vendosur mekanik, si rrjedhojë shkarja e motorit mund të ndryshoj.

Parametrat e qarkut të ekuivalentuar të marra nga literatura janë të përmbledhur në tabelën e më poshtëme për modele të ndryshme motorësh. Të gjitha vlerat janë në njësi të reduktuara.

Tabela 4. Parametrat e disa motorrëve (në njësi realtive)

Motori	R_s	X_s	X_m	R_r	X_r
Motoret e vegjël industrial	0.031	0.10	3.2	0.018	0.18
Motorët e mëdhenjë industrial	0.013	0.067	3.8	0.009	0.17
Motorët me fuqi 11kVA	0.016	0.063	0.96	0.009	0.016
Motorët e përdorur në ambjentet tregëtare	0.001	0.23	3.0	0.02	0.23
Motorët e përdorur në ambjentet rezidencial	0.077	0.107	2.22	0.079	0.098
Motorët një fazorë	0.11	0.12	2.0	0.11	0.13

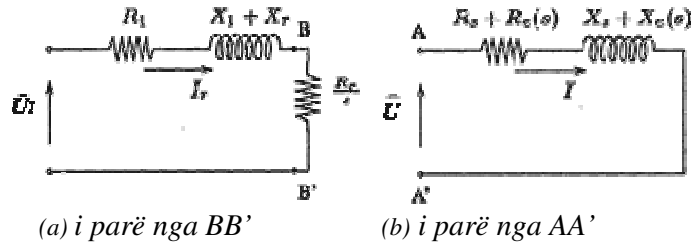


Figura 10. Ekuivalentimi i Teveninit

Dy qarqe ekuivalente rrjedhin nga figura 9 janë treguar në figurat 10a dhe 10b. Në figurën 10a qarku është zëvendësuar me ekuivalentimin e Teveninit me parametrat e më poshtëm:

$$U_1 = \frac{X_m U}{\sqrt{R_s^2 + (X_s + X_m)^2}} \quad (36)$$

$$R_1 + jX_1 = \frac{jX_m(R_s + jX_s)}{R_s + j(X_s + X_m)} \quad (37)$$

Vëmë re se kur motori është i lidhur me rrjetin nëpërmjet një rezistence Z, kjo rezistencë e jashtme Z mund ti shtohet rezistencës së statorit si $R_s + j X_s$ dhe mund të përdoren të njëjtat formula, ku U është tensioni burimit.

Figura 10(b) tregon rezistencën ekuivalent në terminalet AA' të parë nga ana e statorit. Rryma e marrë nga rrjeti është:

$$\bar{I} = \frac{\bar{U}}{(R_s + R_e) + j(X_s + X_e)} \quad (38)$$

Ku R_e dhe X_e varen nga s dhe jepen nga:

$$R_s + jX_e = \frac{jX_m(\frac{R_r}{s} + jX_r)}{\frac{R_r}{s} + j(X_m + X_r)} \quad (39)$$

Momenti dhe fuqia:

Fuqia aktive në njësi relative e cila transferohet nga statori te rotorin nëpërmjet hapsirës ajrore, llogaritet mjaft thjeshtë nga qarku ekuivalent me anë të formulës:

$$P_g = I_r^2 \frac{R_r}{s} \quad (40)$$

Duke zbritur humbjet në rotor $I_r^2 R_r$ nga fuqia e më sipërme P_g , marrim fuqinë që jepë motori nëpërmjet momentit elektromagnetik:

$$P_e = I_r^2 \frac{R_r}{s} (1 - s) \quad (41)$$

E njejta fuqi mund të gjendet duke shumëzuar momentin elektromagnetik në njësi relative T_e me shpejtësinë e rotorit në njësi relative:

$$P_e = T_e \frac{\dot{\theta}_r}{\omega_0} = T_e (1 - s) \quad (42)$$

Nga krahasimi i dy ekuacioneve të më sipërm kemi:

$$T_e = I_r^2 \frac{R_r}{s} = P_g \quad (43)$$

Duke zgjidhur për I_r^2 nga ekuivalentimi Teveninit i treguar në figurën 10, marrim momentin e zhvilluar nga motori si një funksion i U_1 dhe i shkarjes:

$$T_e(U_1, s) = \frac{U_1^2 \frac{R_r}{s}}{(R_1 + \frac{R_r}{s})^2 + (X_1 + X_r)^2} \quad (44)$$

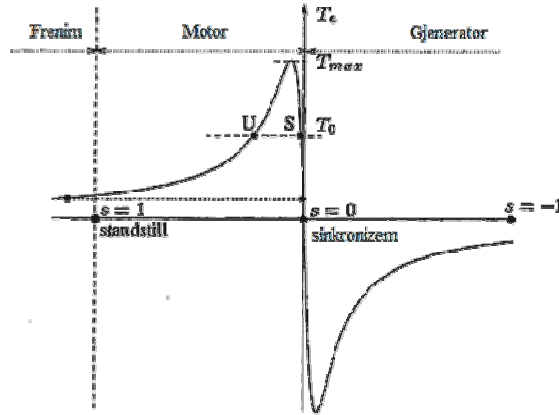


Figura 11. Karakteristika e momentit nga shkarja

Ose si një funksion i tensionit të terminaleve dhe shkarjes:

$$T_e(U, s) = \frac{U^2 X_m^2 \frac{R_m}{s}}{\left[\left(R_1 + \frac{R_r}{s} \right)^2 + (X_1 + X_r)^2 \right] [R_s^2 + (X_s + X_m)^2]} \quad \dots\dots(45)$$

Karakteristika e shprehur më sipër që jep varësinë e momentit nga shkarja për një motor jepet në figurën 11. Momenti konsiderohet pozitiv në rastin e regjimit motor. Si mund të shohim dhe më sipër i njëjti model përdoret dhe për regjimin gjenerator, në këtë rast shkarja është negative (shpejtësi më e vogël se sinkronja). Nga ekuacioni i më sipërm një shkarje negative jep një moment elektromagnetik negativ. Një regjim i trete pune është në rastin e frenimit, ku drejtimi i rrotullimit është i kundërt me atë të fushës ($s > 1$) dhe motori thith si energjinë elektike dhe atë mekanike. Fuqia aktive dhe reaktive që motori merr nga rrjeti në regjim të vendosur të shprehura si funksion i tensionit dhe shkarjes jepen nga ekuacionet e më poshtëme:

$$P(U, s) = \frac{(R_s + R_e)U^2}{(R_s + R_e)^2 + (X_s + X_e)^2} \quad (46)$$

$$Q(U, s) = \frac{(X_s + X_e)U^2}{(R_s + R_e)^2 + (X_s + X_e)^2} \quad (47)$$

4.2.4 Dinamika e lëvizjes mekanike

Ekuacioni diferencial i lëvizjes së rrotorit mund të shkruhet si më poshtë:

$$2H\dot{s} = T_m(s) - T_e(U, s) \quad (48)$$

Ku H është konstantia e inercisë (s), ndërsa T_m është momenti mekanik në njësi relative (duke përfshirë dhe humbjet mekanike), i cili në përgjithësi varet nga shpejtësia e lëvizjes dhe si rrjedhojë varet nga vlera e shkarjes. Duke vënë re që me rritjen e ngarkesës kemi një rritje të shkarjes. Pas një ngacmimi, shkarja nuk mund të ndryshojë menjëherë për shkak të inercisë mekanike. Me s të fiksuar në vlerën para shqetësimit, nga qarku ekuivalent vërejmë që motori sillet si një rezistencë dhe si rrjedhojë karakteristika e motorit gjatë procesit kalimtar është e tipit me rezistencë konstante. Kështu që energjia aktive, reaktive po ashtu dhe momenti elektrik ulen pas rënies së tensionit. Zvogëlimi i momentit në bazë të formulës së më sipërme do të zvogëlojë shpejtësinë e rrotorit, kjo gjë do të shkaktojë një rritje në konsumimin e energjisë aktive deri në një pikë të re pune. Kushti ekuilibrit të momentit është:

$$T_e(U, s) = T_m(s) \quad (49)$$

Kështu që, karakteristika për regjime të qëndrueshme është shumë e ndryshme nga ai me rezistencë konstante, dhe varet nga karakteristika mekanike e momentit, të cilën do ta trajtojmë më poshtë.

4.2.5 Varesia e sjelljes së motorrit në varësi të momentit mekanik

Në këtë pjesë do të trajtojmë sjelljen e motorrit në regjime të qëndrueshme pune nën ndikimin e modeleve të ndryshme të momentit mekanik, të quajtur moment konstant, moment kuadratik (i shprehur me funksion të rendit të dytë) dhe moment i përbërë. Vëmë në dukje që këto janë modele strikte të motorrit të përfituara duke marrë një tension konstant në terminalët e paisjes.

4.2.5.1 Modeli me moment konstant

Modeli i momentit konstant është i thjeshtë: $T_m(s) = T_0$

Karakteristika e momentit mekanik është paralele me boshtin e shkarjes në diagramën moment shkarje dhe si rrjedhojë kemi dy pika prerje me karakteristikën e momentit elektrik (të treguara si pikat S dhe U në figurën 11), kur $T_0 < T_{\max}$. Në rast të kundërt, nuk ka pika prerje, kur $T_0 > T_{\max}$. Në rastin e dytë motori do të ndalojë, deri në një frenim të plotë. Kur T_0 është i vogël, pika e dytë mund të bjeri në zonën e frenimit, ku $s > 1$.

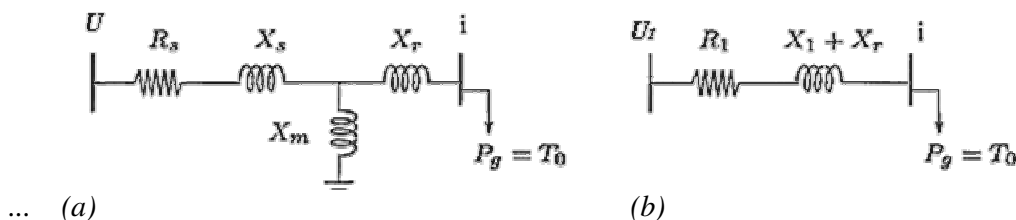


Figura 12. Skema ekuivalente për moment konstant dhe ekuivalentimi i Teveninit

Qëndrueshmëria e punës në pikat S dhe U mund të gjykohet në mënyrë empirike si më poshtë. Në pikën S një rritje e vogël në shkarje do të shkaktojë një tepëricë të momentit, ku në lidhje me ekuacioni (48) do të tentojë të zvogëlojë shkarjen, kjo gjë do të shkaktojë rikthimin e

pikës së punës përsëri në S. Në mënyrë të ngjashme, një zvogëlim i vogël i shkarjes do të shkaktonte një moment që do të rikthente përsëri pikën e punës në S. Si rrjedhojë arrijmë në përfundimin që pika S është një pikë e qëndrueshme pune. E kundërta ndodh në pikën U: një rritje e vogël e shkarjes shkakton një deficit të momentit elektrik, kështu që motorri do të ngadalësojë, dhe do të kishim rritjen e shkarjes deri në ndalesë ($s = 1$). Në anën tjetër, një zvogëlim i vogël i shkarjes nga pika e punës U do të kishim një moment elektro magnetik tepër, dhe motorri do të përshpejtojë deri në pikën e ekuilibrit S. Nga sa thamë arrim në përfundimin që pika U është një pikë e pa qëndrueshme pune. Vëmë re se regjimet e qëndrueshme të motorit gjat punës me moment konstant është i një vlefshëm me një ngarkesë konstante me rezistencë sa rezistenca e dispersionit të rotorit X_r . Nga ekuacioni (43) momenti elektrik në njësi relative është i barabartë me fuqinë që kalon në hapësirën ajrore P_g , kështu kur ekuacioni i parë bëhet i barabartë me momentin mekanik konstant, ekuacioni dytë rivendoset në balancë. Kjo gjë na drejton në skemën e zëvendësimit të paraqitur në figurën 12. Kjo skemë zëvendësimi paraqet procesin kalimtar elektrik dhe atë mekanik dhe është i vërtetë vetëm për momentin mekanik konstant.

Shkurtimisht themi që, dinamikat e motorit janë të ngjashme me ato të karakteristikës së ngarkesës në nyjen e brendshme “i” (shiko figurën 12.) ndryshojnë nga me rezistencë konstante (karakteristika kalimtare për shkarje konstante) në atë me fuqi konstante $P_g = T_0$ (karakteristika për regjim të qëndrueshëm). Vëmë në dukje që limitet e ngarkesës për motorin me moment mekanik konstant dhe me tension të statorit konstant korenspondojnë me kushtet kur kemi momentin maksimal, për të cilin variabli R_r / s mer vlerën:

$$\frac{R_r}{s_{maxT}} = \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_r)^2} \quad (50)$$

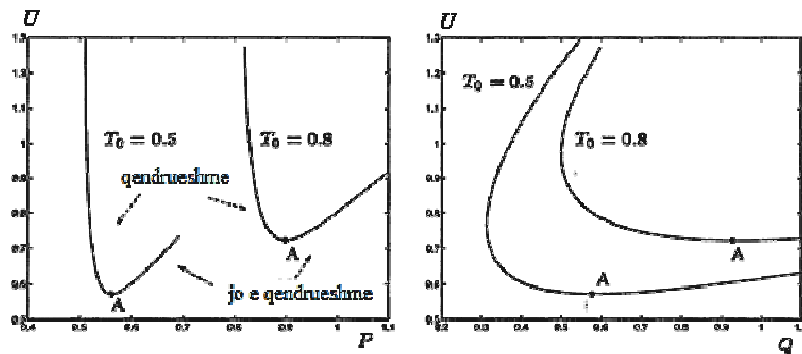


Figura 13. Karakteristika e motorit për regjim të vendosur – Moment konstant

Karakteristikat P dhe Q për regjimet e qëndrueshme të punës së motorit me moment konstant, duke konsideruar tensionin e terminaleve U si një parametër të pa varur, janë të ndërtuara në figurën 13. Vëmë në dukje se fuqia aktive e konsumuar është pothuajse konstante për tension më të vogël se 0.8 nji, me një pjerrtësi të lehtë negative. Rritja e konsumit për tensione më të vogla vjen si pasojë e rritjes së humbjeve të statorit që rrjedhin nga rritja e rrymës. Pjerrtësia e lehtë negative bëhet më e theksuar me uljen e më tejshme të tensionit deri në pikën e ndalesës A. Nqs tensioni zvogëlohet më tej nuk ka më pika të qëndrueshme pune dhe motorri do të ndalojë. Pikat e punës në të djathtë të pikës A janë të pa qëndrueshme si të shpjeguara më sipër.

Karakteristika e fuqisë reaktive është shumë e ndryshme. Në tensione të larta pjerrtësia është pozitive, do të thotë që për rritjen e tensionit të statorit rritja e energjisë së konsumuar në

mënyrë të menjëherëshme, por rivendosja e tyre është mjaft e shpejtë, në më pak se një sekond. Rivendosja e fuqisë aktive bëhet pothuajse në të njëjtën vlerë me atë para ndodhjes së ngacmimit, si pritët nga karakteristikat e punës përkatëse, ndërsa ulja e fuqisë reaktive në regjim të vendosur, do të thotë që pika e punës do të ndodhet në pjesën e sipërme të karakteristikës në figurën 15.

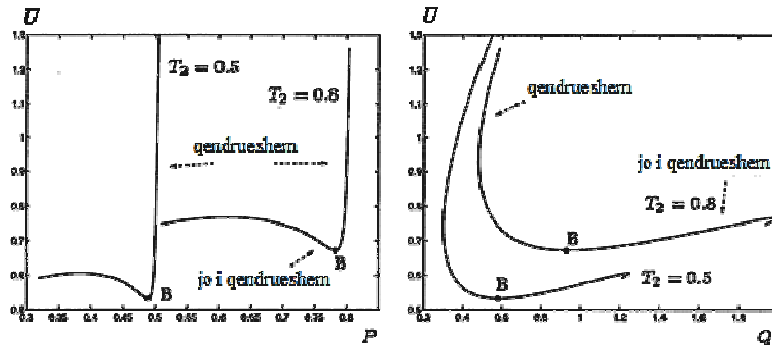


Figura 15. Karakteristika e motorit për regjime të vendosura – Momenti kuadratik

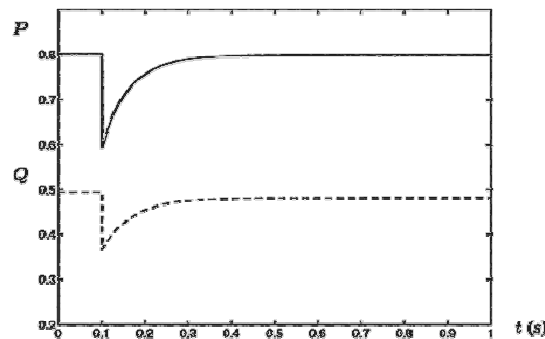


Figura 16. Ristabilizimi i ngarkesës motorike pas një ulje të tensionit – Momenti kuadratik

4.2.5.3 Modeli me moment të përbërë

Modelet e momentit konstant dhe momentit kuadratik mund të kombinohen për të përfaqësuar ngarkesat që kanë moment të kombinuar. Një komponent i tretë i momentit mekanik që është sidomos i rëndësishëm gjat nisjes është momenti statik, i cili shkaktohet nga forcat e fërkimit. Kur motori është afër pikës së ndalesës momenti statik frenon rrotullimin e rotorit, por pas fillimit të rrotullimit kjo komponente fillon të zvogëlohet. Kështu që, momenti statik mund të modelohet si një funksion proporcional më shkarjen:

$$T_m(s) = T_s s \quad (52)$$

Duke përfshirë momentin statik, modeli mekanik i momentit të përbërë ka formën e përgjithëshme të më poshtëme:

$$T_m(s) = T_0 + T_s s + T_2(1 - s)^2 \quad (53)$$

Në figuren 17 tregohet karakteristika mekanike e momentit të përbërë e formës së më sipërme:

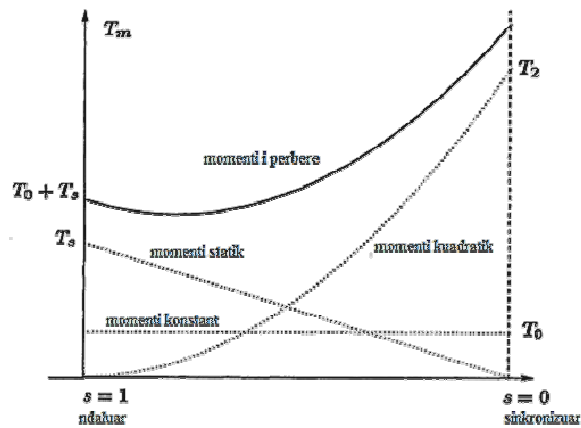


Figura 17. Karakteristika e momentit statik dhe e momentit të përbërë

4.2.5.4 Ndalimi dhe nisja e motorit

Në momentin e nisjes, praktikisht motorri është i ndaluar ($s=1$). Nqs momenti elektromagnetik $T_e(U,1)$ tejkalon momentin mekanik $T_m(s)$ (për $s=1$) motori do të nisët dhe do të përshpejtohet. Vëmë re nga qarku ekuivalent që rezistenca e motorit për $s=1$ është më e vogël se ajo e kushteve normale të operimit, ku s është shumë e vogël. Për këtë arsye rryma fillestare e lëshimit të motorit është disa herë më e madhe se ajo nominale. Në rastin e momentit konstant, lëshimin nën ngarkesë nuk është i mundur, veç nëse momenti lëshimit është më i madh se momenti ngarkesës T_0 . Kjo do të thotë që pika e paqendrueshme e punës U në figurën 4.4 duhet të jetë në zonën e frenimit të motorit për të qenë në gjendje të lëshohet nën ngarkes pa qenë nevoja e përdorimit të skemave speciale të lëshimit.

Në përgjithësi, kur modeli momentit mekanik (53) ka një vlerë $T_m(1) \neq 0$, kjo interpretohet në këtë mënyrë:

- Nqs momenti elektrik i lëshimit kalonë atë mekanik ($T_e(U,1) > T_m(1)$), atëherë aplikohet (48) dhe rotor i përshpejtohet,
- Nqs momenti elektrik gjat lëshimit është i pa mjaftueshëm për nisjen ($T_e(U,1) \leq T_m(1)$), motori nuk do të kalojë në zonën e frenimit, sic mund ta shohim nga aplikimi i (48), por do të qëndrojë në gjendjen e frenimit.

Le të studiojmë tani operimin e motorit në pushim. Duke parë përsëri figurën 15, në të cilën tregohet karakteristika e motorit për moment mekanik konstant, vërejmë se afër pikës së pushimit A, rryma e statorit për një moment mekanik $T_0 = 0.8$ njr është pothuajse 1.6 njr. Mbrojtja e motorit nuk do të veprojë për këtë rrymë, e cila është 3-4 herë më e vogël se rrymat e lëshimit të motorit. Nqs motori ndal, ai mund të shkojë në një ndalesë të plotë dhe rryma do të marrë vlerat e rrymës së lëshimit. Edhe për këtë vlerë mbrojtja nuk do të veprojë. Në mënyrë që të evitohen efektet negative të ndalesës së motorit, në shumë motorë industrial instalohet mbrojtja nga rëniet e tensionit duke vepruar në rast se tensioni është më i vogël se pragu i përcaktuar [42]. Motorët e vegjël nuk kanë mbrojtje nga ulja e tensionit, por vetëm mbrojtje termike nga mbingarkesat, mbrojtje e cila duhet përsëri të lejoj rrymat e lëshimit për disa sekonda. Si rrjedhim një motor i ndaluar mund të qëndrojë i lidhur me rrjetin duke konsumuar një rrymë të konsiderueshme reaktive të barabartë me rrymën e lëshimit.

Në rastin e momentit mekanik kuadratik duhet vënë re se kur motori pushon, ai nuk ndalon plotësisht, por ai do të vazhdojë të punojë në kushte jo normale me shpejtësi të vogël, të

treguar me S në figurën 14. në këto kushte pune rryma në statorin e motorit është afërsisht sa rryma e lëshimit. Sic e diskutuam më sipër mbrojtja e motorit do ta lejojë kete regjim anormal (të paktën për pak kohë), veç në rastin kur është instaluar mbrojtja nga uljet e tensionit.

4.2.6 Motorët një fazorë

Një pjesë e madhe e ngarkesave residenciale konsiston në motorat një fazorë. Një mënyrë e thjesht për të paraqitur këtë motor një fazor është duke marrë parasysh një motor më fuqi të barabartë me kategorinë përkatëse të lidhur në cdo fazë, në mënyrë që të ruhet balanca e punës.

Motori një fazorë mund të analizohet duke zbërthyer fushen magnetike të hapsirës ajrore në dy valë të ndryshme që rrotullohen në drejtime të ndryshme, njera në kahun orar dhe tjetra në atë antiorar[41]. Për valën e cila rrotullohet në kahun orar mund të përdoret si qark ekuivalent ai i treguar në figurën 9. E njëjta skemë mund të përdoret dhe për valën e cila rrotullohet në kahun antiorar, por në këtë rast shkarja është:

$$\frac{-\omega_0 - \dot{\theta}_r}{-\omega_0} = 1 + \frac{\dot{\theta}_r}{\omega_0} = 2 - s \quad (54)$$

Kjo na drejton në qarkun ekuivalent të qarkut në figurën 18, ku janë paraqitur të dyja fushat ajo që rrotullohet në drejtimin orar dhe ajo që rrotullohet në drejtimin antiorar.

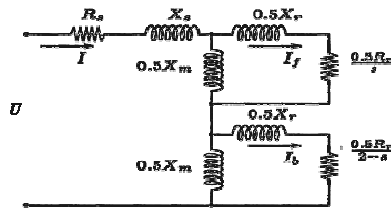


Figura 18. Qarku ekuivalent i motorrit një fazor

Momenti i prodhuar nga fusha rrotulluese në drejtimin orar është pozitive, ndërsa momenti i prodhuar nga fusha që rrotullohet në drejtimin antiorar është negative. Kështu momenti elektromagnetik në njësi relative i prodhuar nga motori një fazorë jepet nga:

$$T_e = T_f - T_b = I^2(R_f - R_b) \quad (55)$$

Ku:

$$R_f = \frac{0.5 \frac{R_r}{s} X_m^2}{\left(\frac{R_r}{s}\right)^2 + (X_r + X_m)^2} \quad (56)$$

$$R_b = \frac{0.5 \frac{R_r}{s-2} X_m^2}{\left(\frac{R_r}{s-2}\right)^2 + (X_r + X_m)^2} \quad (57)$$

dhe rryma e statorit mund të llogaritet nga qarku ekuivalent i figurës 18.

Vëmë re se për $s = 1$ (në pushim) $T_f = T_b$, kështu që motori një fazorë nuk ka moment nisje.

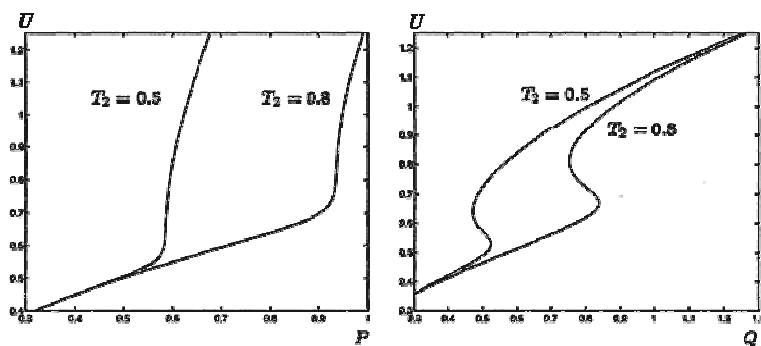


Figura 19. Karakteristikat për regjim të vendosur të motorrit një fazor

Karakteristikat P-U dhe U-Q e një motori një fazorë janë ndërtuar në figurën 19 duke supozuar një moment mekanik kuadratik. Në tensione të ulëta, fuqia aktive dhe reaktive e harxhuar nga motori janë të pavarura nga ngarkesa. E njëjta gjë ndodh dhe për fuqinë reaktive në tensione të larta. Vëmë re se kur tensioni ulet, shpejtësia e motorit zvogëlohet gradualisht, ndryshe nga motori trefazor me të njëjtin model momenti mekanik (figura 15), e cila paraqet një pavazhdueshmëri në pikën e ndalesës B. Kjo karakteristik e motorit njëfazor lidhet me mungesën e momentit fillestar gjë që vërehet dhe në karakteristikën moment shkarje i treguar në figurën 20. Gjithashtu dhe motori një fazorë ka një pikë ndalese (e ngjashme me atë të motorit tre fazorë) kur ngarkesa mekanike ka një komponente të momentit statik, si e treguar në figurën 20 (pika C).

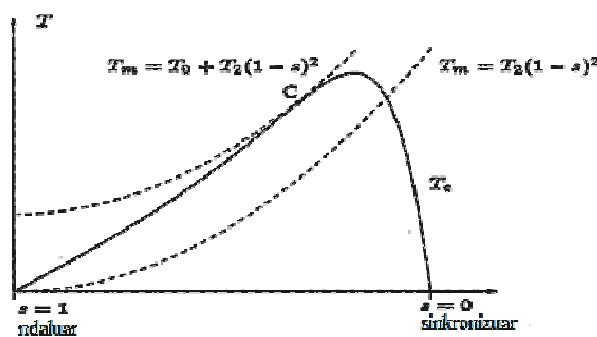


Figura 20. Karakteristika e momentit në varësi të shkarjes për motorin një fazorë

4.3 Regulluesit e Tensionit nën Ngarkesë

Një nga mekanizmat kryesorë të rirregullimit të ngarkesës është regullimi i tensionit i cili kryhet në mënyrë automatike nga paisjet e rregullimit të tensionit nën ngarkesë (LTC) në shumicën e transformatorëve të fuqisë në sistemin shpërndarës. Figura 21 tregon një diagram tipike të sistemit shpërndarës. Rregulatorët e tensionit nën ngarkesë kontrollojnë tensionin në sistemin shpërndarës, nga ana e tensionit të mesëm (TM) U_2 duke ndryshuar koeficientin e transformimit r .

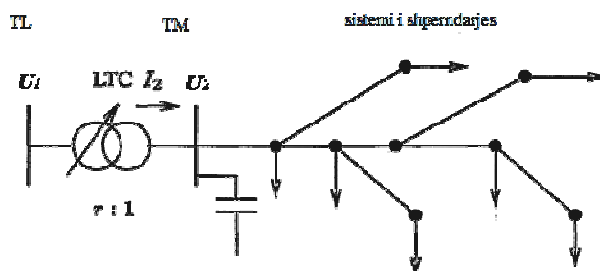


Figura 21. Skema e sistemit të shpërndarjes

Në shumicën e rasteve variabli që rregullohet është nga ana e tensionit të lartë (TL). Një arsye pse veprohet në këtë mënyrë është sepse rrymat më të vogla nga kjo anë e bëjnë më të thjeshtë komutimin. Një arsye tjetër është se nga ana e tensionit të lartë janë më shumë spira të disponueshme duke bërë më të skate rregullimin. Gjithashtu mund të hasemi dhe me përjashtime të këtyrë rregullave sidomos në autotransformatoret.

Paisjet e rregullimit të tensionit nën ngarkesë janë paisje me veprim të ngadaltë, diskrete të cilat ndryshojnë me nga një shkallë në kohë, në rast të ndryshimi i tensionit qëndron brenda zonës së veprimit për një kohë të caktuar. Koha minimale e nevojshme për një hap rregullimi e rregullatorit zakonisht është 5 sekonda. Do ta quajmë këtë vonesa mekanike e veprimit në kohë dhe e shënojmë T_m . Vonesa të tjera në kohe që janë të qëllimëshme (që luhaten nga disa sekonda në pak minuta) i shtohen vonesës mekanike të veprimit më qëllim që të shmangim veprimet e shpeshta dhe të pa nevojshme, të cilat mund të jenë shkak për dëmtimet e paisjes. Vonesat e qëllimëshme mund të jenë konstante, ose variabel. Në kohët e fundit ka gjetur përdorim karakteristika me kohë inverse. Karakteristika me kohë inverse ka si parim zvogëlimin e kohës së vonesës për ulje të thella të tensionit.

Një e metë e rregullatorëve automatik të tensionit nën ngarkesë është ai i kufizimit të rregullimit të koeficientit të transformimit:

$$r^{min} \leq r \leq r^{max}$$

Zakonisht limiti i poshtëm është nga 0.85 - 0.9 nji ndërsa limiti i sipërm është nga 1.10 – 1.15 nj.r. Një hap rregullimi zakonisht është në diapazonin 0.5 – 1.5 %. Për arsyet e trajtuara më sipër zona e mos veprimit është më e madhe së hapi rregullimit. Zakonisht zona e mos veprimit është sa dyfishi i hapi të rregullimit.

4.3.1 Modelimi paisjeve të rregullimit të tensionit nën ngarkesë

Në këtë pjesë do të trajtojmë dy tipe të paisjeve të rregullimit të tensionit nën ngarkesë: modeli diskret që paraqet jo vazhdueshmëri, me veprim hap pas hapi, dhe përafrimi i një modeli me veprim të vazhdueshëm.

Për thjeshtësi do të supozojmë që transformatori ka rezistencë të neglizhueshme dhe rezitence magnetike, dhe një rezistenc dispersioni konstante X_t . Për modele më të detajuar përfshihen dhe rezistenca aktive e TR si dhe rezistenca e magnetizimit, këto modele përfshihen në softe të ndryshme për simulime. Qarku ekuivalent i paisjeve rregullulluese të tensionit nën ngarkesë paraqitet në figurën 22 duke përdorur një transformator ideal me koeficient transformimi $r : 1$.

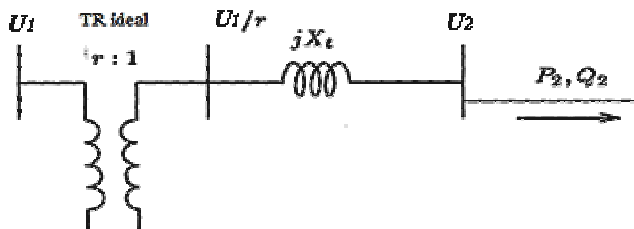


Figura 22. Qarku ekuivalent i TR

4.3.2 Modeli diskret i paisjeve të rregullimit të tensionit nën ngarkesë

Modeli diskret i këtyre paisjeve supozon se kur këto paisje aktivizohen ato do të rrisin ose zvogëlojnë keqicentin e transformimit me një hap në mënyrë të menjëherëshme. Shënojmë madhësinë e cdo hapi me Δr . Paisja mund të veprojë në kohë diskrete të shënuar me t_k , ku $k = 0, 1, \dots$, idhe jepet nga formula:

$$t_{k+1} = t_k + \Delta T_k \quad (58)$$

Vëmë re se në sistemet me kohë diskrete veprimi, t_k nuk është një variabël i pa varur, dhe ΔT_k jo domosdoshmërisht konstant, pasi ky koeficient në përgjithësi varet nga karakteristikat e paisjes dhe nga madhësia e ndryshimit të tensionit.

Një formula e përgjithëshme për llogaritjen e ΔT_k duke përfshirë vonesën fikse dhe atë të kohës inverse, jepet më poshtë:

$$\Delta T_k = T_d \frac{d}{|U_2 - U_2^0|} + T_f + T_m \quad (59)$$

Ku U_2 është tensioni që kontrollohet, U_2^0 është tensioni referencë, d është ngjysma e zonës së mos veprimit të paisjes (të përkufizuar më poshtë), T_d është vonesa maksimale në kohë për karakteristikën më veprim invers, T_f është vonesa e qëllimshme në kohë, dhe T_m është koha e nevojshme mekanike për të realizuar ndryshimin me një hap.

Llogjika e veprimit të paisjes në një moment t_k është dhënë më poshtë:

$$r_{k+1} = \begin{cases} r_k + \Delta r nqs. & U_2 > U_2^0 + ddher_k < r^{max} \\ r_k - \Delta r nqs. & U_2 < U_2^0 - ddher_k > r^{min} \\ r_k & \end{cases}$$

Ku r^{max} , r^{min} janë limitet e sipërme dhe të poshtëme të veprimit të paisjes.

Paisja e rregullimit të tensionit nën ngarkesë aktivizohet dhe kontatori k vendoset në zero në kohën t_0 sa herë që diferenca e tensionit është më e madhe së zona e mos veprimit të paisjes:

$$k = 0 \quad nqs. \quad |U_2(t_0^+) - U_2^0| > d + \varepsilon \text{ dhe } |U_2(t_0^-) - U_2^0| \leq d + \varepsilon$$

Ku është një term i histerezis. Duke përdorur termin e histerezis, zona e mos veprimit është më e madhe për veprimin e parë, në këtë mënyrë paisja bëhet më e ngurtë për veprimin e parë.

Mund të dallojmë dy mënyra të veprimit të paisjeve të rregullimit të tensionit nën ngarkesë atë të veprimit në sekuencë[43]. Mënyra e veprimit sekuencial e cila konsistonë në një seri ndryshimesh të një pas njëshme të cilat fillojë pas një kohe vonese ΔT_0 dhe vazhdojnë me intervale kohe konstante deri në momentin që ndryshimi i tensionit futet brenda zonës së mos veprimit, ose deri në limitet e veprimit të paisjes.

Formula e përgjithëshme për llogaritjen e kohës së vonesës për veprimin e parë llogaritet me formulën e më poshtëme:

$$\Delta T_k = T_{d0} \frac{d}{|U_2 - U_2^0|} + T_{f0} + T_m \quad (60)$$

Ku T_{d0} , T_{f0} janë respektivisht vlera e kohës inverse dhe vonesa e qëllimshme për veprimin e paisjes. Veprimet pasuese realizohen në intervale me kohë konstante me $T_d = 0$ nga

ekuacioni (59). Në mënyrën e veprimit jo sekuenciale të paisjeve të rregullimit të tensionit nuk kemi diferencë në kohën e veprimit të parë dhe atyre pasues, koha fillon të matet kur vlera e tensionit del jashtë zonës së mos veprimit, ose pasi është kryer një rregullim. Në këtë mënyrë të gjitha kohët e vonësës jepen nga e njëjta formulë 59).

4.3.3 Paisjet e rregullimit të tensionit nën ngarkesë në mënyrë të vazhdueshme

Modeli i vazhdueshëm i këtyre paisjeve bazohet në supozimin e ndryshimit të vazhdueshëm të $r(t)$, e cila mund të marri të gjitha vlerat ndërmjet $r^{\min}$ dhe $r^{\max}$. Zakonisht efekti i zonës së mos veprimit neglizhohet në modelin e këtyre paisjeve, nga sa thamë rrjedh ekuacioni diferencial i më poshtëm.

$$T_e \dot{r} = U_2 - U_2^0 r^{\min} \leq r \leq r^{\max} \quad (61)$$

Vëmë re se kur përdorim ekuacionin e më sipërm paisja modelohet si rregullator integral. Modeli i vazhdueshëm i këtyre paisjeve është më pak i sakt se ai diskret, por ai është një përafrim i dobishëm, sidomos i përdorëshëm për qëllime studimi. Ky model zakonisht përdoret kur koha e simulimit është e kufizuar.

Modeli i shprehur me ekuacionin e më sipërm është një përafrim me $T_f = T_m = 0$, në cdo rast konstantja e kohës T_c llogaritet [43] si më poshtë:

$$T_c = \frac{T_a d}{\Delta r} \quad (61)$$

Në praktik zakonisht mund të merret një konstante kohe e vogël për të kompesuar vonesat e pa shmangshme të veprimit mekanik T_m .

4.3.4 Rirregullimi i ngarkesës nëpërmjet paisjeve të rregullimit të tensionit nën ngarkesë

Rirregullimi i ngarkesës nëpërmjet këtyre paisjeve është indirekt: kur paisja vepron për të rregulluar tensionin e anës së shpërndarjes V_2 rreth vlerës referencë V_2^0 , fuqia e ngarkesës, e cila në përgjithësi varet nga tensioni në nyje, gjithashtu dhe fuqia rregullohet. Analiza e dinamikës së këtyre paisjeve thjeshtësohet nga fakti se këto paisje janë me veprim të ngadaltë. Gjatë studimit të qëndrueshmërisë ne mund të zëvendësojmë gjeneratorin dhe motorët me ekuacionet e regjimeve të vendosura. Në këtë mënyrë dinamikat e këtyre paisjeve janë vetmet që duhen të merren në konsideratë.

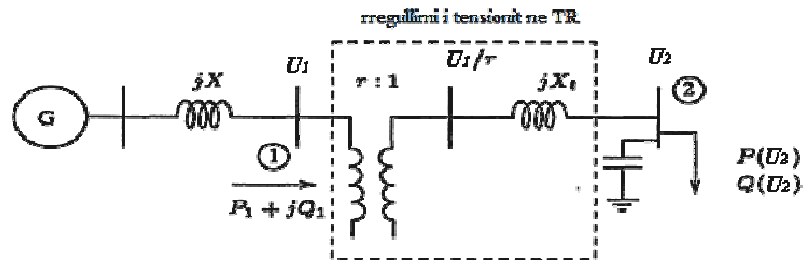


Figura 23. Skema gjenerator – linjë – paisja rregulluese e tensionit

Do ta ilustrojmë stabilizimin e ngarkesës nëpërmjet paisjeve të rregullimit të tensionit nën ngarkesë nëpërmjet një sistemi të thjeshtë të treguar në figuren 2.18, e cila konsiston në një gjenerator që ushqenë një transformator të paisur me rregullator të tensionit nën ngarkesë nëpërmjet një linje transmetimi. Transformatorin dhe paisjen e rregullimit të tensionit i kemi

paraqitur si element ideal të lidhur në seri me rezistencën e dispersionit. Humbjet në bakër në pësjtjellat e TR i neglizhojmë për thjeshtimin e relacioneve matematike që do të shprehim më poshtë. Dy karakteristikat e rrjetit $P_1 U_1$ të cilat shprehin lidhjet ndërmjet tensionit U_1 dhe fuqisë të marrë nga transformatori P_1 janë vizatuar në figurën 24. Karakteristikat janë vizatuar për vlera të ndryshme të rezistencës së linjës X. Duke marrë në konsideratë karakteristikat e ngarkesës të para nga primari i transformatorit. Supozojmë një lidhje ndërmjet tensionit dhe ngarkesës që na jepë fuqinë e ngarkesës në varësi të tensionit të ngarkesës:

$$P = P(U_2)$$

$$Q = Q(U_2)$$

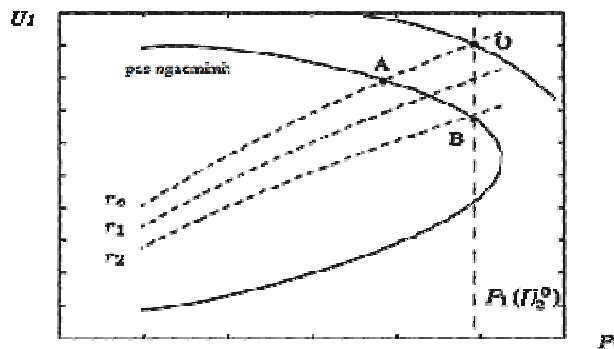


Figura 24. Diagrama P-U e skemës gjenerator – linjë – paisja rregulluese e tensionit

Tensioni nga ana e ngarkesës U_2 lidhet me U_1 nëpërmjet ekuacionit të më poshtëm:

$$\left(\frac{U_1}{r}\right)^2 = \left[V_2 + \left(\frac{Q(U_2)}{U_2} - BU_2\right)X_t\right]^2 + \left[\frac{P(U_2)X_t}{U_2}\right]^2 \quad (62)$$

Fuqia aktive dhe reaktive P_1 , Q_1 e marrë nga transformatori ideal i figurës 22 përbëhet nga fuqia e ngarkesës, plus humbjet reaktive në rezistencën e dispersionit X_t , minus kompensimin reaktiv i cili gjithashtu është një funksion i U_2 :

$$P_1 = P(U_2) \quad (63)$$

$$Q_1 = Q(U_2) + \frac{P(U_2)^2 + Q(U_2)^2}{U_2^2} X_t - BU_2^2 \quad (64)$$

Tashmë mund të eliminojmë U_2 duke përdorur ekuacionin (62) që të përfitojmë varësinë e P_1 , Q_1 si funksione të U_1/r :

$$P_1 = P(U_1/r) \quad (65)$$

$$Q_1 = Q(U_1/r) \quad (66)$$

Kjo jepë karakteristikat e ngarkesës gjat procesit kalimtar në varësi të vlerës së koeficientit të transformimit r . Nqs r ndryshon, po ashtu ndryshon dhe karakteristika e ngarkesës. Tre karakteristika të ngarkesës gjatë procesit kalimtar janë ndërtuar në figurën 23 me vlera të koeficientit të transformimit r ($r_0 > r_1 > r_2$).

Një tjetër karakteristik e ngarkesës mund të nxirret kur U_2 ristabilizohet në vlerën reference U_2^0 , në këtë rast ngarkesa do të konsumojë një fuqi aktive dhe reaktive konstante që jepet nga ekuacionet (63) dhe (64) ku U_2 zëvendësohet nga tensioni referenc U_2^0 . Meqënëse kjo vlerë është e pa varur nga U_1 , fuqia e ngarkesës është treguar në figurën 23 si një vijë vertikale

me vija të ndërprera. Kjo është karakteristika e ngarkesës për regjime të vendosura e parë nga ana e primarit të transformatorit. Vëmë re se fuqia aktive dhe reaktive janë konstante në karakteristikën e ngarkesës për regjime të vendosura, ndërsa tensioni i primarit U_1 ndryshonë me variablin r . Për të ilustruar punën e paisjeve të rregullimit të tensionit nën ngarkesë, supozojmë se pika fillestare e punës është pika O e treguar në figurën 23, kur ndodhë një ngacmim karakteristik i sistemit kalonë në karakteristikën pas ndodhjes së ngacmimit. Tensioni primar U_1 fillimisht do të bjerë gjatë karakteristikës të procesit kalimtar të këtyre paisjeve për vlerën e dhënë $r = r_0$ nga pika O në pikën A. Në këtë pikë fuqia e konsumuar nga ngarkesa do të jetë më e vogël se ajo që i korrespondonë U_0^2 , që do të thotë që $U_2 < U_0^2$. Nga momenti që U_2 është më i vogël se referenca, paisja do të reagojë duke zvogëluar koeficientin e transformimit në bazë të ekuacionit të shprehur më sipër, në këtë mënyrë duke rritur tensionin në anën sekondare. Kjo gjë do të ndryshojë karakteristikën e ngarkesës gjatë procesit kalimtar, dhe pika e punës do të zhvendoset tashme në karakteristikën e sistemit pas procesit kalimtar, deri në një pikë të re pune në afërsi të pikës B, ku karakteristika për regjime të vendosura ndërpret karakteristikën e sistemit. Vëmë re se gjatë këtij procesi paisja ristabilizonë tensionin dhe fuqinë e ngarkesës. Sa thamë më sipër i korrespondonë veprimeve të qëndrueshme të paisjeve të rregullimit të tensionit nën ngarkesë.

4.3.5 Paisjet e rregullimit të tensionit nën ngarkesë me disa nivele

Në shumë sisteme elektrike të fuqisë transformatorët që lidhin nivelet e ndryshme të tensionit janë të paisur me paisjet e rregullimit të tensionit nën ngarkesë. Në këtë pjesë ne do të studiojmë dinamikën që ndodhin në lidhjen në kaskade të paisjeve të rregullimit të tensionit. Marrim në konsideratë sistemin e thjeshtë radial të figurës 25. Kur zvogëlohet koeficienti transformimit r_1 në nivelin e tensionit STL/TL, të dyja tensionet e kontrolluara tensioni lart U_H dhe tensioni mesëm U_M marrin vlera më të larta. Megjithatë, kur zvogëlohet koeficienti transformimit r_2 në nivelet e tensionit TL/TM në mënyrë që të ngrëjë U_M , tensioni i lart i transmetimit U_H gjithashtu zvogëlohet.

Në bazë të arsyetimeve të mësipërme kordinimi i veprimit të paisjeve të rregullimit të tensionit nën ngarkesë në dy nivele realizohet duke bërë veprimin e paisjes në tensionin STL/TL më të shpejtë se të nivelit TL/TM[44]. Në përgjithësi ky kordinim do të rezultojë në veprime më efikase. Koha e vonësës e futur në mënyrë të qëllimshme për veprimin e parë të paisjes në tensionin TL/TM zakonisht janë 20-40 sekonda më të madhe se ajo e nivelit të tensionit STL/TL. Kjo llogjikë kordinimi zbatohet dhe rastin kur kemi dhe më shumë se dy nivele rregullimit të tensionit duke bërë më të ngadaltë veprimin e paisjeve sa më shumë i afrohem konsumatorit.

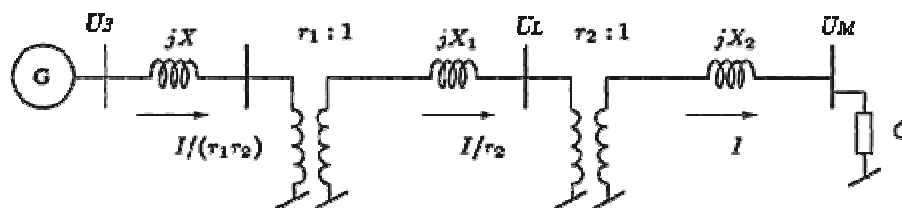


Figura 25. Sistemi radial me dy transformatorë të paisur me LTC

Një aspekt i rëndësishëm i dinamikës së veprimit të paisjeve të rregullimit të tensionit me disa nivele është se rirregullimi i tensionit kur kemi veprim të njëkohëshëm të paisjeve mund të lindë një proces kalimtar i luhatës[44][45]. Në rastin konkret të treguar në figurën 24 luhatjet mund të rriten, kur paisja në nivelin STL/TL dështon në sjelljen e tensionit nga ana e ngarkesës (TM) brenda zonës së mosveprimit para se paisja në nivelin e tensionit TL/TM të fillojë të veprojë.

Për të bërë më të sigurt veprimin e paisjeve të rregullimit të tensionit në ngarkesë në bazë të shembullit të marrë në shqyrtimë veprimin e paisjeve në nivelin TL/TM duhet të kenë një kohë veprimi të marrë nga tabeta 5 në kolonën e parë për këtë nivel tensioni. Ngacimi i simuluar është një rritje prej 20% e e përcjellshmërisë së ngarkesës G në kohën $t = 5\text{sek}$. Sic shihet në figurën 26, paisjet rregulluese të tensionit në nivelin STL/TL janë në gjendje të ristabilizojnë të dy tensionet në zonat përkatëse të mosveprimit (e supozuar në rastin përkatës në diapazonin 0.99 deri në 1.01 njr) me vetëm 5 hapa rregullimi, përpara se paisjet rregulluese të një niveli më të ulët tensioni të hyjnë në veprim.

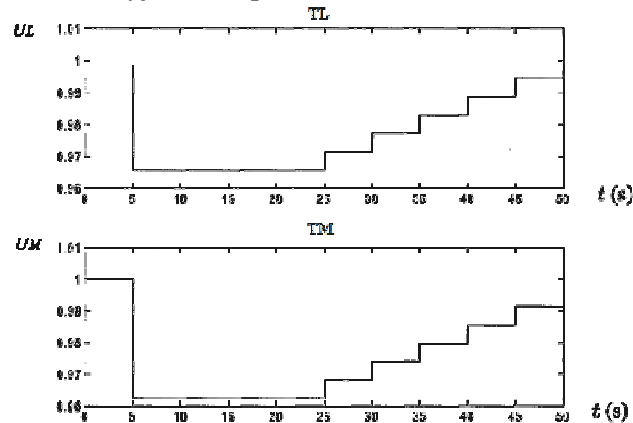


Figura 26. Përgjigja e dy paisjeve rregulluese të tensionit me veprim të shpejtë

Në rast se përdorim të dhënat e kolonës së tretë të tabelës 5 do të kemi përgjigje luhatëse. Siç shihet në figurën 27, niveli i parë i paisjeve rregulluese të tensionit nuk është në gjendje të stabilizojë tensionin në zonën e mosveprimit përpara se të hyj në veprim niveli i dytë i katyre paisjeve për $t = 50\text{sek}$. Kështu paisjet po veprojnë kundrej njera tjetrës nga ky moment dhe do të vazhdojnë deri në momentin kur TM të hyjë në zonën e mosveprimit në kohën $t = 60\text{sek}$.

Tabela 5. Parametrat e LTC me dy nivele

Rasti	Veprim i shpejt i paisjeve		Përgjigje luhatëse	
Niveli i tensionit	STL / TL	TL / TM	STL / TL	TL / TM
$T_{f0} + T_m(s)$	20	50	30	45
$T_f + T_m$	5	10	10	10
Ndryshimi shkallë (5)	0.625	0.625	0.625	1.125

Pas kësajë, r_1 bën dhe tre hapa rregullimi derisa dhe V_H të kthehet në zonën e mosveprimit. Ndërsa, gjat kësaj kohe, V_M ka dalë nga zona e mosveprimit, kështu që r_2 duhet të rrisi përsëri V_M sic shihet në figurën 26.

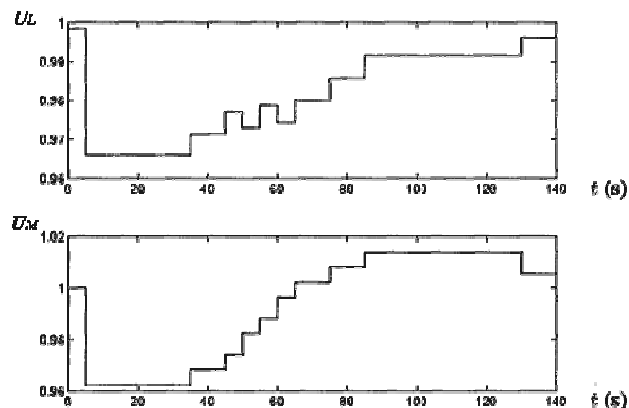


Figura 27. Përgjigja e dy paisjeve rregulluese të tensionit me veprim të ngadaltë

4.4 Modelimi i Ngarkesave të Komanduara nga Termostat

Varësia e ngarkesës nga tensioni mund të ndryshojë me kalimin e kohës dhe mund të shfaqë tendencën e ristabilizimit të ngarkesës. Një kategori tipike e këtyre ngarkesave vetrregulluese janë paisjet e komanduara nga termostetet, të cilët janë të përdorur në të gjitha paisjet ngrohëse. Domethënia e ngarkesave termostatike në ristabilizimin e qëndrueshmërisë së tensionit është trajtuar shumë herë nga autorë të ndryshëm në publikime të mëparshme[46][37][47].

Le të marrim në konsideratë n njësi faktorë fuqie, paisje me përciellshmëri konstante, të komanduar nga termostatë të ndryshëm dhe të lidhur në paralel, si në figurën 4.23.

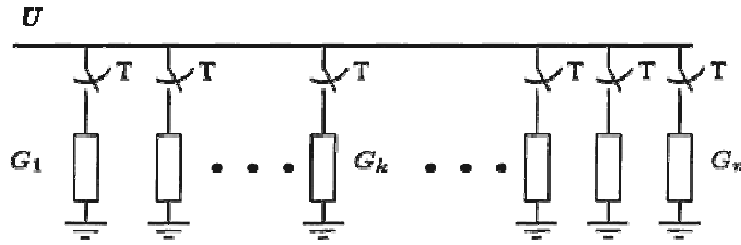


Figura 27. Paisjet e komanduara nga termostatë në paralel

Çdo ndryshim përcakton ciklet e punës së paisjes, që zakonisht zgjatë për disa minuta, kështu që energjia mesatare e konsumuar gjatë cdo cikli është e barabartë me energjinë e nevojshme për të mbajtur temperaturën e kërkuar nën kushtet e caktuara të motit. Shënojmë fuqinë e kërkuar nga komponenti k -të me P_k dhe mund të shkruajmë:

$$P_k = f_k G_k U^2 \quad (67)$$

ku $0 < f_k < 1$ është cikli i punës, që tregon përqindjen e kohës që paisja punon gjatë një cikli. Cikli i punës është treguar në figurën 28.

Ekuacioni i më sipërm (67) përdoret kur fuqia e kërkuar nuk e tejkalon fuqinë maksimale që mund të merret për tensionin U , nën kushtet:

$$P_k \leq G_k U^2 \quad (68)$$

Në disa raste mund të ndodhë që kushti i më sipërm mund të shkelet pas një rënie të ndieshme të tensionit, në një rast të tillë paisja qëndron në punë në mënyrë të vazhdueshme duke pasur një $f_k = 1$.

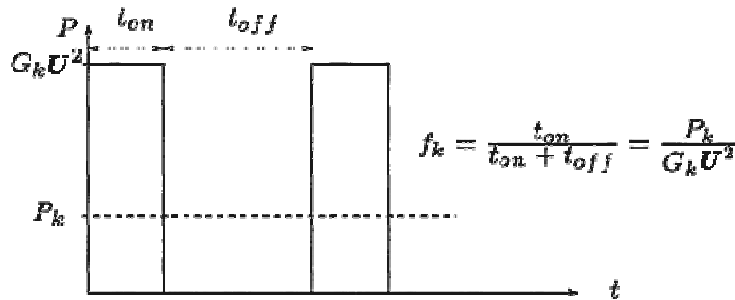


Figura 28. Ciklet e punës së termostatëve

Vëmë re se parametri i ciklit të punës f_k e përkufizuar më sipër jep gjithashtu probabilitetin që paisja e k -të të jetë në punë në një moment të caktuar të ciklit të punës. Kështu fuqia mesatare e konsumuar nga të gjitha paisjet në kohën t jepet nga karakteristika e procesit kalimtar të ngarkesës:

$$P_t(U) = \sum_{k=1}^n f_k(t) G_k U^2 \quad (69)$$

Duke supozuar një vlerë fillestare të tensionit U_0 , i tillë që të rrjedhi nga ekuacioni (68), fuqia totale e marrë nga të gjitha paisjet është:

$$P_0 = \sum_{k=1}^n P_k = \sum_{k=1}^n f_{k0} G_k U_0^2 \quad (70)$$

ku $f_{k0} < 1$ për çdo k .

Një zvogëlim i tensionit nga U_0 në U në kohën $t = 0$ do të rezultojë në një zvogëlim të menjëherëshëm të fuqisë së konsumuar nga paisja që ishte në punë në momentin e ngacmimit. Me kalimin e kohës paisjet e punës do të qëndrojnë në gjendjen on për një kohë më të gjatë, ndërsa variabli që tregon kohën e ciklit të punës $f_k(t)$ do të rritet deri në momentin që të përmbushet ekuacioni (67) ose derisa të arrihet vlera maksimale 1. Duke marrë në konsideratë vlerën e fiksuar:

$$\mathcal{L}(U) = \{k, \text{ të tillë që } P_k > G_k U^2\}$$

Kjo vlerë e fiksuar është një tregues për paisjet që nuk janë në gjendje të ristabilizojnë fuqinë e tyre për tensionin e rrjetit U . Fuqia mesatare e konsumuar nga të gjitha paisjet në regjime të vendosur, pas shfaqjes së tensionit të ri është:

$$P_s(U) = \sum_{k=1}^n f_k(\infty) G_k U^2 = \sum_{k \notin \mathcal{L}} P_k + U^2 \sum_{k \in \mathcal{L}} G_k \quad (71)$$

Në mënyrë të qartë mund të vërehet se kjo fuqi është më e vogël se P_0 dhe paisja është e pa aftë të ristabilizojë fuqinë e nevojëshme. Me uljen e tensionit, sa më shumë paisje do të qëndrojnë në punë për një kohë më të gjatë, deri në një moment kur ulja e tensionit do të shkaktojë që të gjitha paisjet që qëndrojnë gjatë gjithë kohës në gjendjen on.

Përgjigja dinamike e ngarkesave termostatike mund të formulohet si një përciellshmëri ekuivalente që ndryshonë në kohë:

$$T_L \dot{G} = P_0 / U^2 - G \quad (72)$$

ku T_L është konstantja e kohës që tregon ristabilizimin e ngarkesës (zakonisht është e rendit të disa minutave). Ekuacionit të mësipërm diferencial duhet ti shtojmë kufizimin e mëposhtëm:

$$G \leq G_{\max}(U) \quad (73)$$

Ku:

$$G_{\max}(U) = \frac{P_s(U)}{U^2} = \sum_{k=1}^n f_k(\infty) G_k \quad (74)$$

Dhe varet nga koha e punës në një cikël ku koha e punës varet nga niveli i tensionit U . Vlera ekstreme e $G_{\max}(U)$ arrihet kur te gjitha paisjet janë në punë gjatë gjith ciklit, në një rast të tillë $G_{\max}$ është shuma e të gjitha përciellshmërive. Në përgjithësi:

$$G_{\max}(U) \leq \sum_{k=1}^n G_k \quad (75)$$

Për shkak të mungesës së të dhënave varësinë e $G_{\max}$ nga U e neglizhojmë. Fuqia totale e ngarkesës në cdo moment të kohës jepet nga:

$$P = GU^2 \quad (76)$$

KAPITULLI III

METODAT E ANALIZËS SË QËNDRUESHMËRISË SË
TENSIONIT

Në vitet e fundit, kërkesat për energji nëpër botë dhe veçanërisht në Shqipëri është rritur me shpejtësi për shkak të rritjes të kërkesës së konsumatorëve, ndërsa zhvillimi në sistemin e transmetimit është mjaft i ngadalshëm. Kjo situatë e ngarkon sistemin e transmetimit dhe qëndrueshmëria e tensionit bëhet një çështje e rëndësishme në këtë aspekt [48]. Në mbarë botën janë raportuar shumë situata të cilat kanë sjell ortek të tensionit [42][49][50].

Si tregues për një ortek të mundëshëm të tensionit është zvogëlimi i shpejtë i magnitudës së tensionit. Megjithatë, magnituda e tensionit në vetvete nuk mund të jetë një tregues i mirë për të treguar distancën nga orteku i tensionit [51]. Kështu problemi i paqëndrueshmërisë së tensionit është zgjidhur me metoda të ndryshme, të cilat kryesisht mund të dallohen në dy grupe: metodat statike dhe dinamike [48].

Metodat e kurbave P-U apo U-Q është shumë e përdorur si një mjet për të vlerësuar kufirin e qëndrueshmërisë statike të tensionit të një sistemi elektroenergjetik[42][49][52]. Distanca ndërmjet zgjidhjeve të qëndrueshme dhe të paqëndrueshme të kurbave P-U është përdorur gjithashtu [53][54] për të krijuar disa tregues të qëndrueshmërisë së tensionit. Referenca [55] përcaktoi një kufi të qëndrueshmërisë së tensionit në planin P-Q duke eliminuar termin e tensionit nga kurbat P -U dhe U-Q. Metodat kërkojnë llogaritjen e zgjidhjeve të shumëfishta të shpërndarjes së flukseve të fuqisë për ngarkesa dhe/ose kushte fillestare të ndryshme. Kufiri i qëndrueshmërisë së tensionit i gjetur nga disa nga metodat, duke përdorur informacionin e sistemit në nivele më të ulëta të ngarkesës, është vërejtur të jetë shumë larg nga vlera korresponduese [56][57]. Karakteristika jolineare e treguesve është arsyeja kryesore e mospërputhjes së mësipërme. Referencat [58][10] përdoren vlerat vetjake minimale të matricës Jakobiane të shpërndarjes së flukseve të fuqisë si një masë e distancës nga orteku i tensionit. Në pikën e ortekut të tensionit, matrica Jakobiane bëhet singular dhe kështu vlerat vetjake më të vogla shkojnë drejt zeros. Koncepti i funksionit të energjisë është përdorur në [59][60] që të krijojë një tregues të qëndrueshmërisë së tensionit. Referencat [56][57][61][62] përdorën një qark të thjeshtë ekuivalent, të përfutur duke zbatuar konceptin e teoremës së Thevenin-it, për të vlerësuar kufirin e qëndrueshmërisë së tensionit të një sistemi elektroenergjetik. Disa nga metodat e mësipërme kërkojnë informacione të përgjithëshme[53][54][59][60] duke e rënduar shumë programin kompjuterik ndërsa metodat e tjera kërkojnë vetëm disa informata lokale dhe janë më thjeshta për tu llogaritur[57][62][63][64].

Në këtë punim ne jemi përqëndruar në analizën e qëndrueshmërisë së tensionit me metoda statike. Kjo nisur nga avantazhet që ato kanë kundrejt atyre dinamike

- ☐ lejojnë kontrollin e një shkalle të gjerë të kushteve të sistemit dhe,
- ☐ nëse përdoren në mënyrë të përshtatshme, mund të depërtojnë më shumë në natyrën e problemit dhe identifikojnë faktorët kryesorë kontribues.

Analiza e qëndrueshmërisë statike të tensionit për një regjim të caktuar të sistemit kërkon shqyrtimin e dy problemeve:

- (a) Afersia e pikës së punës me paqëndrueshmërinë e tensionit: sa afër është sistemi me pikën e paqëndrueshmërisë së tensionit? Distanca nga paqëndrueshmëria mund të matet në termatë madhësive fizike, si niveli i ngarkimit, fluksi i fuqisë aktive kundrejt ndërfaqeve kritike, dhe rezerva e fuqisë reaktive. Matja më e përshtatshme për çdo situatë varet nga sistemi dhe nga qëllimi i përdorimit të margin; për shembull, vendimet e

planifikimit kundrejt operimit. Rëndësi i duhet dhënë të paprituravetë mundëshme (këputje e linjave, humbja e njësive gjeneruese ose e burimeve të fuqisë reaktive, etj.).

- (b) Mekanizmi i qëndrueshmërisë së tensionit: si dhe pse ndodh paqëndrueshmëria? Cilët janë faktorët kyç që ndikojnë në paqëndrueshmëri? Cfarë janë zonat me tension më të ulët? Cfarë madhësish janë më efektivet në përmirësimin e qëndrueshmërisë së tensionit?

Simulimet në zonën e kohës, ku janë marrë parasysh modelet përkatëse, kap ngjarjet dhe kronologjinë e tyre që çon drejt paqëndrueshmërisë. E megjithatë, këto simulime janë kosumatore-kohe dhe nuk të mundësojnë informacion mbi ndjeshmërinë dhe shkallën e qëndrueshmërisë.

Dinamikat e sistemit që influencojnë në qëndrueshmërinë e tensionit zakonisht janë të zbutura. Kështu, shumë aspekte të problemit mund të analizohen efektivisht përmes përdorimit të metodave statike, të cilat kontrollojnë realizueshmërinë e pikës së ekuilibrit që përfaqësohet në sistem përmes një kushti pune të mirëpërcaktuar. Teknikat e analizës statike lejojnë kontrollin e një shkalle të gjerë të kushteve të sistemit dhe nëse përdoren në mënyrë të përshtatshme, mund të depërtojnë më shumë në natyrën e problemit dhe të identifikojë faktorët kryesorë kontribues. Analiza dinamike, nga ana tjetër, është me vlerë për studime më të detajuara të situatave specifike të ortekut të tensionit, kordinimit të mbrojtjes dhe kontrollit, dhe testimit të masave rregulluese. Simulimet dinamike gjithashtu shqyrtojnë nëse do të arrihet dhe si pika e ekuilibrit.

1. QËNDRUESHMËRIA E TENSIONIT PËR NJE SISTEM TË THJESHTË ME DY NYJE

Konceptet bazë të qëndrueshmërisë së tensionit mund të shpjegohen me një sistem të thjeshtë me vetëm dy nyje të treguar në figurën 1.

Ngarkesa është konstante. Madhësia e fuqisë reale që transferohet nga nyja 1 te nyja 2 jepet përmes [65],

$$P = \frac{EU}{X} \sin \delta \quad (1)$$

Madhësia e fuqisë reaktive që transferohet nga nyja 1 te nyja 2 jepet përmes,

$$Q = -\frac{U^2}{X} + \frac{EU}{X} \cos \delta \quad (2)$$

ku

$E = E \angle \delta$ është tensioni në nyjen 1,

$U = U \angle 0$ është tensioni në nyjen 2,

X = impedancë e linjës (duke neglizhuar resistencën),

δ = këndi i fuqisë.

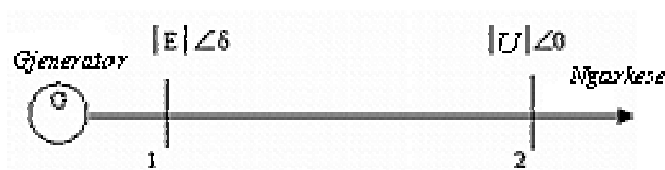


Figura 1. Sistemi test me dy nyje

Duke normalizuar termat në formulat (1) dhe (2) me $u = U/E$, $p = P * X/E^2$ dhe $q = Q * X/E^2$, përfitohet,

$$p = u \sin \delta \quad (3)$$

$$q = -u^2 + u \cos \delta \quad (4)$$

Duke ngritur në katror dy ekuacionet e mësipërme dhe rirenditur ato përfitohet,

$$u^2(\sin^2 \delta + \cos^2 \delta) = p^2 + (q + u^2)^2$$

$$\text{ose,} \quad u^4 + u^2(2q - 1) + (p^2 + q^2) = 0 \quad (5)$$

Zgjidhjet reale positive të u nga (5) jepen përmes,

$$u = \sqrt{\frac{1}{2} - q \pm \sqrt{\frac{1}{4} - p^2 - q}} \quad (6)$$

një plotim i u në planin p - q - u tregohet në figurën 2 [65]. Në korrespondencë të çdo pikë (p, q) , ka dy zgjidhje për tensionin, njëra është për tensionin e lartë ose zgjidhja e qëndrueshme, e cila është edhe tensioni real në nyje, dhe tjetra është vlera e ulët e tensionit ose zgjidhja e paqëndrueshme. Ekuadori, përgjatë të cilit dy zgjidhjet e u janë të njëjta, përfaqësojnë pikat me fuqi maksimale. Duke u nisur nga një pikë e çfarëdoshme pune në pjesën e sipërme të sipërfaqes, një rritje në vlerën e p ose q ose e të dyjave e çon sistemin më afër pikës me fuqi maksimale. Një rritje e vlerës së p ose q përtej pikës me fuqi maksimale e çon tensionin drejt paqëndrueshmërisë.

Diskutimi paraprak ilustron paqëndrueshmërinë e tensionit që shkaktohet nga një rritje në ngarkimin e sistemit. Në një sistem me fuqi reale, paqëndrueshmëria e tensionit shkaktohet nga një kombinim i disa faktoreve shtesë të cilët përfshijnë kapacitetin transmetues të rrjetit, fuqinë reaktive të gjeneratorëve dhe kontrollin limeteve të tensionit, ndjeshmëria e tensionit për ngarkesat, karakteristikat e pajisjeve të kompensimit, veprimi i pajisjeve të kontrollit të tensionit të tillë si transformatorët me ndryshim tensioni nën ngarkesë etj.

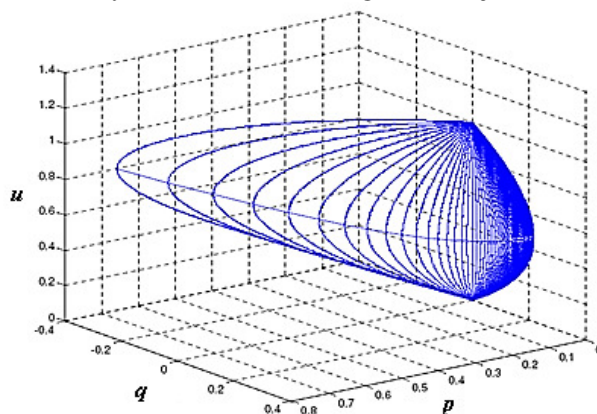


Figura 3. Variacioni i tensionit të nyjes me ngarkesë aktive dhe reaktive për sistemin test me 2-nyje

2 ANALIZA STATIKE

Rikujtojmë se ekuacionet e plota të sistemit mund të shprehen në formën e përgjithëshme përmes një sistemi ekuacionesh diferenciale të rendit të parë, që mund të shprehen në formë të përgjithëshme:

$$\dot{x} = f(x, U) \quad (7)$$

Dhe një grup ekuacionesh algebrike:

$$I(x, U) = Y_N U(8)$$

Me një grup kushtesh fillestare të njohura (x_0, U_0) , ku

x = vektorigjendjes pwr sistemin

U = vektoritensionit twnyjeve

I = vektorirrymwsswinjektuar

Y_N = matricaeadmitancavetwnyjetwrrjetit

Analiza statike kap momente(*snapshots*) të kushteve në të cilat ndodhet sistemi për kufijë kohorë të ndryshëm përgjatë gjithë trajektores së zonës së kohës. Në secilin prej këtyre kufijëve kohorë, derivatet kohorë të variablave të gjendjes(p.sh. $\dot{x}$) në ekuacionin(7) pranohet i barabartë me zero, dhe variablat e gjendjes marrin vlerat përkatëse sipas kufijëve kohorë. Për rrjedhojë, ekuacionet e sistemit reduktohen në ekuacione algebrike duke lejuar kështu përdorimin e teknikave të analizës statike.

Në të shkuarën, njësitë industriale kanë pasur një varësi të madhe të programeve tradicionale për shpërndarjen e flukseve dhe analizën statike të qëndrueshmërisë së tensionit. Qëndrueshmëria përcaktohet përmes llogaritjes së kurbave P-U dhe Q-U për nyjet e ngarkesës të zgjedhura. Zakonisht, kurba të tilla gjenerohen pas ekzekutimit të një numri të madh të flukseve të fuqisë duke përdorur metodat tradicionale. Ndërkohë që procedura të tilla mund të automatizohen, pasi ato kërkojnë kohë dhe nuk japin informacion të dobishëm mbi shkaktarët e problemeve të qëndrueshmërisë. Për më tepër, këto procedura fokusohen në zbara të veçanta; që do të thotë se, karakteristikat e qëndrueshmërisë përftohen duke ngacmuar secilën nyje të sistemit në mënyrë të veçantë. Kjo mënyrë mund të deformatë jorealisht kushtet e qëndrueshmërisë së sistemit. Gjithashtu, zbarat për llogaritjen e kurbave P-U dhe U-Q duhet të zgjidhen me kujdes, dhe mund të nevojitet një numër i madh kurbash të tilla për të përfutur një informacion të plotë. Në fakt, mund të mos jetë e mundur të gjenerohen plotësisht kurbat U-Q për shkak të divergjencës së fluksevetë fuqisë që shkaktohet nga problemet e pranishme në sistem.

Një numër teknikash janë propozuar në literaturë për analizën e qëndrueshmërisë së tensionit[36]. Në përgjithësi, ato nuk kanë gjetur përdorim të gjerë në zbatimet praktike.

Analiza modale [10][21] është përdorur gjerësisht në analizën e qëndrueshmërisë së tensionit në sisteme si dhe analiza e ndjeshmërisë U-Q. Avantazhi i këtyre dy metodave është se ato japin informacion në lidhje me qëndrueshmërinë e tensionit nga një *perspektivë e gjerë e sistemit* dhe identifikojnë qartësisht zonat më problematike. Metoda e analizës modale ka avantazhin tjetër se jep informacion në lidhje me *mekanizmin* e paqëndrueshmërisë. Arsyeja pse do të shohim analizën e ndjeshmërisë U-Q është se shërben si një prezantues i mirë i analizës modale.

2.1 Metoda e Kurbave P-U

Kjo është një nga metodat më të përdorura në analizën e qëndrueshmërisë së tensionit. Përmes saj përcaktohet kufiri maksimal i fuqisë aktive përpara se të ndodhë paqëndrueshmëria e tensionit. Për sistemet radiale, tensioni i nyjes kritike monitorohet kundrejt ndryshimeve që ndodhin në konsumin e fuqisë reaktive. Për rrjete të mëdha unazore, P përfaqëson ngarkesën e plotë aktive dhe U përfaqëson tensionin e nyjes kritike.

Për një sistem të thjeshtë me dy nyje siç tregohet në Figurën 1, ekuacioni (6) jep zgjidhjen reale për u_2 ,

$$(1 - 4q - 4p^2) \geq 0$$

Duke supozuar një faktor fuqie të ngarkesës konstant të tillë që $q/p = k$ (konstant), mosbarazimi mund të shprehet si,

$$p \leq \frac{1}{2} ((1 + k^2)^{1/2} - k) \quad (7)$$

Për vlerat e 'p' që kënaqin (7), ka dy zgjidhje për u si në vijim:

$$u_1 = \left(\frac{1}{2} - pk + \left(\frac{1}{4} - pk - p^2\right)^{1/2}\right)^{1/2} \quad (8)$$

dhe

$$u_2 = \left(\frac{1}{2} - pk - \left(\frac{1}{4} - pk - p^2\right)^{1/2}\right)^{1/2} \quad (9)$$

Për vlera reale për u_1 dhe u_2 , termat brenda rrënjës katrore duhet të jenë pozitivë.

$$\text{Kështu që,} \quad \left(\frac{1}{2} - pk - \left(\frac{1}{4} - pk - p^2\right)^{1/2}\right)^{1/2} \geq 0 \quad (10)$$

ose, $p^2(k^2 + 1) \geq 0$

i cili është gjithmonë i vërtetë.

Kështu (7) është mosbarazimi prej të cilit përcaktohet vlera maksimale për p . Duke e përfaqësuar ngarkesën me faktor fuqie konstante, me një faktor fuqie të zgjedhur në mënyrë të përshtatëshme, kufiri i fuqisë aktive mund të llogaritet nga (7). Për vlera të ndryshme të faktorit të fuqisë, p.sh për vlera të ndryshme korresponduese të 'k', vlerat e normalizuara të fuqisë aktive të ngarkesës jepen në figurën 4.

Në praktikë, është e mundur të gjendet ekuivalentja e çdo sistemi sipas Teveninit kundrejt nyjes që është marrë në konsideratë. Duhet theksuar se gjeneratorët riprogramohen për çdo ndryshim të ngarkesës. Disa prej gjeneratorëve mund të arrijnë limitin e fuqisë reaktive. Topologjia e rrejtit mund të pësojë ndryshime kundrejt nyjes kritike, me ndryshimin e ngarkimit të tij, duke zvogëluar kështu saktësinë e kësaj metode. Kjo metodë është mjaft efektive në rastin e një nyje me fuqi infinit dhe një skenar të izoluar ngarkese.

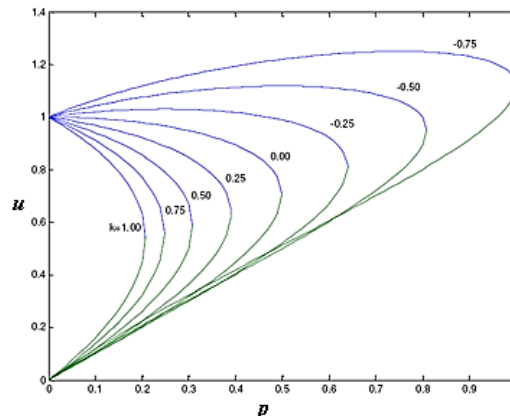


Figura 4. Kurbat P-U për sistemin test me 2 nyje

Rimarrim në shqyrtim kurbën P-U të përmendur në kapitullin e parë.

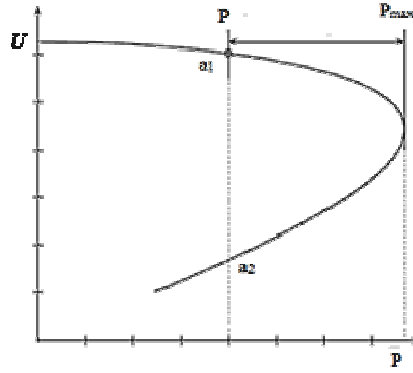


Figura 5. Kurba P-U

Kurba P-U është një paraqitje e lidhjes ndërmjet fuqisë aktive dhe tensionit në një nyje të dhënë të sistemit. Me anë të kësaj metode mund të përcaktojmë nëse regjimi i punës në të cilin po operojmë është i qëndrueshëm apo jo. Kështu kushti i qëndrueshmërisë sipas kësaj metode është që:

$$\frac{dP}{dQ} > 0 \quad (11)$$

Pra me fjalë të tjera të jemi në pjesën e sipërme të diagramës, në zonën e regjimeve të punës me tension të lartë e rrymë të vogël. Me anë të metodës mund të përcaktohet gjithashtu dhe rezerva e qëndrueshmërisë statike që jepet nga koeficienti i sigurisë statike:

$$K_{sig} = \frac{P_{max} - P}{P} \quad (12)$$

Nga koeficienti i sigurisë statike mund të gjykojmë për rritjen e qëndrueshmërisë e cila rritet me rritjen e P_{max} dhe me zvogëlimin e P . Ndërsa në rastin kur $P_{max} = P$ kemi që $K_{sig} = 0$. Pra në figurën 5 kemi që pika e ekuilibrit a_1 është statikisht e qëndrueshme ndërsa pika e ekuilibrit a_2 është statikisht e paqëndrueshme, gjithashtu sa më e madhe të jetë diferenca ndërmjet P_{max} dhe P aq më largë jemi nga humbja e qëndrueshmërisë së tensionit. Kurbat P-U janë shumë të përdorura në rastet kur duam të studiojmë nyjet më delikate të sistemit që mund të humbasin qëndrueshmërinë e tensionit si pasojë e shtimit të fuqisë aktive.

2.2 Metoda e Kurbave U-Q

Këto diagrama janë gjithashtu shumë të përdorura pasi paraqesin ndjeshmërinë e vlerave të tensionit në nyje, për fuqi aktive konstante, nga vlera e fuqisë reaktive.

Diagrama ka një kufi qëndrueshmërie e cila është pika a në figurën 6 ku:

$$\frac{dQ}{dU} = 0 \quad (13)$$

Pikat e punës në të djathtë të pikës a janë të qëndrueshme pasi me zvogëlimin e tensionit kemi dhe zvogëlimin e fuqisë reaktive të konsumuar nga ngarkesa. Në këtë zonë pune plotësohet kushti:

$$\frac{dQ}{dU} > 0 \quad (14)$$

Pikat e punës në të majtë të pikës a janë statikisht të paqëndrueshme, pasi me rritjen e fuqisë reaktive do të kemi zvogëlimin e tensionit të nyjes dhe mund të krijohet një situatë e humbjes së qëndrueshmërisë së tensionit në formën e ortekut të tensionit. Ku zvogëlimi i tensionit do të sillte rritjen e fuqisë reaktive të konsumuar dhe kjo fuqi reaktive shtesë do të sillte uljen e mëtejshme të tensionit deri në humbjen e plot të sistemit ose të një pjese të tij.

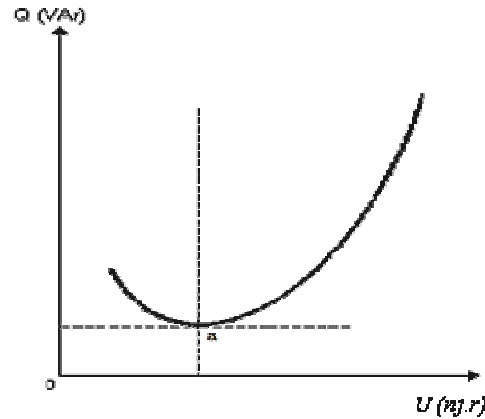


Figura 6. Kurba U-Q

Me anë të kurbave U-Q mund të bëjmë identifikimin e nyjeve të cilat janë më të prirura të humbasin qëndrueshmërinë statike për shkak të fuqisë reaktive, dhe së bashku me diagramat P-U janë një metodë e fuqishme në analizën e qëndrueshmërisë statike të tensionit [H].

2.3 Metoda e Analizës së Ndjeshmërisë U-Q

Metoda e analizës së qëndrueshmërisë mbështetet në metodën e Njuton-Rafson të shkruar në koordinata polare, ku si të pa njohura janë:

$$U_k = |U_k| \angle \delta_k \quad (15)$$

Sistemi i ekuacioneve algjebrike jolineare (8) i cili në formë të linearizuar shpreh lidhjen midis ndryshimit të fuqisë aktive dhe reaktive me ndryshimin e modulit dhe këndit të tensioneve të nyjeve në formë matricore jepet si më poshtë:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_{P\delta} & J_{PU} \\ J_{Q\delta} & J_{QU} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta U \end{bmatrix} \quad (16)$$

Elementët e nënmatricave të koeficientëve $J_{P\delta}$, J_{PU} , $J_{Q\delta}$, J_{QU} japin koeficientët që lidhin ndryshimin e fuqisë aktive dhe reaktive me ndryshimin e modulit dhe këndit të tensioneve të nyjeve. Qëndrueshmëria e tensionit varet si nga fuqia aktive P ashtu dhe nga ajo reaktive Q. Ndërkaq, për thjeshtësi studimi mund të pranojmë që për regjimin e punës së dhënë të pranohet $P = \text{konst.}$ (d.m.th $\Delta P = 0$) dhe vlerësimi i qëndrueshmërisë së tensionit të bëhet në bazë të varësisë Q-U. Duke u mbështetur në arsyetimin e mësipërm ekuacioni (16) për $\Delta P = 0$ shkruhet:

$$[\Delta Q] = [J_R][\Delta U] \quad (17)$$

Ku:

$$[J_R] = [J_{QU} - J_{Q\delta} * J_{P\delta}^{-1} * J_{PU}] \quad (18)$$

Matrica $[J_R]$ është matrica e reduktuar e Jakobianit të sistemit. Nga ekuacioni (17) rezulton:

$$[\Delta U] = [J_R]^{-1}[\Delta Q] \quad (19)$$

Koeficientët e matricës $[J_R]^{-1}$ quhen koeficientët e ndjeshmërisë. Koeficienti diagonal “i” përfaqëson ndjeshmërinë tension-fuqi reaktive të nyjes “i”. Ky koeficient, në rastin e karakteristikës U-Q përfaqëson pjertësinë e kësaj karakteristike në pikën e punës. N.q.s koeficientët e diagonales së matricës $[J_R]^{-1}$ janë pozitiv pika e punës është e qëndrueshme dhe anasjelltas. Sa më të vegjël koeficientët e ndjeshmërisë aq më i qëndrueshëm nga pikëpamja e tensionit është sistemi. Me rritjen e koeficientëve sistemi i afrohet kufirit të qëndrueshmërisë së tensionit, dhe koeficientët marrin vlerën infinit në kufirin e qëndrueshmërisë së tensionit.

2.4 Analiza Modale U-Q[10][66]

Karakteristika e qëndrueshmërisë së tensionit për një sistem elektroenergjetik mund të vlerësohen përmes llogaritjes së vlerave vetjake dhe vektorëve vetjake të matricës së reduktuar Jakobiane(18). fillimisht le të rikujtojmë konceptet mbi vetitë e matricës së sistemit e konkretisht të vlerave vetjake,

a. Vlerat vetjake

Vlerat vetjake të një matrice jepen me anë të vlerave të një parametri skalar λ për të cilin egzistojnë zgjidhje jo zero (d.m.th jo $\phi=0$) të ekuacionit:

$$A\phi = \lambda\phi \quad (20)$$

Ku: A është matricë nxn (me elemente real për një sistem fizik si sistemi elektrik)

Φ është vektor nx1

Për të gjetur vlerat e veta, ekuacioni (20) mund të shkruhet në formën:

$$(A - \lambda I)\phi = 0 \quad (21)$$

Për një zgjidhje jozero, duhet që:

$$\det(A - \lambda I) = 0 \quad (22)$$

Zbërthimi i determinantit jep ekuacionin karakteristik. Zgjidhjet n të $\lambda = \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ janë vlerat e veta të matricës A.

Vlerat vetjake mund të jenë reale ose komplekse. Nëse matrica A është me elemente reale, vlerat e veta komplekse, gjithmonë janë cifte të konjuguara. Matrica të ngjashme kanë vlera të veta identike. Mund të tregohet lehtë që një matricë dhe e transpozuar e sajë kanë të njëjtat vlera të veta.

b. Vektorëtvetjakë

Për çdo vlerëvetjake λ_i , vektori n-kolonë ϕ_i i cili kënaq ekuacionin 20, quhet vektori vetjak i djathtë i matricës A me vlerën e vet λ_i . Prandaj kemi :

$$A\phi_i = \lambda_i\phi_i \quad i=1,2,\dots,n \quad (23)$$

Vektori vetjak ϕ_i ka formën:

$$\phi_i = \begin{bmatrix} \phi_{1i} \\ \phi_{2i} \\ \vdots \\ \phi_{ni} \end{bmatrix}$$

Meqënëse ekuacioni (21) është homogjen, gjithashtu edhe k ϕ_i (ku k është skalar) është një zgjidhje. Prandaj vektorët e vet përcaktohen si një shumfish i një skalari.

Në mënyrë të ngjashme, vektori n -rrjesht ψ i cili kënaq ekuacionin:

$$\psi_i A = \lambda_i \psi_i \quad i=1,2,\dots,n \quad (24)$$

quhet vektori vetjak i majtë shoqëruar me vlerën vetjake λ_i .

Vektorët vetjakë të majtë dhe të djathtë korrespondues të vlerave vetjake të ndryshme, janë ortogonalë që do të thotë se n.q.s. $\lambda_i \neq \lambda_j$, atëhere:

$$\psi_j \phi_i = 0 \quad (25)$$

Ndërsa në rastin që vektorët vetjakë i korespondojnë të njëjtës vlerëvetjake, atëhere:

$$\psi_j \phi_i = C_i \quad (26)$$

Meqënëse siç u tha më lart, vektorët vetjake përcaktohen vetëm nga një shumëfish skalar, është njëpraktike normale që të normalizohen, kështu që kemi:

$$\psi_j \phi_i = 1 \quad (27)$$

Matricat modale

Në mënyrë që të shprehet përmbledhurazi vetitë e matricës A , është e leverdisëshme të futen këto matrica

$$\Phi = [\phi_1 \quad \phi_2 \quad \dots \quad \phi_n] \quad (28)$$

$$\Psi = [\psi_1^T \psi_2^T \quad \dots \quad \psi_n^T] \quad (29)$$

$$\Lambda = \text{matricë diagonale, me vlerat e veta } \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n \text{ si elementë diagonale} \quad (30)$$

Secila nga matricat e mësipërme është me përmasa $n \times n$. Në termat e këtyre matricave, ekuacionet (24) dhe (30), mund të shkruhen si vijon :

$$A \Phi = \Phi \Lambda \quad (31)$$

$$\Psi \Phi = I \quad \Psi = \Phi^{-1} \quad (32)$$

Nga ekuacioni (31), rrjedh:

$$\Phi^{-1} A \Phi = \Lambda \quad (33)$$

Eshte e vlefshme të kujtojmë që matrica A është matricë Jakobiane, elementet e së cilës a_{ij} jepen nga derivatet e pjesëshme $(\partial f_i)/(\partial x_j)$ të vlerësuar në pikën e punës rreth së cilës analizohet ngacmimi i vogël.

Në vijim të analizës modale, karakteristika e qëndrueshmërisë së tensionit për një sistem të dhënë mund të përcaktohet duke përcaktuar vlerat vetjake të Jakobianit të reduktuar i cili është shprehur në ekuacionin(8).

Shprehim J_R si më poshtë:

$$J_R = \xi \Lambda \eta \quad (34)$$

Ku:

ξ - vlerat e djathta të matricës J_R ; η - vlerat e majta të matricës J_R ; Λ - vlerat e diagonales së matricës J_R

Nga ekuacioni (34)

$$J_R^{-1} = \xi \Lambda^{-1} \eta \quad (35)$$

Duke zëvendësuar në ekuacionin (19)

$$\Delta U = \xi \Lambda^{-1} \eta \Delta Q \quad (36)$$

Ose:

$$\Delta U = \sum_i \frac{\xi_i \eta_i}{\lambda_i} \Delta Q \quad (37)$$

Çdo vlerë vetjake λ_i si dhe elementët ξ_i dhe η_i përcaktojnë regjimin e i-të në karakteristikën U-Q. Duke qënë se $\xi^{-1} = \eta$ ekuacioni (37) mund të shkruhet në trajtën e më poshtme:

$$\eta \Delta U = \Lambda^{-1} \eta \Delta Q \quad (38)$$

ose

$$u = \Lambda^{-1} q \quad (39)$$

Ku:

$u = \eta \Delta V$ është vektori i ndryshimit në regjimin përkatës të tensionit

Dhe

$q = \eta \Delta Q$ është vektori i ndryshimit regjimin përkatës të fuqisë reaktive

Ekuacioni (39) paraqet një ekuacion të rendit të parë. Kështu për regjimin e i-të do të kishim:

$$u_i = \frac{1}{\lambda_i} q_i \quad (40)$$

Nqs $\lambda_i > 0$, elementi i i-të modal i tensionit dhe elementi i i-të i ndryshimit të fuqisë reaktive janë përgjatë të njëjtit drejtim, duke treguar që sistemi është i qëndrueshëm kundrejt tensionit. Nqs $\lambda_i < 0$, elementi i i-të modal i tensionit dhe elementi i i-të i ndryshimit të fuqisë reaktive janë përgjatë drejtimeve të ndryshme, duke treguar që sistemi është i paqëndrueshëm kundrejt tensionit. Nga sa thamë vlera e λ_i përcakton shkallën e qëndrueshmërisë. Kështu sa më e vogël të jetë vlera e λ_i , aq më afër humbjes së qëndrueshmërisë është elementi i i-të modal i tensionit. Në rastin kur $\lambda_i = 0$, elementi i i-të i tensionit pëson ortek pasi çdo ndryshim i bërë në fuqinë reaktive do të shkaktonte ndryshime të pafundëme në vlerën modale të tensionit.

Madhësia e vlerave vetjake λ_i mund të paraqesin një mënyrë relative matje për të treguar sa larg humbjes së qëndrueshmërisë jemi. Vlerat vetjake nuk mund të paraqesin një mënyrë absolute matje për shkak të jo linearitetit të problemit. Analiza modale përdoret për të përcaktuar sa i qëndrueshëm është sistemi dhe sa ngarkesë mund të shtojmë. Në momentin e arritjes së pikës kritike për qëndrueshmërinë e tensionit, analiza modale përdoret për të përcaktuar zonat më kritike për qëndrueshmërinë e tensionit dhe elementët të cilët përfshihen në cdo regjim pune.

1. Faktori i ndikimit të nyjeve

Pjesmarrja relative e nyjes k në gjendjen e i-te jepet nga faktori i ndikimit të nyjes:

$$P_{ki} = \xi_{ki} \eta_{ki}$$

Vërejmë që P_{ki} përcakton ndikimin e λ_i në ndryshimin e U-Q në nyjen k. Në përgjithësi kemi dy gjendje të ndryshme. Tipi i parë ka pak nyje me faktor ndikimi të madh dhe të gjitha nyjet e tjera me faktorë ndikimi të përafërt me zero, duke treguar që gjendja është e lokalizuar. E dyta ka shumë nyje po me faktorë ndikimi të përafërt, dhe pjesën tjetër të nyjeve me faktorë ndikimi të

përafërt me zero. Një rast tipik i një gjendje të kufizuar është rasti kur një ngarkesë e vetme që është lidhur me një sistem shumë të fuqishëm nëpërmjet një linje të gjatë. Një rast tipik i një gjendje jo të kufizuar është rasti kur një sistem i gjerë e me shumë ngarkesa është i mbingarkuar dhe rezerva e fuqisë reaktive ka mbaruar.

2. Faktori i ndikimit të degëve

Ndikimi relativ i linjës j në gjendjen i jepet nga faktori i ndikimit:

$$P_{ji} = \frac{\Delta Q_{h\text{perlinjenj}}}{\text{maksimumi } \Delta Q_{h\text{pertegjithalinjat}}}$$

Faktori i ndikimit të linjave tregon, për çdo gjendje, se cila linjë ngarkohet me më shumë fuqi reaktive në një rast të rritjes së kërkesës për fuqi reaktive. Linjat me një faktor të madh ndikimi janë të lidhura në nyje të dobëta të sistemit ose janë të mbingarkuara. Faktori i ndikimit të linjave janë të dobishëm në përcaktimin e mënyrave për përmirësimin e qëndrueshmërisë së tensionit dhe për selektivitet në rastet problematike.

3. Faktori i ndikimit të gjeneratorëve

Për një ndryhim të dhënë të fuqisë reaktive, në терминаlet e çdo makine matet tensioni dhe ndryshimi i këndit, dhe kjo gjë përdoret më vonë për të përcaktuar fuqinë reaktive në dalje të çdo makine.

Pjesëmarrja relative e makinës m në gjendjen i jepet nga faktori i ndikimit të gjeneratorëve:

$$P_{mi} = \frac{\Delta Q_{m\text{permakinenm}}}{\text{maksimumi } \Delta Q_{\text{pertegjithamakinat}}}$$

Faktori i ndikimit të gjeneratorëve tregon, për çdo gjendje, se cili gjenerator jep pjesën më të madhe të fuqisë reaktive si përgjigje e një rritje të kërkesës për fuqi reaktive nga sistemi. Faktori i ndikimit të gjeneratorëve jep informacione të rëndësishme për shpërndarjen e rezervës së fuqisë reaktive nëpër të gjitha makinat më qëllim mbajtjen e një rezeve të përshtatëshme nga humbja e qëndrueshmërisë së tensionit[75].

3. TREGUESITE QËNDRUESHMËRISË SË TENSIONIT

Një njohje e saktë se sa afër pika e punës së sistemit është nga limiti i qëndrueshmërisë së tensionit është vendimtare për operatorët. Prandaj, gjetja e një indeksi të qëndrueshmërisë së tensionit është bërë një detyrë e rëndësishme për shumë studime të qëndrueshmërisë së tensionit. Këto tregues japin informacion të besueshëm rreth afrueshmërisë së paqëndrueshmërisë së tensionit në sistemin e fuqisë. Zakonisht, vlerat e tyre variojnë nga 0 (pa ngarkesë) në 1 (orteku i tensionit).

3.1 Formulimi i Indekseve

Indekset mund të tregojnë se cila është nyja më kritike e një sistemi fuqie ose qëndrueshmërinë e çdo linje të lidhur ndërmjet dy nyjeve në një rrjet të interkonjeksionit ose të bëjë vlerësimin e kufirit të qëndrueshmërisë së tensionit të një sistemi. Treguesit e përdorur për të shqyrtuar qëndrueshmërinë e sistemit janë përshkruar në vijim:

- 1) **Indeksi U/U_0 :** Duke supozuar se njohim vlerat e tensionit (U) të nyjeve nga shpërndarja e flukseve ose nga studimet e vlerësimit të gjendjes, tensionet (U_0) e reja të nyjeve merren nga shpërndarja e flukseve të sistemit në një gjendje identike por me ngarkesa të barabarta me zero. Shkalla e U/U_0 tek çdo nyje jep një hartë të qëndrueshmërisë së

tensionit të një sistemi, duke mundësuar detektimin e menjëhershëm të vendeve më të cënushme (kritike) dhe masave efektive[67].

- 2) **Indeksi i qëndrueshmërisë së linjës L_{mn} :** M.MOGHAVEMMI [68] nxorri një indeks të qëndrueshmërisë së linjës bazuar në konceptin e transmetimit të fuqisë në një linjë, në të cilën vlera e katrorit të ekuacionit të tensionit duhet të jetë më e madhe ose e barabartë me zero për të arritur qëndrueshmërinë. Në qoftë se vlera është më e vogël se zero, rrënjët do të jenë imagjinare, që do të thotë se do të ketë paqëndrueshmëri. Figura 1 tregon një linjë të një rrjeti interkonjeksioni ku L_{mn} nxirret si më poshtë:

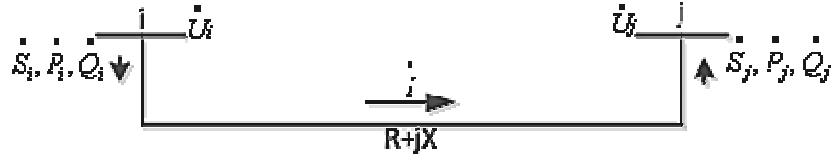


Figura 7. Linja e transmetimit

Indeksi i qëndrueshmërisë së linjës, për këtë model, mund të përcaktohet:

$$L_{mn} = \frac{4XQ_j}{[U_i \sin(\theta - \delta)]^2}$$

Ku θ është këndi i rezistencës së plotë të linjës dhe δ është diferenca e këndit ndërmjet nyjes gjeneruese dhe asaj konsumatore (të tensionit). Linjat të cilat paraqesin vlera të L_{mn} afër 1, tregojnë që ato linja janë afër limitit të qëndrueshmërisë. Për të mbajtur një gjendje të sigurtë, indeksi L_{mn} duhet të jetë <1 .

- 3) **Indeksi FVSI i qëndrueshmërisë së linjës:** Indeksi FVSI i qëndrueshmërisë së linjës nga I.MUSIRIN [69] bazohet në konceptin e shpërndarjes së flukseve në një linjë. Për një linjë transmetimi tipike, indeksi i qëndrueshmërisë llogaritet:

$$FVSI_{ij} = \frac{4Z^2Q_j}{U_i^2X}$$

Ku Z është rezistenca e plotë e linjës, X është reaktanca e linjës, Q_j është fuqia reaktive nga shpërndarja e flukseve në nyjen konsumatore dhe U_i tensioni në fundin e linjës. Linja e cila jep një vlerë të indeksit afëri 1 do të jetë linja më kritike dhe mund të çojë në paqëndrueshmërinë e të gjithë sistemit. FVSI e llogaritur mundet gjithashtu të përcaktojë nyjen më të cënueshme të sistemit. Përcaktimi i nyjes më të “dobët” bazohet në ngarkesën maksimale të lejueshme në një nyje ngarkese. Nyja më e cënueshme i korrespondon nyjes me ngarkesën më të vogël të lejueshme.

- 4) **Indeksi LQP i qëndrueshmërisë së linjës:** Indeksi LQP i nxjerrë nga A.MOHAMED [70] merret duke përdorur të njëjtin koncept si tek [68], [69], në të cilën vlera e katrorit të ekuacionit të fuqisë duhet të jetë ≥ 0 . LQP merret si më poshtë:

$$LQP = 4 \left[\frac{X}{U_i^2} \right] \left[\frac{X}{U_i^2} P_i^2 + Q_j \right]$$

Ku X është reaktanca e linjës, Q_j është fuqia reaktive nga shpërndarja e flukseve në nyjen konsumatore, U_i tensioni në fundin e linjës dhe P_i fuqia aktive në fundin e linjës. Për të mbajtur një gjendje të qëndrueshme, vlera e indeksit LQP duhet të ngelet <1 .

- 5) **Treguesit VCPI të qëndrueshmërisë së linjës:** Treguesit VCPI të propozuar nga M.MOGHAVVEMI [71] tregojnë qëndrueshmërinë e secilës linjë të sistemit dhe ato bazohen në konceptin e maksimumit të fuqisë së transmetuar nëpërmjet një linje:

$$VCPI(1) = \frac{P_R}{P_{R(\max)}}$$

$$VCPI(2) = \frac{Q_R}{Q_{R(\max)}}$$

Ku vlerat P_R dhe Q_R merren nga shpërndarjet e flukseve, dhe $P_{R(\max)}$ dhe $Q_{R(\max)}$ janë fuqitë maksimale aktive dhe reaktive që mund të transmetohen nëpërmjet një linje. Treguesit VCPI varojnë nga 0 (pa ngarkesë) në 1 (kolapsi i tensionit).

- 6) **Indeksi V_i qëndrueshmërisë së tensionit në linjë:** Një aspekt i rëndësishëm i qëndrueshmërisë së tensionit është përcaktimi i distancës (në MË/MVAR/MVA) nga rregjimi i punës në regjimin maksimal të ngarkimit të sistemit që i përgjigjet paqëndrueshmërisë së tensionit. Kjo distancë mund të përftohet me saktësi të pranueshme nëpërmjet indeksit të qëndrueshmërisë së tensionit të linjave. Për vlerësimin e këtij indeksi nisemi nga ekuacionet e njohura të fuqisë aktive dhe reaktive [1] që kalojnë në një linjë transmetimi ku fluksi i fuqisë rrjedh nga nyja **B** në nyjen **K** (Figura 8.). Fuqia aktive dhe reaktive në nyjen **K** shprehet si vijon:

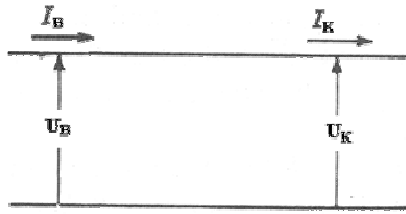


Figura 8. Skema e vlerësimit të koeficientit të transmetimit

$$P_K = \frac{U_B U_K}{B} \cos(\beta - \delta) - \frac{A}{B} U_K^2 \cos(\beta - \alpha) \quad (41, a)$$

$$Q_K = \frac{U_B U_K}{B} \sin(\beta - \delta) - \frac{A}{B} U_K^2 \sin(\beta - \alpha) \quad (41, b)$$

ku: δ është këndi ndërmjet tenseoneve U_B, U_K ;

$A \angle \alpha$ dhe $B \angle \beta$ janë konstantet e përgjithshme të qarkut të linjës së transmetimit.

- Nëse linja është me gjatësi mesatare, Z është rezistenca gjatësore dhe Y përçueshmëria tërthore e linjës, atëhere:

$$A = \frac{ZY}{2} + 1$$

$$B = Z$$

- Nëse linja e transmetimit është e gjatë, duhet të marrë në konsideratë fakti se parametrat e këtyre linjave nuk janë të përqëndruar. Në këtë rast kemi:

$$A = \frac{Z'Y'}{2} + 1$$

$$B = Z'$$

ku:

$$Z' = Z \frac{\sinh \gamma l}{\gamma l} \text{ dhe } \frac{Y'}{2} = \frac{1}{Z_c} \frac{\cosh \gamma}{\sinh \gamma}$$

Është koeficienti i përhapjes;

l gjatësia e linjës së transmetimit dhe

$Z_c = \sqrt{z/y}$ rezistenca karakteristike e linjës.

Formulat (41 a,b) duke ju referuar tensionit U_B mund të transformohen si vijon:

$$P_K + \frac{A}{B} U_K^2 \cos(\beta - \alpha) = \frac{|U_B| U_K}{B} \cos(\beta - \delta) \quad (42, a)$$

$$Q_K + \frac{A}{B} U_K^2 \sin(\beta - \alpha) = \frac{|U_B| U_K}{B} \sin(\beta - \delta) \quad (42, b)$$

Eliminojmë, ngremë në katror dhe i mbledhim të dy anët e formulave (42 a, b). Pas disa shëndërrimeve përfitohet:

$$\left\{ P_K + \frac{A}{B} U_K^2 \cos(\beta - \alpha) \right\}^2 + \left\{ Q_K + \frac{A}{B} U_K^2 \sin(\beta - \alpha) \right\}^2 = \left[\frac{|U_B| U_K}{B} \right]^2 \quad (43)$$

Sistemi është i qëndrueshëm n.q.s. ekuacioni (43) ka rrënjë reale kundrejt U_K . Duke zhvilluar ekuacionin (43) ne marrim kushtin e mëposhtëm:

$$V_i = \frac{2 \frac{B}{A} \sqrt{(P_K^2 + Q_K^2)}}{\frac{U_B^2}{A^2} - 2 \frac{B}{A} P_K \cos(\beta - \alpha) - 2 \frac{B}{A} Q_K \sin(\beta - \alpha)} \leq 1 \quad (44)$$

V_i shërben si indeksi i qëndrueshmërisë së tensionit të linjës “i”.

Sa më i vogël të jetë kundrejt njëshit, aq më i qëndrueshëm është sistemi. Në përgjithësi vlera më e madhe e këtij indeksi tregon pikat më të predispozuar për të shkuar drejt paqëndrueshmërisë së tensionit. Linjat me vlera të mëdha të këtij indeksi janë linjat kritike të cilat kontribuojnë në paqëndrueshmërinë e tensionit. **Në pikën e paqëndrueshmërisë së tensionit ky indeks bëhet i barabartë me një.** Nga formula (44) shihet që për vlerësimin e këtij indeksi mjaftojnë të dhënat e rregjimit të punës së sistemit elektrik. Vërtetësia dhe saktësia e këtij indeksi si dhe avantazhe të tjera të tij janë vlerësuar në një punimin tonë në buletin e shkencave teknike për një skemë të rrjetit të shpërndarjes së rajonit të Dibrës [73].

- 7) **Indeksi L:** KESSEL [73] zhvilloi një indeks të qëndrueshmërisë së tensionit bazuar në zgjidhjen e ekuacioneve të shpërndarjes së flukseve. Indeksi L është një madhësi e matëshme për vlerësimin e distancës të gjendjes aktuale të sistemit deri në limitin e qëndrueshmërisë. Indeksi L përshkruan qëndrueshmërinë e të gjithë sistemit dhe jepet nga:

$$L = \max_{j \in \alpha_L} \{L_j\} = \max_{j \in \alpha_L} \left| 1 - \frac{\sum_{i \in \alpha_G} \dot{F}_{ji} \dot{V}_i}{\dot{V}_j} \right|$$

Ku α_L është për nyjet konsumatore dhe α_G për nyjet gjeneruese. L_j është një tregues lokal që përcakton nyjet nga ku mund të lindë kolapsi i tensionit. Indeksi L varion në një zonë ndërmjet 0 (pa ngarkesë) dhe 1 (kolapsi i tensionit).

Si arrijmë ta përftojme këtë indeks?

Pika fillestare e analizës së mëposhtme është modeli i linjës i cili mund të mendohet si sistemi më i thjeshtë dhe i cili mundet gjithashtu të trajtohet analitikisht. Në figurën 9 jepet nyja 1 e cila supozohet se furnizon (ushqen) ngarkesën ku edhe është interesi i luhatjes së tensionit dhe nyja 2 është nyja gjeneruese.

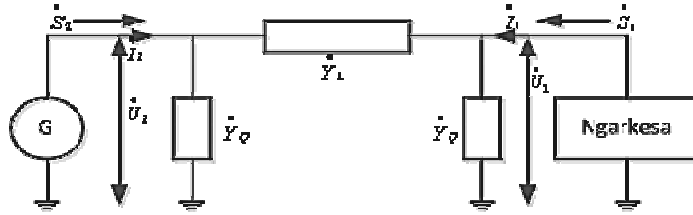


Figura 9. Modeli i linjës: G gjeneratori; $\dot{U}_1, \dot{U}_2$, tensionet e nyjeve; $\dot{I}_1, \dot{I}_2$ rrymat e nyjeve; $\dot{S}_1, \dot{S}_2$ fuqitë komplekse

Të dhënat e nyjes 1 mund të shprehen në bazë të matricës së përcjellshmërive të sistemit.

$$\dot{Y}_{11}\dot{U}_1 + \dot{Y}_{12}\dot{U}_2 = \dot{I}_1 = \frac{\dot{S}_1^*}{\dot{U}_1^*} \quad (45)$$

Elementët $\dot{Y}_{11}, \dot{Y}_{12}, \dot{Y}_{21}, \dot{Y}_{22}$, nga matrica e përcjellshmërive $[Y]$ ku $\dot{S}_1$ është fuqia në trajtë komplekse.

$$\dot{S}_1 = \dot{U}_1 \dot{I}_1^*$$

Ekuacioni (45) mund të shkruhet në formën

$$\dot{U}_1^2 + \dot{U}_0 \dot{U}_1^* = \frac{\dot{S}_1^*}{\dot{Y}_{11}} = a_1 + jb_1 \quad (46)$$

a_1, b_1 janë komponentet respektive reale dhe imagjinare dhe një tension ekuivalent $\dot{U}_0$ është zëvendësuar.

$$\dot{U}_0 = \frac{\dot{Y}_{12}}{\dot{Y}_{11}} \dot{U}_2 = -\frac{\dot{Y}_L}{\dot{Y}_L + \dot{Y}_Q} \dot{U}_2 \quad (47)$$

$\dot{Y}_L$ përcjellshmëritë në seri të skemës ekuivalente π

$\dot{Y}_Q$ përcjellshmëritë e shuntit të skemës ekuivalente π

Ky ekuacion kompleks në $\dot{U}_1$ është zgjidhur analitikisht, dhe si rezultat U_1 del:

$$U_1 = \sqrt{\frac{U_0^2}{2} + a_1 \pm \sqrt{\frac{U_0^4}{4} + a_1 U_0^2 - b_1^2}} = \sqrt{\frac{S_1}{Y_{11}}} (r \pm \sqrt{r^2 - 1}) \quad (48)$$

ku:

$$r = \frac{U_0^2 Y_{11}}{2 S_1} + \cos(\phi_{S_1} + \phi_{Y_{11}}) \quad (49)$$

dhe Φ tregon këndin e një numri kompleks (sipas indeksit).

Ekuacioni 46 mund të shkruhet në formë komplekse :

$$|\dot{S}_1 - Y_{11}^* U_1^2| = U_0 U_1 Y_{11} \quad (50)$$

Sipas një interpretimi gjeometrik kjo formë tregon që të gjitha gjendjet që kanë një amplitudë konstante U_1 jepet me anë të rrathëve në planin kompleks S_1 , ku $(Y_{11}^* U_1^2)$ përcakton qendrën e rrethit dhe $U_0 U_1 Y_{11}$ rrezin e rrethit.

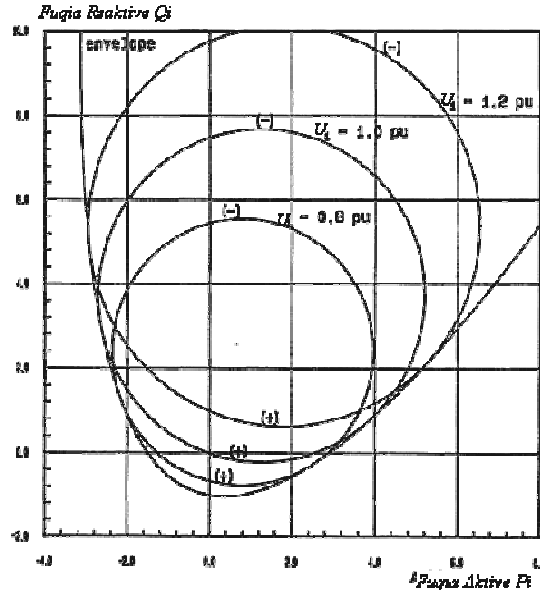


Figura 10. Rrathët për amplitudë konstante të tensionit U_1

Figura 10 tregon këtë situatë për një shembull numerik të dhënë të një linje. Rrathët me tension konstant për $U_1=0.8, 1.0$ dhe 1.2 janë treguar në figurë. (+) i referohet zgjidhjes më të mundshme me amplitudën më të madhe U_1 , (-) i përket zgjidhje me amplitudën më të vogël.

Kriteri i qëndrueshmërisë

Me ndryshimin e U_1 në një zonë të lejshme e cila është $D = \{U_1 | 0 \leq U_1 \leq \alpha\}$ një numër rrathësh shfaqen, bashkimi i të cilëve formon hapsirën e gjendjes së mundshme në S_1 . Kurba kufi e kësaj zone, p.sh. kufiri i të gjithë këtyre rrathëve është limiti i qëndrueshmërisë së dëshiruar të sistemit me dy nyje që është marrë në shqyrtim. Jashtë kësaj kurbe asnjë zgjidhje me kuptim fizik nuk është e mundur.

Mund të shihet se në kurbën kufi dy zgjidhjet e (48) duhet të përputhen. Prandaj, duhet të jetë e vërtetë që:

$$\pm \sqrt{\frac{U_0^4}{4} + a_1 U_0^2 - b_1^2} = 0 \quad (51)$$

e cila mund të shkruhet në formën:

$$Re \left\{ \frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_0} \right\} = -0.5 \quad (52)$$

ose me ndihmën e një transformimi kompleks:

$$\left| 1 + \frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_0} \right| = \frac{S_1}{Y_{11} U_1^2} = 1 \quad (53)$$

Kjo shprehje mund të përdoret për të përcaktuar një tregues (indeks) L për vlerësimin e qëndrueshmërisë së tensionit. Ai merr vlerat $R = \{L \mid 0 \leq L \leq \alpha\}$ për zgjidhjen e mundshme me amplitudën më të madhe U_1 :

$$L = \left| 1 + \frac{\dot{U}_0}{\dot{U}_1} \right| = \frac{\dot{S}_1}{Y_{11}^* \dot{U}_1^2} = r + \sqrt{r^2 - 1} \quad (54)$$

Në këtë mënyrë është gjetur një matje e cila karakterizon afërueshmërinë e gjendjes aktuale të sistemit me limitin e qëndrueshmërisë së në çfarë shkalle (niveli9 indeksi L shpreh riskun e kolapsit të tensionit do të jepet në vijim). Në qoftë se ekuacioni (54) zgjidhet për r dhe duke përdorur (49) gjithashtu për kurbat S_1 me vlera konstante të L -së rezulton me një formë eliptike e cila jepet nga ekuacioni (55) dhe është shprehur në koordinata polare

$$S_1 = \frac{Y_{11} U_0^2}{L + \frac{1}{L} - 2 \cos(\phi_{S_1} + \phi_{Y_{11}})} \quad (55)$$

Figura 11 tregon këtë mardhënie gjeometrike. Janë treguar kurbat e një linje për vlera të ndryshme të L -së si: $L=0.2, 0.4, 0.6, 0.8$ dhe 1.0

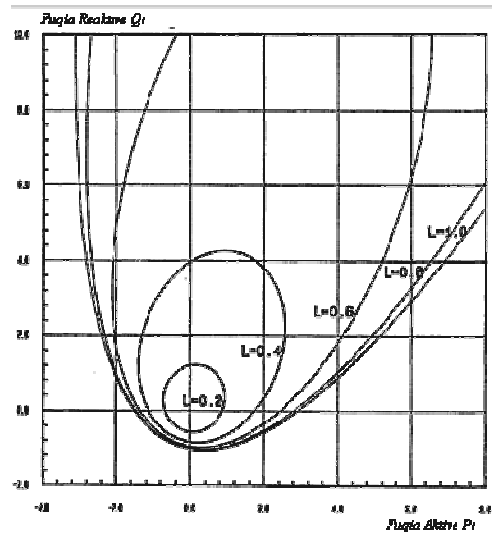


Figura 11. Indeksi L në planin kompleks $S1$

Përgjithësimi për n nyje

Në mënyrë që të marrim një vlerë, indeksi L duhet të shprehet edhe për sistemin me shumë nyje. Janë dy kategori nyjesh që duhet të dallohen. Njëra karakterizohet nga sjellja e nyjes P-Q e cila i përket nyjes konsumatore, dhe tjetra shpreh nyjen gjeneruese e cila mund të jepet nga nyjet P-U ose nga një nyje ballancuese.

Vetë sistemi i transmetimit është linear dhe lejon paraqitjen në formën e një matrice hibride $[H]$:

$$\begin{bmatrix} U^L \\ I^G \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} I^L \\ U^G \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{LL} & F_{LG} \\ K_{GL} & Y_{GG} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} I^L \\ U^G \end{bmatrix} \quad (56)$$

U^L, I^L - vektorët e tensionit dhe rrymës tek nyjet konsumatore

U^G, I^G - vektorët e tensionit dhe rrymës tek nyjet gjeneruese

$\begin{matrix} Z_{LL} & F_{LG} \\ K_{GL} & Y_{GG} \end{matrix}$ - nënmatrica të matricës H.

Matrica H merret nga matrica Y me një invers të pjesshëm (Tensionet U^L të nyjes konsumatore në vektorin e të panjohurave zëvendësohen përkundrejt rrymave të tyre I^L). Për çfardo nyje konsumatore j, kuj $\in \alpha_L$ një ekuacion për U_i mund të nxirret nga matrica:

$$\dot{U}_j = \sum_{i \in \alpha_L} \dot{Z}_{ji} \dot{I}_i + \sum_{i \in \alpha_L} \dot{F}_{ji} \dot{U}_i \quad (57)$$

e cila mund të shëndrrohet në formën :

$$U_j^2 + \dot{U}_{0j} U_j^* = \frac{\dot{S}_j^{+*}}{\dot{Y}_{jj}^+} \quad (58)$$

me zëvendësimet për tensionin ekuivalent $\dot{U}_{0j}$, përcjellshmëria e transformuar $\dot{Y}_{jj}^+$ dhe fuqia e transformuar $\dot{S}_j^+$

$$\dot{U}_{0j} = - \sum_{i \in \alpha_L} \dot{F}_{ji} \dot{U}_i \quad (59)$$

$$\dot{Y}_{jj}^+ = \frac{1}{\dot{Z}_{jj}} \quad (60)$$

Është për tu theksuar se $\dot{S}_j^+$ shprehet në dy pjesë:

$$\dot{S}_j^+ = \dot{S}_j + \dot{S}_j^{+corr} \quad (61)$$

ku $\dot{S}_j^{+corr}$ jepet nga :

$$\dot{S}_j^{+corr} = \left(\sum_{\substack{i \in \alpha_L \\ i \neq j}} \frac{\dot{Z}_{ji}^* \dot{S}_i}{\dot{Z}_{jj}^* \dot{U}_i} \right) \dot{U}_j \quad (62)$$

Në këtë mënyrë del në pah se nyja e tensionit $\dot{U}_j$ ndikohet nga nyja e fuqisë $\dot{S}_j$ dhe nga fuqia ekuivalente $\dot{S}_j^{+corr}$ e cila rrjedh nga nga ngarkesat e tjera të sistemit. Është gjithashtu që asnjëra nga nyjet (j) nuk është veçanërisht e dallueshme për një ndryshim ngarkese. Ndryshimet e ngarkesës mund të ndodhin në cilëndo nyje e cila do të jetë e rëndësishme për aplikimin që do të diskutohet më vonë.

Veçoria më e madhe e ekuacionit (58) është struktura e tij e cila është e ngjashme me ekuacionin (46). Ndryshimi ndërmjet dy ekuacioneve qëndron në tensionin ekuivalent $\dot{U}_{0j}$ dhe në nyjen e fuqisë $\dot{S}_j$. Tensioni ekuivalent $\dot{U}_{0j}$ nuk është konstant por do të ndryshojë shumë pak sepse tensioni i gjeneratorit pothuajse konstant me ndryshimin e ngarkesave. Roli i $\dot{S}_j^{+corr}$ diskutohet më poshtë. Duke supozuar që këto efekte mund të vlerësohen dhe kontrollohen, një indeks L_j mund të nxirret për çdo nyje (j) në analogji me modelin e linjës :

$$L_j = \left| 1 + \frac{\dot{U}_{0j}}{\dot{U}_j} \right| = \frac{\dot{S}_j^+}{\dot{Y}_{11}^{+*} U_j^2} = \dots \quad (63)$$

Për situatën e qëndrueshme kushti $L_j \leq 1$ nuk duhet të cenohet në asnjë mënyrë për secilën prej nyjeve (j). Prandaj një indeks L përgjithësues i cili përshkruan qëndrueshmërinë e të gjithë nënsistemit jepet nga:

$$L = \max_{j \in \alpha_L} \{L_j\} \quad (64)$$

Një mënyrë për përcaktimin e L është:

$$L = \max_{j \in \alpha_L} \left| 1 - \frac{\sum_{i \in \alpha_G} \dot{U}_i}{\dot{U}_j} \right| \quad (65)$$

ku α_L është për nyjen konsumatore dhe α_G është për nyjen gjeneruese.

Kështu përfundimi më i rëndësishëm i teorisë së shqyrtuar është:

$$L < 1 \quad (66)$$

në mënyrë që të sigurohet qëndrueshmëria.

4. ILUSTRIMI I METODAVE STATIKE PËRMES NJË SKEME STANDARTE

4.1 Shpjegimi i Skemës

Skema e treguar në figurën 12 është shembull i IEEE me 14 nyje për studimet dinamike. Skema përbëhet nga 14 nyje nga të cilat vetëm nyja 01, 07 dhe 08 nuk ka ngarkesë ndërsa nyjet e tjera kanë ngarkesë të emërtuara me të njëjtin numër të nyjes. Gjithashtu në skemë kemi 5 gjeneratore nga të cilët gjeneratori 01 është gjeneratori balancues.

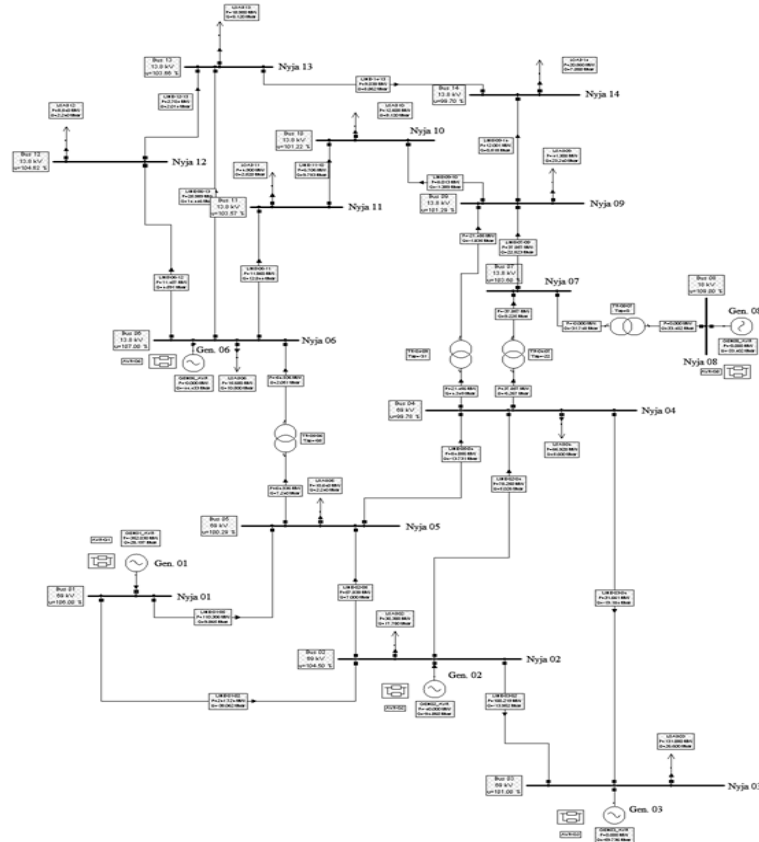


Figura 12. Skema standarte IEEE14 e ndërtuar në softin aplikativ NEPLAN

Gjeneratorët janë të paisur me rregullator automatik të tensionit, ndërsa rregullatori automatik i shpejtësisë shtohet nga ne dhe ka paraqitjen e mëposhtme (Figura 13).

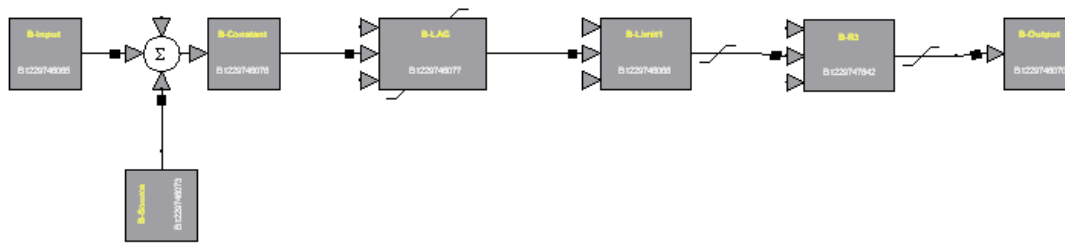


Figura 13. Rregullatori automatik i shpejtësisë

Skema do të studiohet me metodat statike për të vlerësuar gjendjen e skemës për qëndrueshmërinë statike të tensionit duke bërë të mundur identifikimin e nyjeve më të dobëta dhe elementëve problematikë të cilët mund të përfshihen dhe të bëhen shkakë për humbjen e qëndrueshmërisë së tensionit.

4.2 ANALIZA E SKEMËS ME METODAT STATIKE

Metodat statike të trajtuara në kapitullin e tretë janë një mënyrë studimi e shpejtë për gjendjen e skemës ku metodat e përdorura për këtë analizë janë kurbat P-U, kurbat U-Q, analiza me koeficientët e ndjeshmërisë dhe analiza me anë të vlerave vetjake. Secila nga këto metoda janë trajtuar teorikisht në këtë kapitull ndërsa rezultatet e marra me anë të secilës metodë janë komentuar më poshtë.

4.2.1 Analiza e skemës me kurbat P-U

Kurbat P-U për skemën e figurës 12 janë paraqitur në figurën 14:

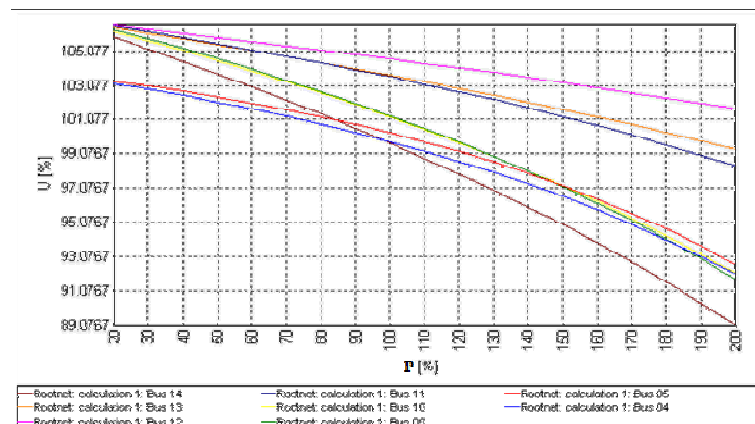


Figura 14. Kurbat P-U për nyjet e skemës në figurën 12

Në figurën 14 është paraqitur varësia e tensionit në nyjet e sistemit nga fuqia aktive duke mbajtur të pa ndryshuar fuqinë reaktive. Maksimumi i diagramës është për 200% të ngarkesës aktive që është një diapazon më se i mjaftueshëm për analizën tonë dhe identifikimin e nyjeve problematike të skemës. Nyjet më problematike për qëndrueshmërinë e tensionit për shtim të fuqisë aktive janë ato nyje që kanë karakteristikë P-U më të pjerrët, dhe që do të përkthehej në arritjen më të shpejtë të fuqisë maksimale dhe kalimin në zonën e regjimeve të paqëndrueshme. Në bazë të diagramave P-U për nyjet e ndërtuara, nga figura 14 mund të gjykojmë për nyjet më të qëndrueshme dhe më problematike të skemës për shtim të fuqisë aktive.

Rezultatet e marra nga diagramat i përmbledhim në tabelën 1 për dy vlerat limit të ngarkesës për atë 20% dhe 200%.

Tabela 1. Vlerat e tensionit në nyjet e skemës të marra nga kurbat P-U

	Për 20% të fuqisë aktive [U(%)]	Për 200% të fuqisë aktive [U(%)]
Nyja 14	105.8749	89.07672
Nyja 09	106.3198	91.76961
Nyja 04	103.1759	92.04424
Nyja 10	106.2344	92.08797
Nyja 13	106.4211	99.35452
Nyja 05	103.3127	92.61463
Nyja 11	106.5159	98.3571
Nyja 12	106.5721	101.6961

Në kurbën P-U nuk janë paraqitur nyjet gjeneruese pasi metodat statike marrin parasysh vetëm sistemin dhe gjendjen e tij. Nga rezultatet e tabelës 1 arrijmë në përfundimin që nyja 14 është nyja më problematike për sa i përket qëndrueshmërisë statike të tensionit, ndërsa nyja 12 është nyja që ka qëndrueshmërinë e tensionit më të mirë për shtesë të fuqisë aktive. Kjo metodë është metodë e shpejtë dhe shumë e përdorur në identifikimin e nyjeve problematike për sa i përket shtesave të fuqisë aktive në nyjet e sistemit.

4.2.2 Analiza e skemës me kurbat U-Q

Kurbat U-Q për skemën e figurës 12 janë paraqitur në figurat 15 dhe 16

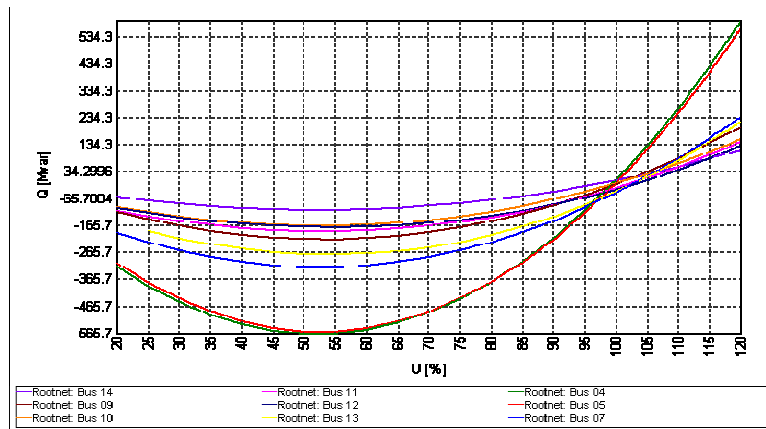


Figura 15. Kurbat U-Q për nyjet e skemës në figurën 12

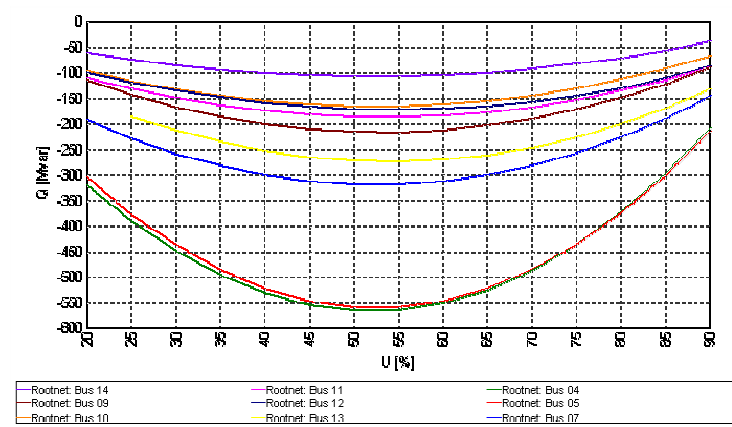


Figura 16. Kurbat U-Q në zonën e tensionit kritik

Kurbat U-Q japin një informacion të plotë të ndryshimit të kërkesës për fuqi reaktive në raste të ndryshimit të tensionit të nyjes përkatëse. Pika kryesore e kësaj diagrame është tensioni kritik, që është tensioni për të cilën arrihet vlera minimale e fuqisë reaktive. Për zvogëlime të mëtejshme të tensionit do të kishim rritje të kërkesës për fuqi reaktive dhe regjimet e stabilizuara të punës për tension më të vogël se tensioni kritik do të jenë statikisht të paqëndrueshme. Për skemën e marr në studim tensioni kritik i nyjeve është në diapazonin 50–55%. Qëndrueshmëri statike më të madhe kanë nyjet të cilat për tension kritik kanë nivelet më të ulët të kërkesës për fuqi reaktive, për të gjykuar për qëndrueshmërinë statike rezultatet e marra nga diagrama U-Q në figurat 15 dhe 16 i paraqesim në tabelën 2.

Tabela 2. Fuqia reaktive e kërkuar në nyjet e sistemit për disa vlera të tensionit si dhe për tensionin kritik rezultate të marra nga kurbat U-Q

	Për nivelin e tensionit 55% [Q(Mvar)]	Për nivelin e tensionit 20% [Q(Mvar)]
Nyja 14	-106.3845	-60.8213
Nyja 10	-164.821	-96.0599
Nyja 12	-171.861	-99.11
Nyja 11	-186.588	-110.5
Nyja 09	-215.522	-115.06
Nyja 13	-273.306	-
Nyja 05	-558.398	-304.232
Nyja 04	-564.744	-319.582

Në kolonën e mesit në tabelën 2 është paraqitur kërkesa për fuqi reaktive në nyjet e skemës të marrë në studim për tension kritik nga ku duket qartë që nyja 14 ka qëndrueshmërinë statike më të vogël pasi ka kërkesën më të madhe për fuqi reaktive në nivelin e tensionit kritik. Ndërsa nyja 04 dhe 05 janë nyjet më të qëndrueshme pasi në nivelin e tensionit kritik kanë kërkesën më të vogël për fuqi reaktive.

4.2.3 Analiza e skemës me koeficientët e ndjeshmërisë

Rezultatet e marra nga simulimi në NEPLAN i skemës në figurën 12 janë të paraqitur figurën 17

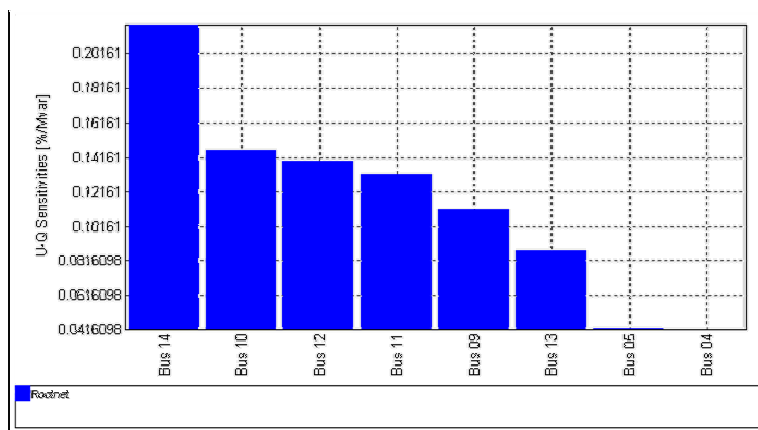


Figura 17. Analiza e ndjeshmërisë U-Q

Koeficientët e ndjeshmërisë të treguar në figurën 17 tregojnë ndjeshmërinë e nyjes për shtimin e ngarkesës 1MVar në atë nyje, dhe vlera e tyre tregon rënien e tensionit në përqindje. Me anë të kësaj metode statike të studimit të qëndrueshmërisë së tensionit mund të bëjmë identifikimin e shpejt të nyjeve më problematike të skemës e cila duket qartë që është nyja 14,

rezultat i cili përputhet me rezultatet e marra dhe nga studimi me anë të diagramës U-Q si për nyjen 14 dhe për nyjet e tjera të skemës të marrë në studim.

Tabela 3. Koeficientët e ndjeshmërisë për nyjet e skemës

Nyja	Koeficientët e ndjeshmërisëU-Q [% / Mvar]
Bus 14	0.218178
Bus 10	0.145695
Bus 12	0.138711
Bus 11	0.131876
Bus 09	0.111176
Bus 13	0.087847
Bus 05	0.04234
Bus 04	0.04161

Rezultatet grafike të mësipërme i paraqesim të përmbledhur në tabelën 3. Përparësia e metodës së koeficientëve të ndjeshmërisë kundrejt kurbave U-Q është se mund të përcaktojmë dhe koeficientët e ndjeshmërisë reciproke që tregojnë ndikimin e një shtese të fuqisë reaktive prej 1 MVar në nyjet e tjera të sistemit duke krijuar një ide më të përgjithëshme për ndikimin e ngacmimit në të gjithë sistemin. Rezultatet e marra nga simulimi në NEPLAN për koeficientët e ndjeshmërisë reciproke i paraqesim në figurat 18 dhe 19.

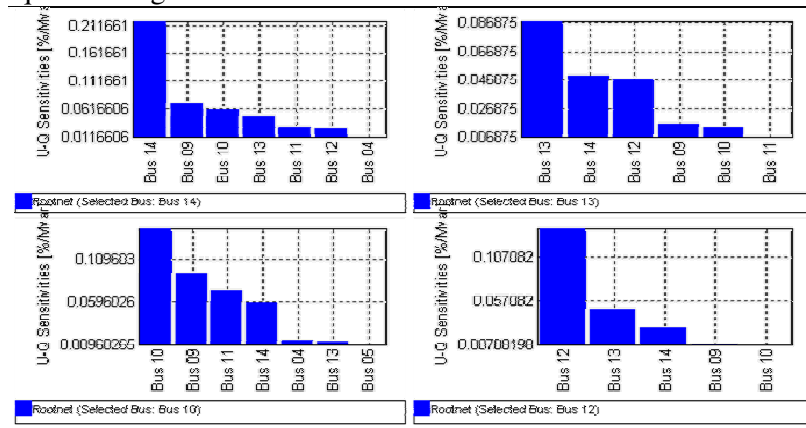


Figura 18. Vlerat reciproke të ndjeshmërisë për nyjet 14, 13, 10 dhe 12

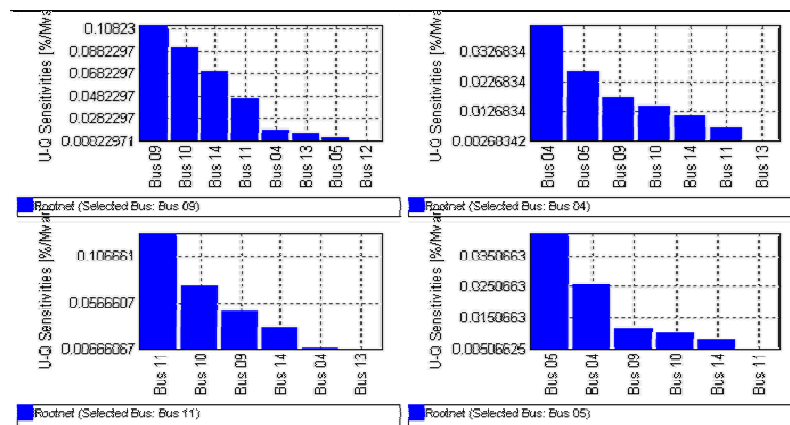


Figura 19. Vlerat reciproke të ndjeshmërisë për nyjet 09, 04, 11 dhe 05

Me rezultatet e paraqitur më sipër jemi në gjendje të përcaktojmë se cilat nyje janë më të ndikuara nga një ndryshim i fuqisë reaktive në nyjet fqinje. Kështu nga rritja e fuqisë reaktive me 1 MVar në nyjen 14 përveç uljes së tensionit me 0.219808 % në këtë nyje do të kishim dhe një ulje të tensionit me gati 0.065% në nyjen 09 dhe ulje të tensionit me vlera më të vogëla për nyjet

10, 13, 11, 12 dhe 04 me një ulje të tensionit më gati 0.0116606%. Ndërsa shtesa e fuqisë reaktive në nyjen 14 nuk ndihet në nyjen 05. Ndërsa një shtesë e fuqisë reaktive në nyjen 09 do të na sillte ndikim në të gjitha nyjet e sistemit.

4.2.4 Analiza e skemës me anë të vlerave vetjake (analiza modale)

Vlerat vetjake të matricës J_R për skemën e figurës 12 janë paraqitur në figurën 20 dhe rezultatet e përmbledhura në tabelën 4.

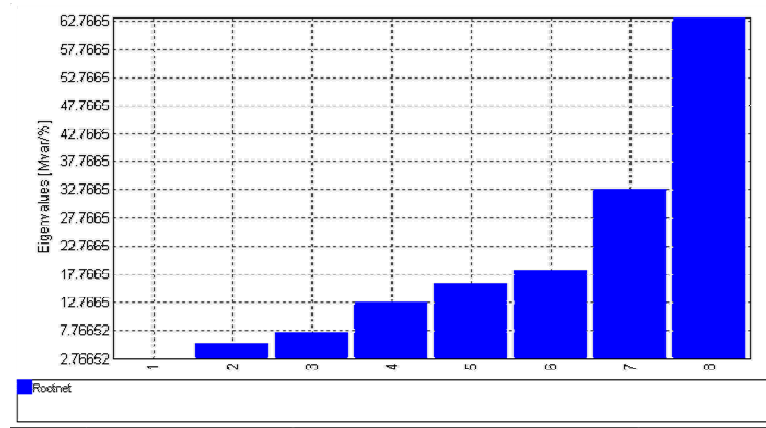


Figura 20. Vlerat vetjake të matricës J_R për skemën e figurës 12

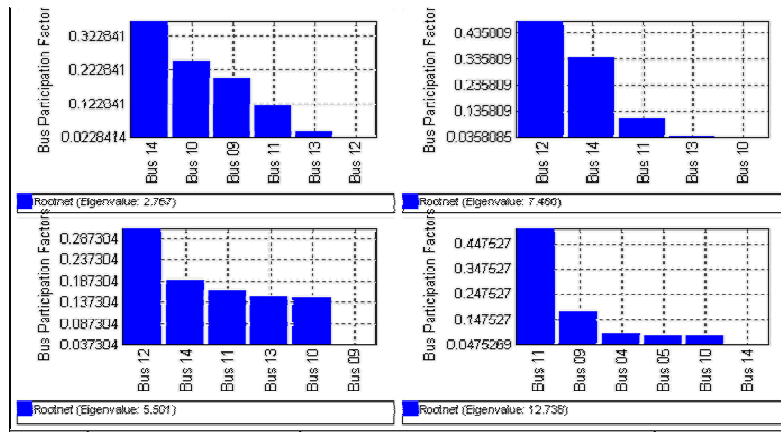
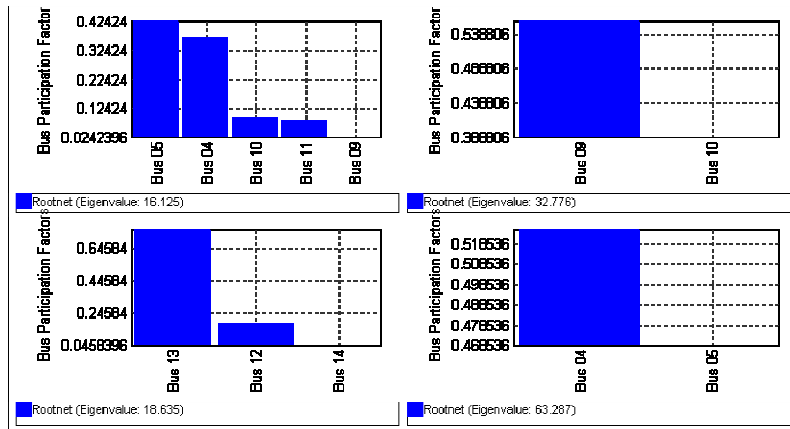
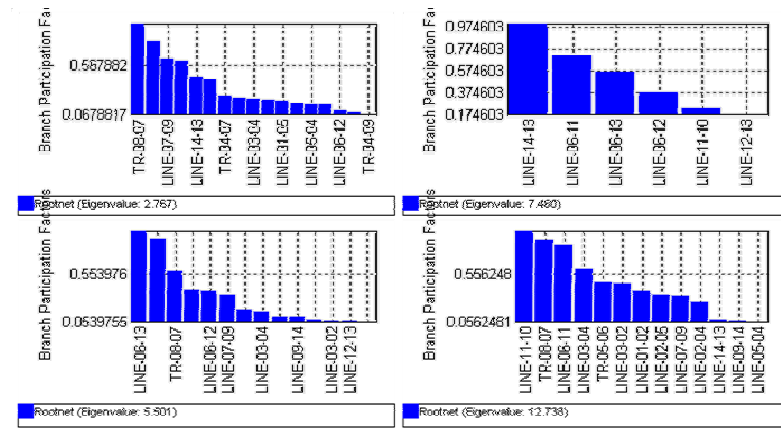
Tabela 4. Vlerat vetjake të matricës J_R për skemën e figurës 12

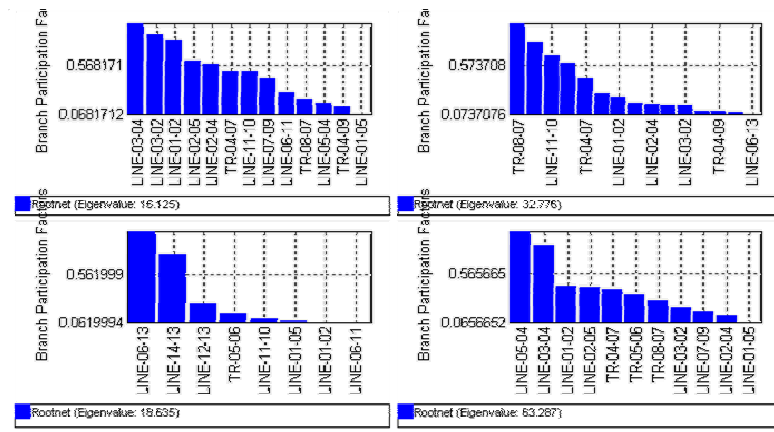
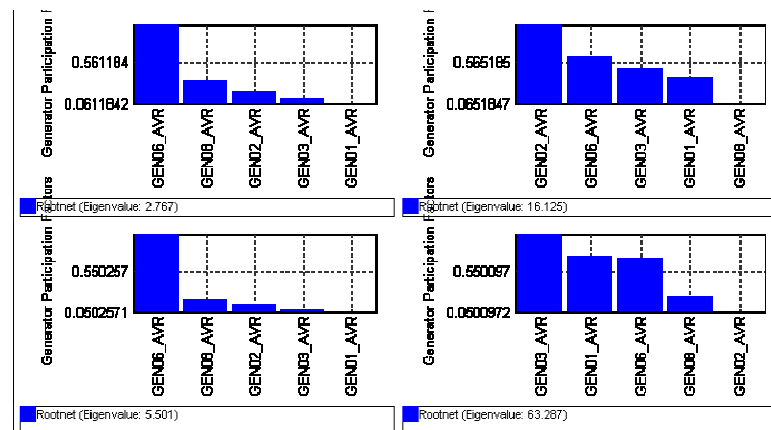
λ_i	Vlerat vetjake
λ_1	2.766516
λ_2	5.501171
λ_3	7.480001
λ_4	12.73792
λ_5	16.12472
λ_6	18.63487
λ_7	32.7763
λ_8	63.2871

Nga sa thamë më lartë vlera e koeficientit λ_i përcakton distancën nga humbja e qëndrueshmërisë së tensionit dhe në rastin tonë të studimit paraqet interes vlera më e vogël e vlerave vetjake pra: $\lambda_1 = 2.766516$. Ndërsa vlerat e tjera janë më pak të rëndësishme pasi një vlerë më e madhe e λ_i do të thotë që zhvendosemi në të djathtë të tensionit kritik pikës a në diagramën U-Q të treguar në figurën 15. Për λ_1 përcaktojmë faktorët e ndikimit të nyjeve të linjave dhe të gjeneratorëve me qëllim identifikimin e elementëve që janë më të ngarkuar dhe janë të prirur në humbjen e qëndrueshmërisë së tensionit. Në figurat e mëposhtme janë paraqitur faktorët e ndikimit të nyjeve për të gjitha vlerat vetjake λ_i

Në tabelën 5 janë paraqitur faktorët e ndikimit të linjave, nyjeve dhe gjeneratorëve rezultate të marra nga figurat 21, 23 dhe 25.

Vlera e faktorit të ndikimit për nyjet tregon afërsinë e nyjes nga humbja e qëndrueshmërisë së tensionit dhe për regjimin e fundit të qëndrueshëm nyjet me vlerën e faktorit më të madhë janë nyjet e prirura të humbasin qëndrueshmërinë.


 Figura 21. Faktorët e ndikimit të nyjeve për $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ dhe λ_4

 Figura 22. Faktorët e ndikimit të nyjeve për $\lambda_5, \lambda_6, \lambda_7$ dhe λ_8

 Figura 23. Faktorët e ndikimit të linjave për $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ dhe λ_4

Figura 24. Faktorët e ndikimit të linjave për λ_5 , λ_6 , λ_7 dhe λ_8 Figura 25. Faktorët e ndikimit të gjeneratorëve për λ_1 , λ_2 , λ_5 dhe λ_8 Tabela 5. Faktorët e ndikimit të linjave, nyjeve dhe gjeneratorëve për $\lambda_1 = 2.766516$

Pjesëmarrja e nyjeve		Pjesëmarrja e linjave		Pjesëmarrja e gjeneratorëve	
nyja	faktori	linja	faktori	gjeneratori	faktori
Bus 14	0.364512	TR-08-07	1	GEN06_AVR	1
Bus 10	0.248356	TR-05-06	0.818006	GEN08_AVR	0.334321
Bus 09	0.198878	LINE-07-09	0.636467	GEN02_AVR	0.209344
Bus 11	0.116612	LINE-06-11	0.616942	GEN03_AVR	0.121474
Bus 13	0.037995	LINE-14-13	0.455789	GEN01_AVR	0.061184
Bus 12	0.022841	LINE-06-13	0.416841		
		TR-04-09	0.067882		

Vlera e faktorit të ndikimit për linjat tregon se cila linjë ose transformator është më i ngarkuar duke u bërë dhe shkak për humbjen e qëndrueshmërisë së tensionit. Kështu një linjë me vlerë të faktorit të ndikimit të madhë tregon që linja është e mbingarkuar. Me anë të metodës mund të identifikojmë elementët më problematik të skemës dhe mund të marrim masa për rritjen e qëndrueshmërisë së tensionit, p.sh në skemën tonë mund të ndryshojmë TR-08-07 me një transformator me fuqi më të madhe si dhe mund të bëjmë kompensimin e fuqisë reaktive në fund të linjës LINE-07-09 me qëllim mënjanimin e ngarkimit të kësaj linje me fuqi reaktive.

Vlera e faktorit të ndikimit për gjeneratorët tregon se sa i ngarkuar është gjeneratori në regjimin e fundit të qëndrueshëm. Me anë të këtyre faktorëve mund të gjykojmë gjithashtu dhe për rezervën e fuqisë reaktive me qëllim ruajtjen e një niveli të kënaqësëm të sigurisë nga humbja e qëndrueshmërisë së tensionit.

4.2.5 Vlerësimi i treguesit U/U_0

Treguesi U/U_0 është shumë i thjeshtë për tu llogaritur. Në figurën 4, është e mundur të dallohet se vlera e treguesit për dy rregjime të ndryshme ngarkimi: për një regjim të përafërt me atë normal (me faktor ngarkimi $\lambda = 1, 2$) – situata A, dhe për rregjimin kritik (me faktor ngarkimi $\lambda = 1, 779$) – situata B. Ashtu siç edhe pritet, gjatë rregjimit A, sistemi është larg nga paqëndrueshmëria e tensionit. Kjo mund të provohet lehtësepse të gjithë tensionet e nyjeve marrin vlera shumë afër vlerave që merren në rastin kur në sistem kemi vendosur ngarkesën zero (U_0). Situata B tregon se tensionet e nyjeve marrin vlera shumë të ndryshme nga ato që përftohen në rastin kur në sistem kemi vendosur ngarkesën zero. Kështu që në situatën B, sistemi është më afër paqëndrueshmërisë. Figura 4, tregon se nyja kritike e sistemit është nyja 14, pasi ka vlerën më të vogël të këtij treguesi.

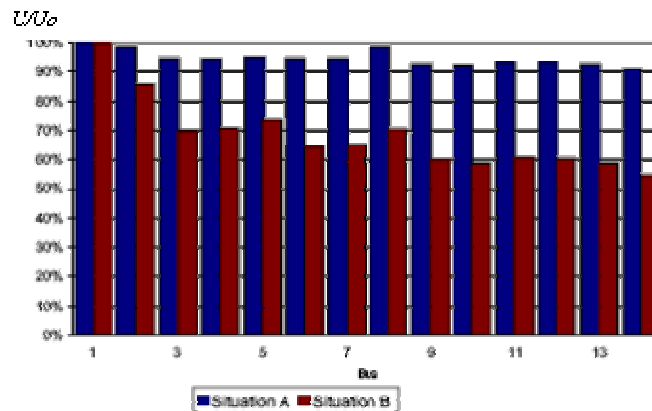


Figura 26. Treguesi U/U_0 për sistemin test IEEE me 14 nyje

4.2.6 Vlerësimi i treguesit L_j

Treguesi lokal L_j na mundëson përcaktimin në një sistem të nyjes më të dobët të tij. Figura 27 tregon vlerat e këtij indeksi për nyjet e skemës standarte IEEE14.

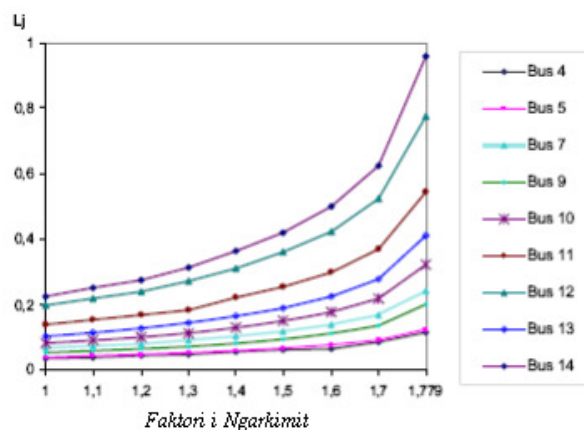


Figura 27. Vlerësimi i treguesit L_j kundrejt ndryshimit të ngarkesës

Në figurën 27 mund të dallohet lehtësisht se nyja 14 manifeston vlerën më të madhe të indeksit L_j , pra dhe nyja më kritike në sistem.

4.2.7 Vlerësimi i treguesit L

Në figurën 28, janë paraqitur grafiksht indeksi L dhe tensioni për nyjen 14 (nyja kritike) në funksion të faktorit të ngarkimit.

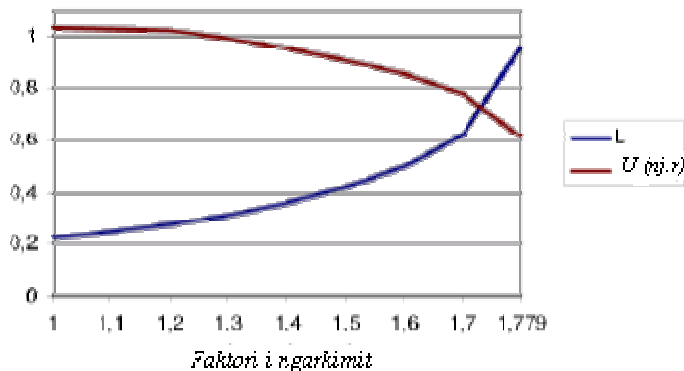


Figura 28. Treguesi i qëndrueshmërisë L dhe varesia e tij nga tensioni kritik

Në pikën kritike për $L=0.958$, qëndrueshmëria e tensionit është e garantuar. Limiti i qëndrueshmërisë arrihet për vlerën e treguesit $L=1$.

4.2.8 Vlerësimi i treguesve të qëndrueshmërisë së linjës

Për të shqyrtuar rezultatin e treguesve të qëndrueshmërisë së linjës ngarkesa reaktive është rritur gradualisht, në secilën nyje një nga një, duke nisur nga vlera në rregjimin normal deri në vlerën maksimale të lejuar, ndërkohë që ngarkesa në nyjet e tjera është ruajtur e pandryshuar. Kjo llogaritje është kryer për disa prej nyjeve të sistemit por në vijim janë paraqitur vetëm rezultatet për nyjet 10, 11 dhe 14. Në tabelën 6 tregohen rregjimet e vështira të punës së linjës kur nyjet janë tëmbingarkuara. Vlerat e treguesve të qëndrueshmërisë së linjës janë maksimale gjatë ngarkimit maksimal të çdo nyje ngarkese. Linja me vlerën më të madhe të treguesit kundrejt një nyje konsiderohet si linja më kritike për atë nyje. Nga tabela 6 shikohet se linja që lidh nyjen 9 me 10 është më kritikja referuar nyjes 10, linja 6-11 është më kritikja referuar nyjes 11 dhe 9-14 është linja më kritike e nyjes 14. Kjo tabelë gjithashtu ilustron se për çdo rregjim ngarkimi $VCPI(1)$ është gjithmonë e barabartë me $VCPI(2)$. Tabela 6 tregon se llogaritja e treguesve të linjës ka një shkallë të lartë saktësie dhe besueshmërie. Treguesit e qëndrueshmërisë së linjës mund të përcaktojnë nyjen më të dobët bazuar në ngarkesën maksimale të lejuar. Vihet re se në nyjet 10, 11 dhe 14 merren vlerat 0,948 p.u., 0,855 p.u. and 0,728 p.u. respektivisht për vlerën maksimale të lejuar të fuqisë reaktive. Në kushtet kur nyja 14 ka vlerën më të vogël të mbingarkimit të lejuar, konsiderohet si nyja më kritike.

Tabela 6. Treguesit e qëndrueshmërisë së linjës

Ngarkesa (mj.r)	Linja	L _{mn}	FVSI	LQP	VCPI(1)	VCPI(2)
Q10=0.948	9-10	0.5238	0.5405	0.4741	0.495	0.495
	10-11	0.5213	0.5346	0.4557	0.4947	0.4947
Q11=0.855	6-11	0.7723	0.8272	0.681	0.7311	0.7311
	10-11	0.6265	0.6673	0.5692	0.5969	0.5969
Q14=0.728	9-14	0.8475	0.8994	0.756	0.8184	0.8184
	13-14	0.801	0.8493	0.7	0.7668	0.7668

Në përfundim mund të themi se analiza krahasuese e realizuar për skemën standarte me 14 nje përmes metodave statike të vlerësimit të qëndrueshmërisë së tensionit na dha rezultate shumë të sakta. Rezultate nga njëra metodë të tjetra u përputhën duke nxjerrë në pah shkallën e saktësisë së tyre.

5. KOEFICIENITI I SIGURISË SË QËNDRUESHMËRISË SË TENSIONIT

Në [1] sugjerohet që koeficienti i sigurisë të qëndrueshmërisë së tensionit të jetë 130%. Vlerësimi i sigurisë së sistemit bëhet me kritere të ndryshme. Një nga kriteret më të përdorura është kriteri i sigurisë N-1. Në analizën e mësipërme nuk është marrë në konsideratë kriteri i sigurisë N-1. Kushti i vendosur sipas [1] që limiti i sistemit të qëndrueshëm të vendoset në kufijtë 130% lidhet ngushtë me sigurinë e sistemit sipas kriterit N-1. Kështu në skemën e mësipërme nëq zbatohet këtë kriter dhe stakojmë rrathëelementet të cilët rezultojnë si më kritikët nisur nga llogaritja e faktorëve pjesëmarrës të degëve, përkatesisht Branch10 dhe Branch8 vërejmë që koeficienti i sigurisë së qëndrueshmërisë së tensionit zvogëlohet në masën 53.75 %. deri 21.5% respektivisht.

Në figurën 29 është paraqitur faktori i pjesëmarrjes së degëve nga e cila kemi përzgjedhur dy degët 10 dhe 8 për t'iu nënshtruar vlerësimit sipas kriterit N-1.

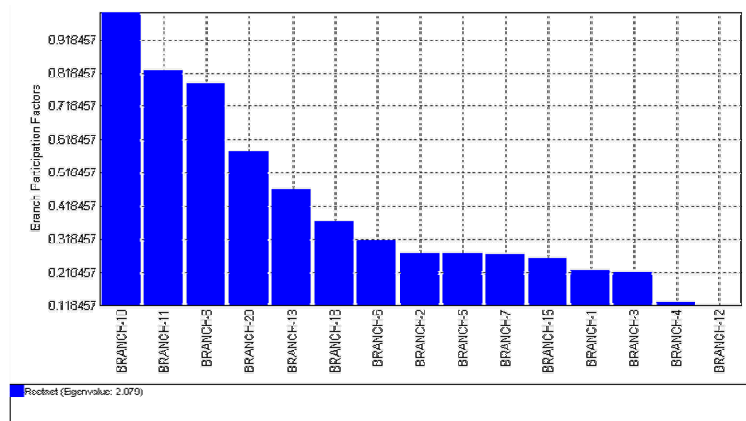


Figura 29. Faktori i pjesëmarrjes së degëve për skemën standarte IEEE14

Vërejmë se koeficienti i qëndrueshmërisë së tensionit ulet për kurbat P-U nga vlera 178.75% në 125% për stakimin e Branch10 (Figura 30) dhe në 157.50% për stakimin e Branch 8 (Figura 31.).

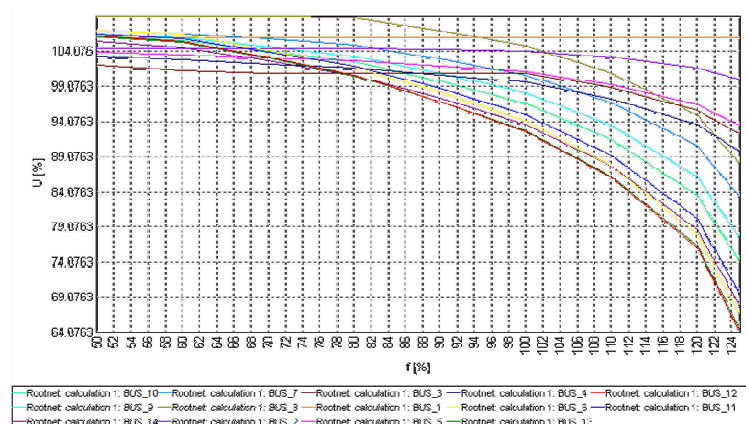


Figura 30. Kurbat P-U pas stakimit të Branch10

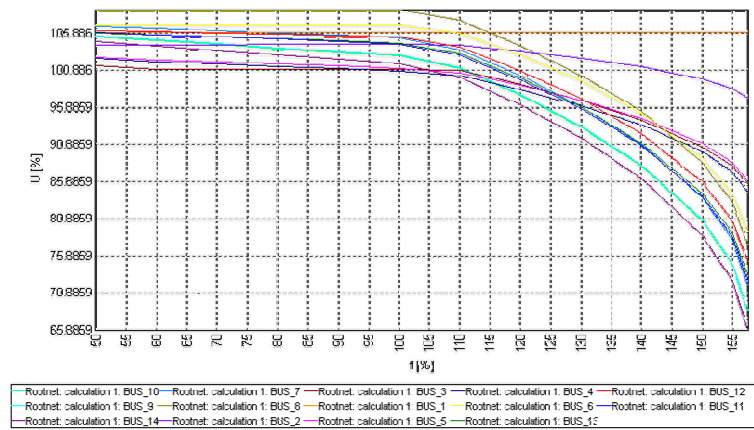


Figura 31. Kurbat P-U pas stakimit të Branch8

Pra shohim edhe ne rastin kur në skemë analizohet kriteri i sigurisë N-1, vihet re se kur stakohet Branch10, kushti i vendosur sipas[1] që limiti i sistemit të qëndrueshëm të vendoset në kufijtë 130% respektohet pasi kufiri maksimal i ngarkimit është 157.50%. Ndërkohë për Branch8 ky kusht është në kufijtë e tij.

Pra për ta përgjithësuar analizën e mësipërme: edhe pse në analizën e sistemit shqiptar elektroenergjetik nuk jemi ndalur në vlerësimin e qëndrueshmërisë së tensionit përmes kriterit N-1, kjo nuk na pengon në arritjen e rezultateve pasi sapo u ilustrua nga llogaritjet në skemën standarte se kushti i vendosur sipas[1] që limiti i sistemit të qëndrueshëm të vendoset në kufijtë 130% lidhet ngushtë me sigurinë e sistemit sipas kriterit N-1.

KAPITULLI IV

VLERËSIMI I QËNDRUESHMËRISË SË TENSIONIT PËR
SISTEMIN SHQIPTAR ELEKTROENERGJETIK

Punimi i doktoratës analizon qëndrueshmërinë e tensionit të sistemit Shqiptar elektroenergjetik përmes vlerësimit të kapaciteteve të tij për të ruajtur profile të qëndrueshme të tensionit gjatëndryshimit të ngarkesës aktive/reaktive. Analiza e qëndrueshmërisë së tensionit është realizuar përmes softit aplikativ NEPLAN dhe modulit të tij llogaritës “Voltage stability”.

Ky punim analizon rezultatet e përfuara nga metoda të ndryshme me qëllim vlerësimin e impaktit që kanë kundrejt qëndrueshmërisë së tensionit, investimevet e kryera në drejtim të përforcimit të rrjetit. Rezultatet e analizës tregojnë se gjatë rregjimeve të ngarkuara të punës së sistemit Shqiptar elektroenergjetik problemet që lidhen me qëndrueshmërinë e tensionit nuk mund të tejkalohen, edhe me kyçjen në sistem të pajisjeve kompensuese. Kapacitete të reja transmetuese janë të domosdoshme për të përmirësuar qëndrueshmërinë e tensionit.

Theksojmë që kriteri i siguriës N-1 nuk është aplikuar në analizën e sistemit tonë elektroenergjetik. Në kapitullin 3 ne tregojmë që kufiri i siguriës 130% shërben si rezervë për sigurinë N-1 të sistemit.

1. PSE QËNDRUESHMËRIA E TENSIONIT PËR SISTEMIN SHQIPTAR ELEKTROENERGJETIK?

Me ndryshimet e medha ekonomike-sociale dhe levizjen e lirë të popullsisë, konsumi i energjisë elektrike në Shqipëri ka ndryshuar ndjeshëm. Problemi kryesor me të cilin përballët sistemi Shqiptar elektroenergjetik është rritja me shpejtësi e kërkesës për energji ndërkohe që shtimi i burimeve gjeneruese është i kushtëzuar nga kapitali i kufizuar. Në vitet e kaluara, janë regjistruar disa dëmtime në sistemin Shqiptar elektroenergjetik për shkak të paqëndrueshmërisë së tensionit.

Sistemi Shqiptar i transmetimit ka një profil të zgjatur nga veriu në jug duke shkaktuar në këtë mënyrë një profil të thyer të tensionit dhe shumë dëmtime në sistem për shkak të paqëndrueshmërisë së tensionit. Mbi 90% e energjisë në sistemin elektroenergjetik Shqiptar prodhohet nga hidrocentralet. Ata janë kryesisht të vendosur në lumin Drin, i cili është në pjesën veriore të vendit dhe përfaqëson më shumë se 85% të kapacitetit total të instaluar në vend. Kapaciteti gjenerues varion nga 3500–4800 deri në 7700 GWh respektivisht në varësi të nivelit të reshjeve dhe kushteve hidrologjike. Ndërkohë që prodhimi është përqëndruar në pjesën veriore të vendit kërkesa për energji është pozicionuar në qendër dhe në jug të vendit, situatë e cila përkthehet në kushte të vështira për shpërndarjen e flukseve të fuqisë. Pjesa më e madhe e rënieve të plota ose të pjesëshme të sistemit elektroenergjetik janë shoqëruar me një ndryshim të theksuar të magnitudave të tensionit[3], fakt që nxjerr në pah nevojën për kryerjen e analizës së qëndrueshmërisë së tensionit për sistemin elektroenergjetik.

Për të nënvizuar akoma dhe më shumë nevojën që ka sistemi ynë elektroenergjetik për llogaritjen e qëndrueshmërisë së tensionit në Figuren 1 tregohet ngarkimi i linjave kryesore të transmetimit 220/400kV gjatë dy viteve të ndryshme, përkatësisht 1997 dhe 2010. Nga ky krahasim[74] vihet re se disa prej linjave të transmetimit (për shembull Elbasan1-Elbasan2, Elbasan1-Fier, Tirana-Rrëshbull) punojnë në vlerën 97% kundrejt ngarkimit maksimal të lejuar.

Për të vlerësuar qëndrueshmërinë e tensionit të sistemit elektroenergjetik shqiptar është zgjedhur viti 2010, për disa arsye. Së pari, në këtë vit energjia e prodhuar nga HEC-et kanë prodhuar rreth 7743 GWh, d.m.th. sistemi elektroenergjetik ndodhet në kushtet më të vështira nga pikëpamja e ngarkimit të linjave të transmetimit. Së dyti, viti 2010 shënon në mënyrë të plotë dhe përfundimtare konsolidimin e furnizimit të pandërprerë të konsumatoreve me energji elektrike.

Gjatë vitit 2010, sikurse edhe gjatë vitit 2009, të vetmet ndërprerje energjie kanë qënë vetëm ato për shkak të defekteve në rrjet ose për shkak të remonteve të paralajmëruara. Duke qënë kështu, edhe viti 2010 shpreh në mënyrë objektive nivelin real të kërkesës vjetore për energji elektrike. Së treti, arsye tjetër e rëndësishme është se gjatë këtij viti nisi rruga e investimeve në gjenerim, transmetim dhe shpërndarje.

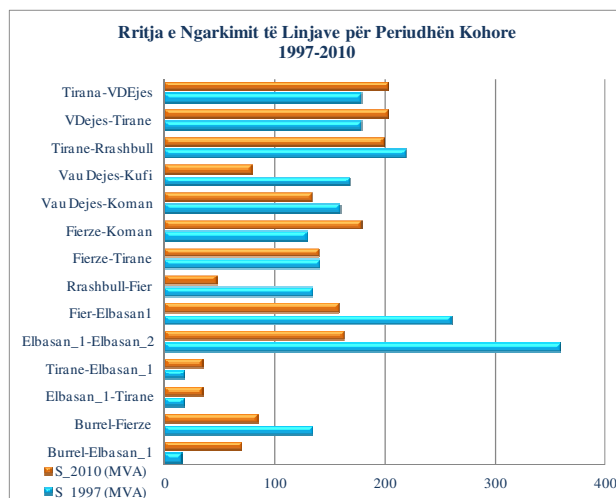


Figura 1. Ngarkimi i linjave më të rëndësishme 220/400 kV të transmetimit

Për të bërë një analizë të plotë krahasuese në këtë punim janë marrë në konsideratë tre rregjime të ndryshme pune, maksimal, mesatar dhe minimal. Këto rregjime i përkasin muajit më të ngarkuar të vitit, përkatesisht muajit Dhjetor. Në Figurën 2 jepet ndryshimi i grafikut të ngarkesës për datën 15 Dhjetor 2010.

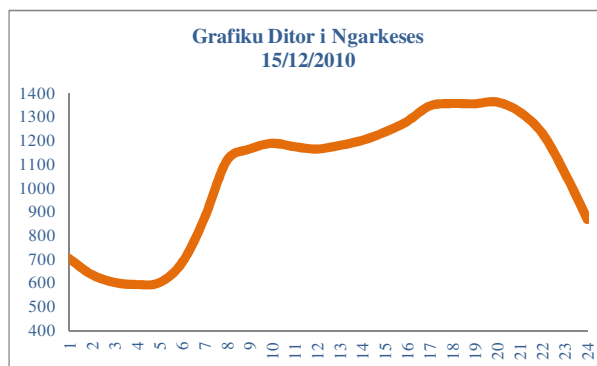


Figura 2. Grafiku ditor i ngarkesës, 15 Dhjetor 2010

Në figurën 3 jepen profilet e tensionit për nyjet kryesore të sistemit gjatë tre rregjimeve të punës së sistemit shqiptar elektroenergetik përkatesisht për datën 15 Dhjetor 2010. Nga ky grafik është lehtësisht e dukëshme situata e rënduar kundrejt tensionit, situatë në të cilën operon sistemi shqiptar elektroenergetike. Profili më i ulët i tensionit vihet re kryesisht gjatë rregjimit maksimal të punës së sistemit.

Problemet e mbingarkimit në sistemet e transmetimit dhe të shpërndarjes dhe kufizimet në kapacitetet gjeneruese kanë çuar jo pak herë në rënien të pjeseshme dhe të plota të sistemit apo në shkarkim të ngarkesës nën tension. Një situatë e tillë ka rritur nevojën në përmirësimin në sektorin e prodhimit dhe shfrytëzimit të energjisë, nevojën për lidhje të reja të interkoneksionit

me qëllim rritjen e kapaciteteve shkëmbyese me vendet fqinje, si dhe në nevojën e rehabilitimit të objekteve ekzistuese apo në implementimin e objekteve të reja energjetike.

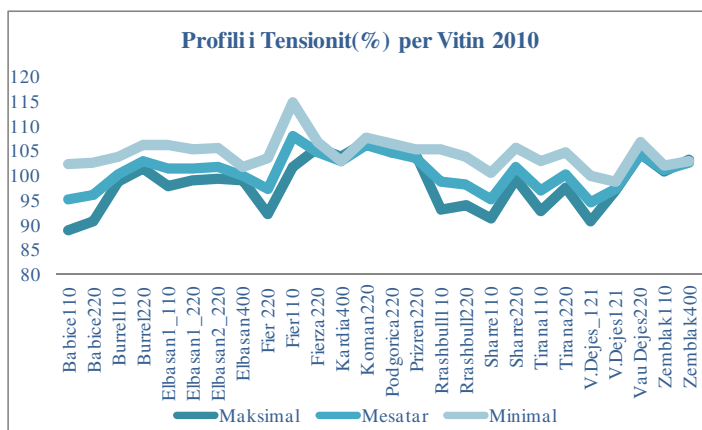


Figura 3. Profili i tensioni në sistemin shqiptar të transmetimit 15 Dhjetor 2010

Në një situatë të tillë kompanitë energjetike ishin të detyruara për të përforcuar rrjetin e transmetimit si dhe për të kryer kompensimin e fuqisë reaktive kryesisht në pjesën jugore të vendit.

Janë realizuar disa projekte me qëllim rehabilitimin e centraleve ekzistuese, forcimin e rrjetit të shpërndarjes, ndërkohë që zhvillimi i rrjetit të transmetimit është bërë me hapa më të vegjël.

Nga sa me sipër si dhe situata e sistemit shqiptar elektroenergjetik (kapitulli 1) lind natyrshëm pyetja se çfarë po ndodh me qëndrueshmërinë e tensionit. E rrjedhimish nevoja për kryerjen e një analize të plotë të qëndrueshmërisë së tensionit.

Në këtë punim janë marrë në analizë problematika e qëndrueshmërisë së tensionit dhe masat e ndërmarra gjatë fazave të ndryshme të zhvillimit të sistemit Shqiptar elektroenergjetik.

- 1- Një nga mundësitë e marra në konsideratë për të kaluar problemet e profilit të thyer të tensionit në pjesën jugore të vendit ka qënë instalimi i një pajisjeje kompensuese. Përmes kësaj pajisjeje do të mund të ruheshin nivelet e tensionit sipas kriterit të planifikimit të rrjetit të transmetimit. Operatori i sistemit të transmetimit ka instaluar në vitin 2010 një pajisje kompensuese në nënstacionin Fier 110kV me kapacitet $Q_c=45.2\text{MVar}$. Impakti pas këtij investimi ishte i konsiderueshëm, e megjithatë kufiri i qëndrueshmërisë së tensionit nuk u arrit të përmirësohej. Analiza e rregjimit më të ngarkuar të sistemit shqiptar elektroenergjetik tregon se impakti i kompensimit shunt nuk e zgjidh problematikën e qëndrueshmërisë së tensionit. Nevojiten kapacitete të reja transmetuese në kushte kur kërkesa për energji nga ana e konsumatorëve vetëm rritet.
- 2- Kufizimet në kapacitetet gjeneruese dhe transmetuese si dhe detyrimi për të mbyllur brenda territorit tonë rrjetin 400kV të rajonit të Ballkanit, ishin vendimtare në marrjen në konsideratë të ndërtimit të linjës së rre 400 kV të ndërlidhjes Tirana 2-Podgorica. Impakti i ndërtimit të kësaj linje në qëndrueshmërinë e tensionit është i dukshëm.

Në vijim të këtij punimi analizohet qëndrueshmëria e sistemit Shqiptar elektroenergjetik gjatë rregjimeve të ndryshme të punës së tij, maksimal, mesatar dhe minimal, kundrejt tensionit si dhe impakti i investimeve të kryera në sistem në drejtim të perforcimit të rrjetit. Është e evidente rëndësia e analizës së qëndrueshmërisë së tensionit e në mënyrë të veçantë e identifikimit të kufirit të qëndrueshmërisë së tensionit.

2. ANALIZA E SISTEMIT ELEKTROENERGJETIK SHQIPTAR

Vlerësimi i qëndrueshmërisë së tensionit për sistemin elektroenergjetik Shqiptar për tre skenarë të ndryshëm të rregjimit maksimal/mesatar/minimal të tij (Tabela 1):

Tabela 1. Tre skenarët e sistemit Shqiptar elektroenergjetik

Skenari 1
• regjimi maksimal/mesatar/minimal i 2010
Skenari 2
• regjimi maksimal/mesatar/minimal i 2010 me një investim, kompensimi shunt (45.2 MVar) në nënstationin e Fierit
Skenari 3
• regjimi maksimal/mesatar/minimal i 2010 me një investim, linje e re transmetimi 400 kV, Elbasan2-Tirana2-Podgoricë

Për secilin rast do të analizojmë qëndrueshmërinë e tensionit përmes metodave të njohura siç janë kurbat P-U dhe U-Q, analiza e ndjeshmërisë U-Q dhe analiza modale. Llogaritjen e kemi realizuar përmes softit profesional NEPLAN. Qëllimi kryesor në përfundim të këtij studimi është përcaktimi i koeficientit të sigurisë së qëndrueshmërisë së tensionit dhe shkallës së ndikimit që ka investimi në rrjetin shqiptar të transmetimit në qëndrueshmërinë e tensionit. *Theksojmë se në regjimin minimal topologjia e sistemit ndryshon pasi janë stakuar dy gjeneratorë të Hec Koman.*

Në figurat 4 dhe 5 jepen topologjitë e sistemit shqiptar elektroenergjetik për vitin 2010 dhe 2013. Në skemën e vitit 2010 pjesën më të madhe të rrjetit të transmetimit e mbulon niveli 220 kV i tensionit i cili është tërësisht i lidhur në unazë. Sistemi ka 65 nyje dhe 20 gjeneratore siç tregohet në figurën 4. Vetëm linjat Elbasan2-Zemblak dhe Zemblak –Kardia (linjë interkonjeksioni) janë në nivelin 400 kV të lidhur radialisht.

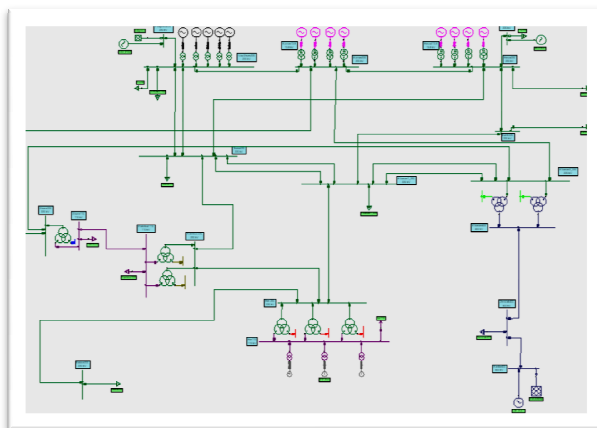


Figura 4. Topologjia e sistemit shqiptar elektroenergjetik për vitin 2010

Që prej 10 korrikut 2011 dy linja 400 kV kanë përfunduar së ndërtuari dhe janë operative së bashku me nënstationin 400/220/110 kV Tirana2. Linja 400 kV Elbasan – Tirana2 - Podgoricë ka mundur mbylljen në territorin tonë të unazës 400 kV si pjesë e rrjetit rajonal të Ballkanit [3].

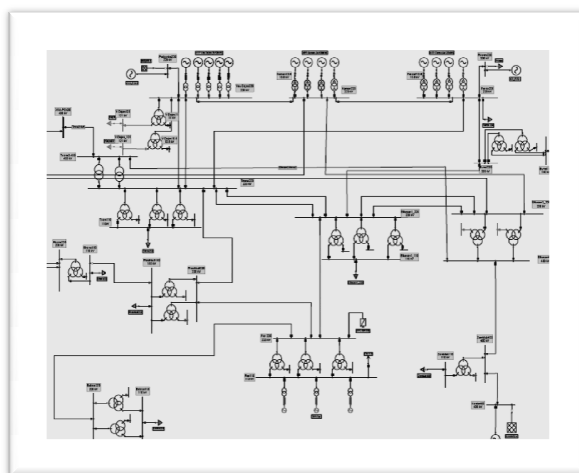


Figura 5. Topologjia e sistemit shqiptar elektroenergjetik për vitin 2013

Të tre skenarët e përmendur më sipër do të analizohen për tre regjime të ndryshme të sistemit shqiptar elektroenergjetik. Për të tre regjimet është vlerësuar qëndrueshmëria e tensionit dhe njëkohesisht është vlerësuar dhe impakti i investimeve të kryera në sistem pas vitit 2010. Nga një llogaritje e thjeshtë e shpërndarjes së flukseve të fuqisë që kemi kryer për tre skenarët e sipërpërmendur në figurën 6 shohim se niveli i tensionit pas investimeve të kryera ka pësuar një rritje të konsiderueshme sidomos në skemën e vitit 2013 ku është instaluar një linjë e re 400 kV.

Vërehet se për rregjimin *maksimal* të punës së sistemit elektroenergjetik përdorimi i kompensimit shunt ka përmirësuar mesatarisht me 1.3% profilin e tensionit të sistemit dhe deri në 3.51% në nënstationin e Fierit 110 kV. Ndërtimi i linjës së re të transmetimit 400 kV ka ndikuar në mënyrë të konsiderueshme në profilin e tensionit të sistemit. Pra, profili i tensionit të sistemit është përmirësuar mesatarisht me 4.5% dhe deri në 8.7% në nënstationin e Fierit.

Për rregjimin *mesatar* të punës së sistemit elektroenergjetik shihet se përdorimi i kompensimit shunt ka përmirësuar mesatarisht me 1.06% profilin e tensionit të sistemit dhe deri në 3.12% në nënstationin e Fierit. Ndërtimi i linjës së re të transmetimit 400 kV ka ndikuar në mënyrë të konsiderueshme në profilin e tensionit të sistemit. Pra, profili i tensionit të sistemit është përmirësuar mesatarisht me 3.19% dhe deri në 6.53% në nënstationin e Fierit.

Për rregjimin *minimal* të punës së sistemit elektroenergjetik përdorimi i kompensimit shunt ka përmirësuar mesatarisht me 1.04% profilin e tensionit të sistemit dhe deri në 3.14% në nënstationin e Fierit. Ndërtimi i linjës së re të transmetimit 400 kV ka ndikuar në mënyrë të konsiderueshme në profilin e tensionit të sistemit. Pra, profili i tensionit të sistemit është përmirësuar mesatarisht me 2.1% dhe deri në 6.24% në nënstationin e Fierit.

Punimi i doktoratës analizon qëndrueshmërinë statike të tensionit, me qëllim për të kontrolluar aftësinë e sistemit shqiptar energjetike për të ruajtur profilin e tensionit në praninë e variacioneve aktive/reaktive të ngarkesës. Analiza e qëndrueshmërisë së tensionit është kryer me anë të metodave të ndryshme statike. Rezultatet e metodave të ndryshme janë përdorur për të krahasuar saktësinë e rezultateve të përfuara si dhe ndikimin e investimeve në qëndrueshmërinë e tensionit. Për të vlerësuar sistemin shqiptar elektroenergjetikë për nga qëndrueshmëria e tensionit do të duhet të llogarisim disa prej metodave. Për të tre situatat do të krahasojmë rezultatet e përfuara.

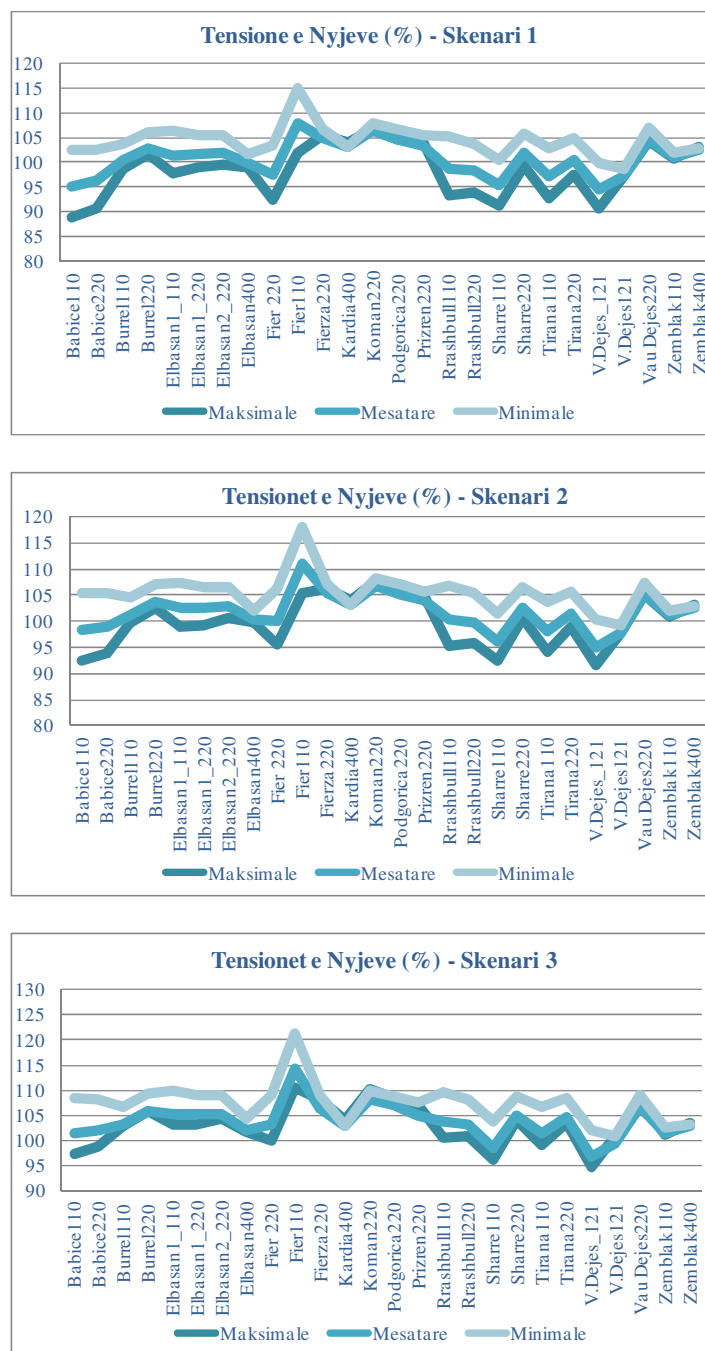


Figura 6. Profili i tensioneve të nyjeve (%) për tre skenarët

3. METODAT STATIKE PËR VLERËSIMIN E QËNDRUESHMËRISË SË TENSIONIT

3.1 Kurbat U-Q

Kurbat U-Q gjenerohen nga llogaritje të njëpasnjëshme të flukseve të fuqisë. Nyja kritike(e dobët) është ajo që plotëson kushtet:

- a) nyja me vlerën më të ulët të tensionit kritik
- b) rezervën më të ulët të fuqisë reaktive

Meqënëse orteku i tensionit nis në nyjen më të dobët të SE e më pas përhapet në nyjet e tjera, do të duhet të identifikohen të gjitha nyjet kritike të sistemit elektroenergetike. Nëpërmjet softit NEPLAN, analiza e kurbave U-Q realizohet pasi llogaritjen e inicializojme duke përzgjedhur nyjet për të cilat ne dëshirojmë që të ndërtojmë kurbat U-Q si dhe intervalin e ndryshimit të tensionit (kufiri i ulët dhe i lartë i tensionit). Zbarra më kritike është më e rëndësishmja në analizën e ortekut të tensionit. Zbarra më kritike është ajo që do të shfaqë një nga kushtet e mëposhtme: a) e ka pikën më të lartë të tensionit kritik, b) ka rezervën më të ulët të fuqisë reaktive, c) ka defiçitin më të madh të fuqisë reaktive, ose d) ka ndryshimin më të madh në përqindje të tensionit [75].

A. Skenari 1

A.1 Regjimi maksimal

Për skenarin e parë - skema e vitit 2010, për rregjimin maksimal të saj dhe pa asnjë investim të kryer (Figura 7), shihet se pika më e ulët (pika kritike) është në kurbën U-Q të nyjes Babica110 me -64,2MVar. Të gjitha pikat e kurbës në të majtë të pikës minimale janë të paqëndrueshme.

Pikat në të djathtë të pikës minimale janë të qëndrueshme. Meqënëse pika minimale e kurbës U-Q është mbi boshtin horizontal, sistemi është defiçitar në fuqinë reaktive. Rritje e fuqisë reaktive së injektuar është e nevojshme për të parandaluar ortekun e tensionit. Duke ditur se rënia e tensionit fillon në zbarrën më kritike dhe më pas përhapet në të tjera zbarra të dobëta(kritike). Nga figura 7 mund të identifikojmë disa pika të tjera minimale të kurbave U-Q: Rrashbull110, Sharrë110 dhe Babica220 me respektivisht -92.8MVar, -95MVar dhe -95.4MVar. Sistemi është defiçitar në fuqi reaktive.

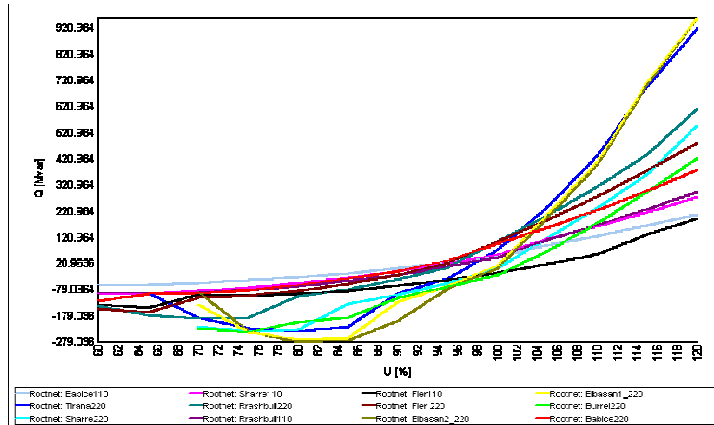


Figura 7. Kurbat U-Q per per rregjimin maksimal - skenari 1

Vlerat e arritura për zbarren kritike në pikën kritike është: për nivelin e tensionit 65%, energjia reaktive e kërkuar është -64,2 MVar (ngarkesa maksimale MVar para ortekut).

A.2 Regjimi mesatar

Për skenarin e parë - skema e vitit 2010, për rregjimin mesatar të saj dhe pa asnjë investim të kryer (Figura 8), shihet se pika më e ulët (pika kritike) është në kurbën U-Q të nyjes Babica 110 me -119MVar. Të gjitha pikat e kurbës në të majtë të pikës minimale janë të paqëndrueshme. Pikat në të djathtë të pikës minimale janë të qëndrueshme. Meqënëse pika minimale e kurbës U-Q është mbi boshtin horizontal, sistemi është defiçitar në fuqinë reaktive. Rritje e fuqisë reaktive së injektuar është e nevojshme për të parandaluar ortekun e tensionit. Duke ditur se rënia e tensionit fillon në zbarrën më kritike dhe më pas përhapet në të tjera zbarra të dobëta(kritike). Nga figura 8 mund të identifikojmë disa pika të tjera minimale të kurbave U-Q: Sharrë110, Burrel110, Rrashbull110 dhe Babice220 me respektivisht -168MVar, -179.2MVar, -200MVar dhe -212MVar. Sistemi është defiçitar në fuqi reaktive.

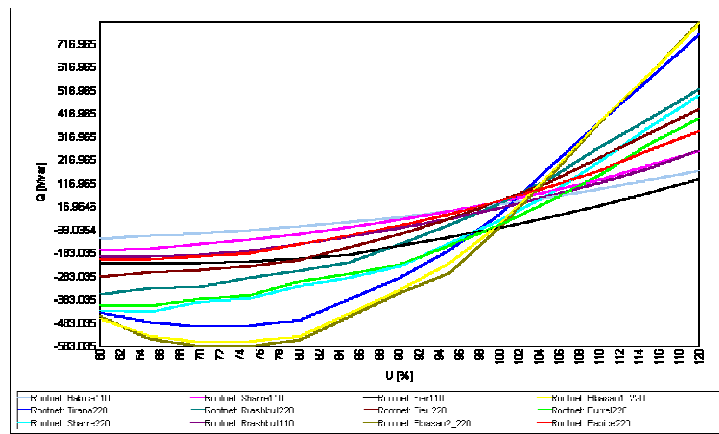


Figura 8. Kurbat U-Q për rregjimin mesatar - skenari 1

Vlerat e arritura për zbarren kritike në pikën kritike është: për nivelin e tensionit 60%, energjia reaktive e kërkuar është -119MVar (ngarkesa maksimale MVar para ortekut).

A.2 Regjimi minimal

Për skenarin e parë - skema e vitit 2010, për rregjimin minimal të saj dhe pa asnjë investim të kryer (Figura 9), shihet se pika më e ulët (pika kritike) është në kurbën U-Q Babica 110 me -146.46 MVar. Të gjitha pikat e kurbës në të majtë të pikës minimale janë të paqëndrueshme. Pikat në të djathtë të pikës minimale janë të qëndrueshme.

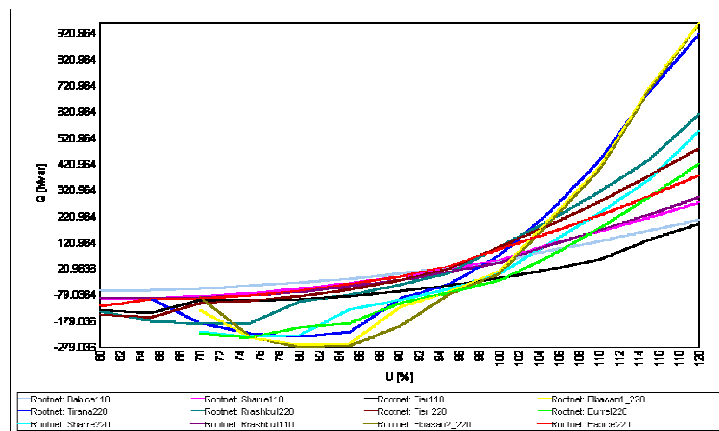


Figura 9. Kurbat U-Q për rregjimin minimal - skenari 1

Meqënëse pika minimale e kurbës U-Q është mbi boshtin horizontal, sistemi është deficitar në fuqinë reaktive. Rritja e fuqisë reaktive së injektuar është e nevojshme për të parandaluar ortekun e tensionit. Duke ditur se rënia e tensionit fillon në zbarren më kritike dhe më pas përhapet në të tjera zbarra të dobëta(kritike). Nga figura 9 ne mund të identifikojmë disa pika të tjera minimale të kurbave U-Q: Sharrë110, Burrell 110 dhe Rrashbull110 me respektivisht-207.5MVar, -214.36MVar dhe -275.4MVar. Sistemi është deficitar në fuqi reaktive.Vlerat e arritura për zbarren kritike në pikën kritike është: për nivelin e tensionit 60%, energjia reaktive e kërkuar është -146.46 MVar (ngarkesa maksimale MVar para ortekut).

B. Skenari 2

B.1 Regjimi maksimal

Për skenarin e dytë - skema e vitit 2010, për rregjimin maksimal të saj dhe me një investim të kryer(Figura 10), kompensimi shunt, në nyjen Fier220 ($Q_c=45.2\text{MVar}$) shihet se nyjet më kritike janë të njëjtat me skenarin e parë. Kështu, rezerva më e vogël e fuqisë reaktive është për

Babica110 me -76.6 MVar, dhe zbarra të tjera kritike janë Rrashbull110, Sharre110 dhe Babica220 me respektivisht -109.4MVar, -107.7MVar dhe -113.9MVar.

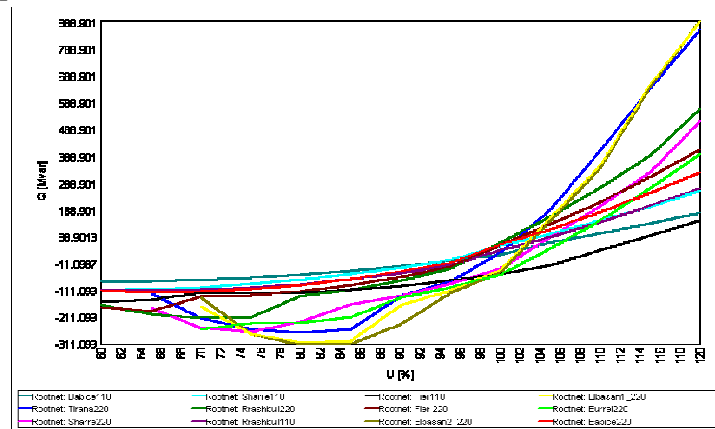


Figura 10. Kurbat U-Q për rregjimin maksimal - skenari 2

Vlerat e arritura për zbarrën kritike në pikën kritike është: për nivelin e tensionit 60%, energjia reaktive e kërkuar është -76.6 MVar (ngarkesa maksimale MVar para ortekut). Pra, rezerva e fuqisë reaktive është përmirësuar me 12.4 MVar dhe pika e ortekut të tensionit ka lëvizur nga 65% në 60%.

B.2 Regjimi mesatar

Për skenarin e dytë - skema e vitit 2010, për rregjimin mesatar të saj dhe me një investim të kryer(Figura 11/1), kompensimi shunt, në nyjen Fier220 ($Q_c=45.2\text{MVar}$) shihet se nyjet më kritike janë të njëjtat me skenarin e parë.

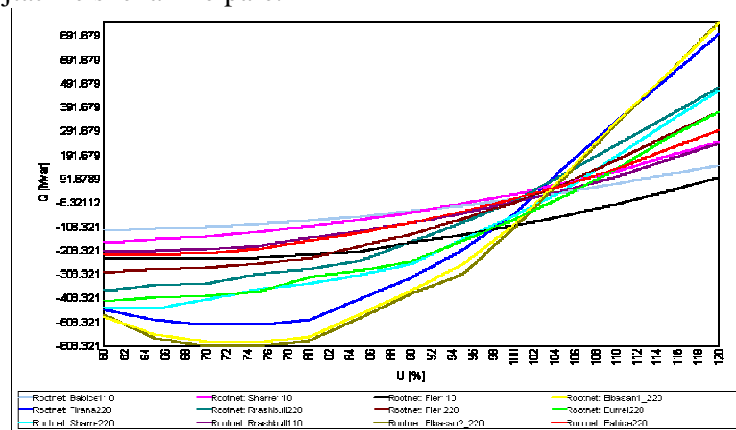


Figura 11/1. Kurbat U-Q për rregjimin mesatar - skenari 2

Kështu, rezerva më e vogël e fuqisë reaktive është për Babica110 me -123MVar, dhe zbarra të tjera kritike janë Sharrë110, Burrel110, Rrashbull110 dhe Babicë220 me respektivisht -176MVar, -186.3MVar, -212MVar dhe -227.3MVar. Vlerat e arritura për zbarrën kritike në pikën kritike është: për nivelin e tensionit 60%, energjia reaktive e kërkuar është -123 MVar (ngarkesa maksimale MVar para ortekut). Pra, rezerva e fuqisë reaktive është përmirësuar me 4 MVar ndërkohë që pika e ortekut të tensionit nuk ka ndryshuar nga 60%.

B.3 Regjimi minimal

Për skenarin e dytë- skema e vitit 2010, për rregjimin minimal të saj dhe me një investim të kryer(Figura 11/2),kompensimi shunt, në nyjen Fier220 ($Q_c=45.2\text{MVar}$) shihetse nyjet më kritike janë të njëjtat me skenarin e parë. Kështu, rezerva më e vogël e fuqisë reaktive është për Babica110 me -155.9 MVar, dhe zbarra të tjera kritike janë Sharre110, Burrel 110 dhe Rrashbull110 me respektivisht -207.5MVar, -220.8MVar dhe -286.4MVar.

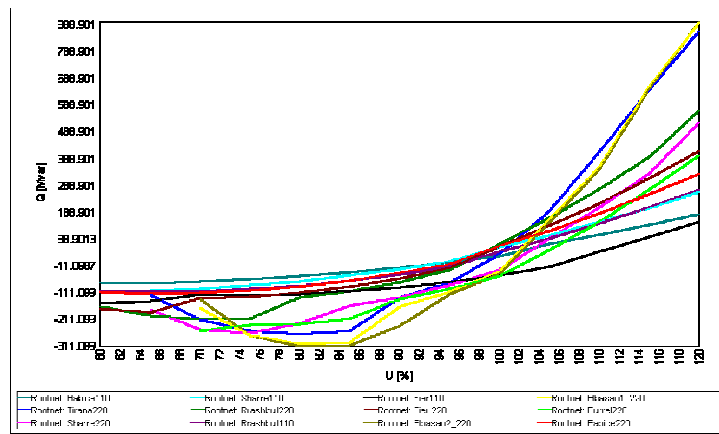


Figura 11/2. Kurbat U-Q për rregjimin minimal - skenari 2

Vlerat e arritura për zbarrën kritike në pikën kritike është: për nivelin e tensionit 60%, energjia reaktive e kërkuar është -155.9 MVar (ngarkesa maksimale MVar para ortekut). Pra, rezerva e fuqisë reaktive është përmirësuar me 9.44 MVar ndërkohë që pika e ortekut të tensionit nuk ka ndryshuar nga 60%.

C. Skenari 3

C.1 Regjimi maksimal

Për skenarin e tretë - skema e vitit 2013, për rregjimin maksimal të saj dhe me një investim të kryer (Figura 12), *linje e re transmetimi ndërmjet gjenerimit dhe ngarkesave*. Mund të shikojmë se pika minimale e kurbave U-Q është Babica 110, me -115.6 MVar, pika kritike, Zbara të tjera kritike janë Rrashbull110, Sharrë110 dhe Babica220 me respektivisht -154.7 MVar, -196.7 MVar dhe -200.2 MVar.

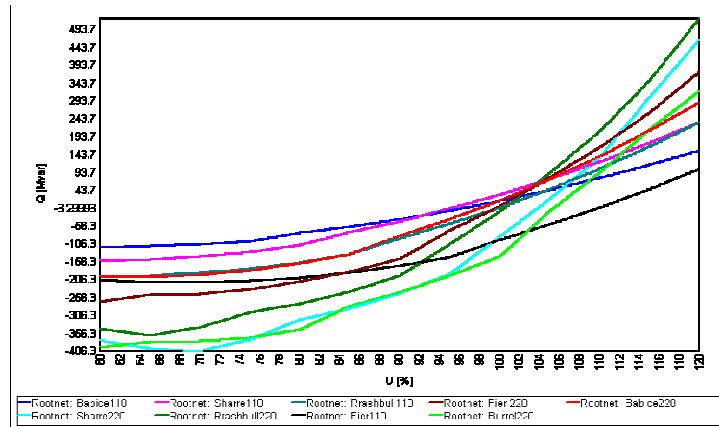


Figura 12. Kurbat U-Q për rregjimin maksimal - skenari 3

Vlerat e arritura për zbarrën kritike në pikën kritike është: për nivelin e tensionit 60%, energjia reaktive e kërkuar është -115.6 MVar (ngarkesa maksimale MVar para ortekut). Pra, rezerva më e vogël e fuqisë reaktive është përmirësuar me 51.4 MVar dhe pika e ortekut të tensionit ka lëvizur nga 65% në 60%.

C.2 Regjimi mesatar

Për skenarin e tretë - skema e vitit 2013, për rregjimin mesatar të saj dhe me një investim të kryer (Figura 13), *linje e re transmetimi ndërmjet gjenerimit dhe ngarkesave*. Mund të shikojmë se pika minimale e kurbave U-Q është Babica 110, me -139 MVar, pika kritike. Zbara të tjera kritike janë Sharrë110, Burrell110, Rrashbull110 dhe Babicë220 me respektivisht -188.4 MVar, -209.8 MVar, -265.7 MVar dhe -279.8 MVar.

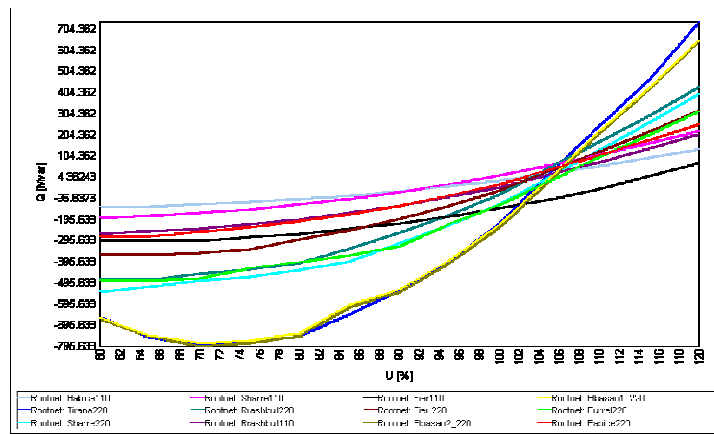


Figura 13. Kurbat U-Q për rregjimin mesatar - skenari 3

Vlerat e arritura për zbarrën kritike në pikën kritike është: për nivelin e tensionit 60%, energjia reaktive e kërkuar është -139 MVar (ngarkesa maksimale MVar para ortekut). Pra, rezerva më e vogël e fuqisë reaktive është përmirësuar me 20 MVar dhe pika e ortekut të tensionit nuk ka ndryshuar nga 60%.

C.2 Rregjimi minimal

Për skenarin e tretë(Figura 14), mund të shikojmë se pika minimale e kurbave U-Q është Babica 110, me -168.8MVar, pika kritike, Zbara të tjera kritike janë Sharrë110, Burrell 110 dhe Rrashbull110 me respektivisht -225.7MVar, -219.6MVar dhe -312.7MVar.

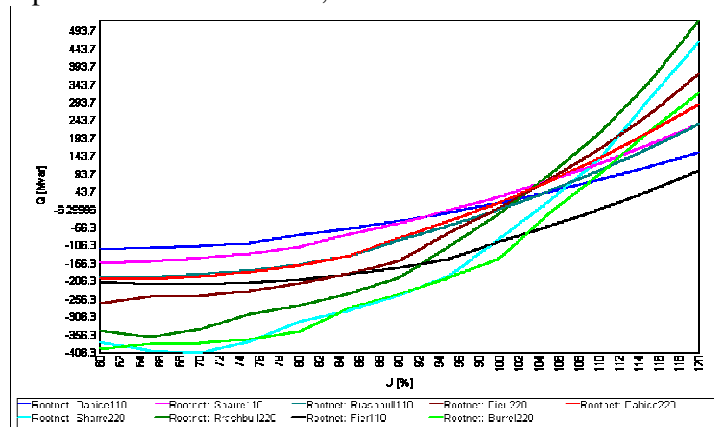


Figura 14. Kurbat U-Q për rregjimin minimal- skenari 3

Vlerat e arritura për zbarrën kritike në pikën kritike është: për nivelin e tensionit 60%, energjia reaktive e kërkuar është -168.8MVar (ngarkesa maksimale MVar para ortekut). Pra, rezerva më e vogël e fuqisë reaktive është përmirësuar me 12.9 MVar dhe pika e ortekut të tensionit nuk ka ndryshuar nga 60%.

D. Përfundime

D.1 Rregjimi maksimal

Nga krahasimi i tre skemave të analizuara arrijmë në konkluzionin se pika e ortekut të tensionit është përmirësuar nga 65% ne 60%(Tabela 2).

Tabela 2.Krahasimi i tre skenareve të rregjimit maksimal

Skenarët	U(%)	Q(MVar)
Skenari 1	65	-64.2
Skenari 2	60	-76.6
Skenari 3	60	-115.6

Në Figurën15 janë paraqitur grafiksht rezervat më të vogla të fuqisë reaktive për nyjet kryesore të sistemit shqiptar elektroenergjitike për të tre skenarët.

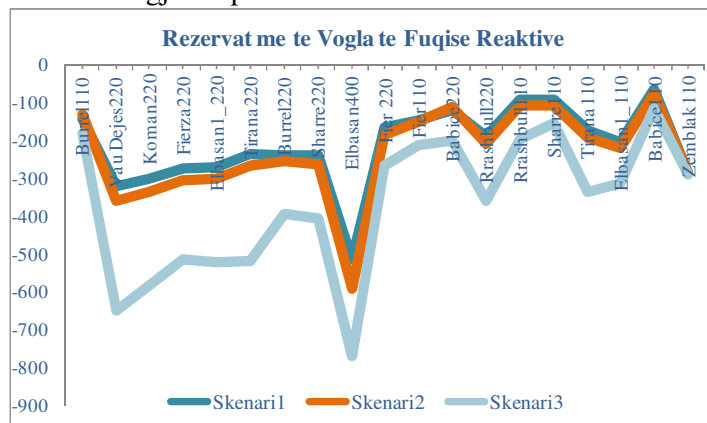


Figura 15. Rezervat më të vogla të fuqisë reaktive për të tre skenarët gjatë rregjimit maksimale të punës së sistemit

Ne mund të shohim se përdorimi i kompensimit shunt, si dhe ndërtimi i linjës së re të transmetimit 400 kV është përmirësuar qëndrueshmëria e tensionit ka rritur rezervën më të ulët të fuqisë reaktive të sistemit. Përdorimi i kompensimit shunt e ka përmirësuar mesatarisht me -11.8MVar rezervën më të ulët të fuqisë reaktive të sistemit dhe deri në -31.3MVar në nënstacionin Elbasan220 . Gjithashtu në disa zbarra të tjera si Tirana220, Rashbull220, Sharre220 rezerva më e ulët e fuqisë reaktive të sistemit është përmirësuar.

Ndërtimi i linjës së re të transmetimit 400 kV ka ndikuar në mënyrë të konsiderueshme rezervën më të ulët të fuqisë reaktive të sistemit. Pra, diferenca më e ulët e fuqisë reaktive të sistemit është përmirësuar mesatarisht me -109MVar dhe deri në -282.6MVar në nënstacionin Tirana220. Në disa zbarra të tjera kritike si Elbasan220, Rashbull220, Sharre220 rezerva më e ulët e fuqisë reaktive të sistemit është përmirësuar gjithashtu në mënyrë të konsiderueshme.

D.2 Rregjimi mesatar

Nga krahasimi i tre skemave të analizuara arrijmë në konkluzionin se pika e ortekut të tensionit është përmirësuar për tensionin 60% është rritur rezerva e fuqisë reaktive nga -119 MVar në -139MVar(Tabela 3).

Tabela 3.Krahasimi i tre skenareve të rregjimit mesatar

Skenarët	U(%)	Q(MVar)
Skenari 1	60	-119
Skenari 2	60	-123
Skenari 3	60	-139

Në Figurën 16. janë paraqitur grafiksht rezervat më të vogla të fuqisë reaktive për nyjet kryesore të sistemit shqiptar elektroenergjitike për të trëskenarët.

Ne mund të shohim se përdorimi i kompensimit shunt, si dhe ndërtimi i linjës së re të transmetimit 400 kV kanë përmirësuar qëndrueshmërinë e tensionit duke rritur rezervën më të ulët të fuqisë reaktive të sistemit.

Pra përdorimi i kompensimit shunt e ka përmirësuar mesatarisht me -4MVar rezervën më të ulët të fuqisë reaktive të sistemit dhe deri në -25.3MVar në nënstacionin Elbasan220. Gjithashtu në disa zbarra të tjera si Tirana220, Rashbull220, Sharre220 etj., rezerva më e ulët e fuqisë reaktive të sistemit është përmirësuar.

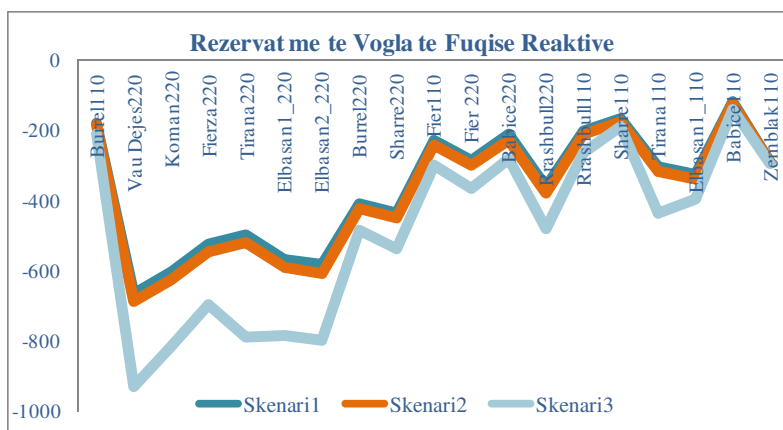


Figura 16. Rezervat më të vogla të fuqisë reaktive për të tre skenarët gjatë rregjimit mesatarë të punës së sistemit

Ndërtimi i linjës së re të transmetimit 400 kV ka ndikuar në mënyrë të konsiderueshme rezervën më të ulët të fuqisë reaktive të sistemit. Pra, diferenca më e ulët e fuqisë reaktive të sistemit është përmirësuar mesatarisht me -20MVar dhe deri në -292.9MVar në nënstacionin Tirana220. Në disa zbarra të tjera kritike si Elbasan220, Rashbull220, Sharre220 etj., rezerva më e ulët e fuqisë reaktive të sistemit është përmirësuar gjithashtu në mënyrë të konsiderueshme.

D.3 Rregjimi minimal

Nga krahasimi i tre skemave të analizuara arrijmë në konkluzionin se pika e ortekut të tensionit është përmirësuar nga 65% në 60% (Tabela 4).

Tabela 4. Krahasimi i tre skenareve të rregjimit minimal

Skenarët	U(%)	Q(MVar)
Skenari 1	60	-155.9
Skenari 2	60	-146.46
Skenari 3	60	-168.8

Në Figuren 17 janë paraqitur grafikisht rezervat më të vogla të fuqisë reaktive për nyjet kryesore të sistemit shqiptar elektroenergjitike për të tre skenarët. Ne mund të shohim se përdorimi i kompensimit shunt, si dhe ndërtimi i linjës së re të transmetimit 400 kV kanë përmirësuar qëndrueshmërinë e tensionit duke rritur rezervën më të ulët të fuqisë reaktive të sistemit. Përdorimi i kompensimit shunt e ka përmirësuar mesatarisht me -9.44MVar rezervën më të ulët të fuqisë reaktive të sistemit dhe deri në -19.6MVar në nënstacionin Elbasan220. Gjithashtu në disa zbarra të tjera si Tirana220, Rashbull220, Sharre220 etj., rezerva më e ulët e fuqisë reaktive të sistemit është përmirësuar.

Ndërtimi i linjës së re të transmetimit 400 kV ka ndikuar në mënyrë të konsiderueshme rezervën më të ulët të fuqisë reaktive të sistemit. Pra, diferenca më e ulët e fuqisë reaktive të sistemit është përmirësuar mesatarisht me -12.4MVar dhe deri në -291MVar në nënstacionin Tirana220. Në disa zbarra të tjera kritike si Elbasan220, Rashbull220, Sharre220 etj., rezerva më e ulët e fuqisë reaktive të sistemit është përmirësuar gjithashtu në mënyrë të konsiderueshme.

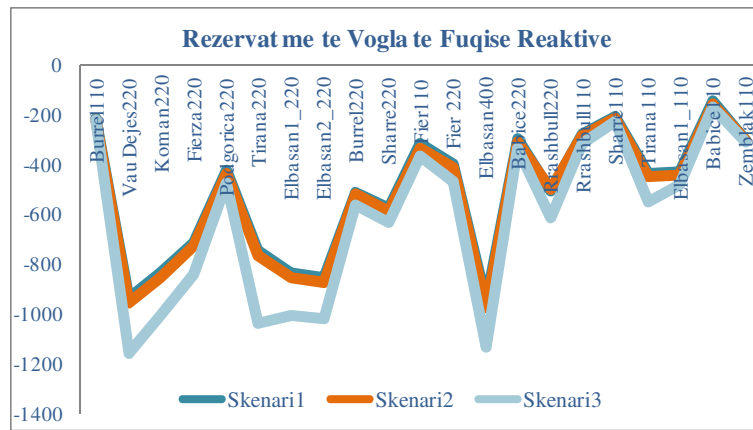


Figura 17. Rezervat më të vogla të fuqisë reaktive për të tre skenarët gjatë rregjimit mesatare të punës së sistemit

3.2 Kubat P-U

Para se të kryhet llogaritja, duhet të identifikohen një grup ngarkesash dhe gjeneratorëve që do të ndryshojnë fuqinë gjatë procesit llogaritës sipas kufijëve të paracaktuar, një grup tensionesh të zbarrave që do të regjistrohen, shkallën e ngarkimit në fillim të simulimit, shkallën e ngarkesës në fund të simulimit nëse simulimi do të duhet të ndalet para se të ndodh pika e ortekut. Kurbat P-U gjenerohen nga llogaritje të njëpasnjëshme të flukseve të fuqisë. Ngarkesa e sistemit rritet gradualisht derisa arrihet "gjuri" i kurbës. Si kriter për qëndrueshmërinë e tensionit është kufiri ndërmjet pikës së ortekut të tensionit dhe rregjimit aktual të punës. Njësia më e dobët (kritike) është ajo me rezervën më të vogël të fuqisë aktive. Kjo procedurë lejon përcaktimin e kufirit të ngarkimit të një sistemi elektroenergjetike. Monitorohen tensionet e zbarrave, rezultatet aktive të gjeneratorëve dhe fluksi i fuqisë së degëve të sistemit. Në figurën e mëposhtme jepet rezultati i përfutur i kurbave P-U për të gjitha nyjet e zgjedhura për secilin prej rasteve të marrë në analizë.

A. Skenari 1

A.1 Rregjimi maksimal

Për skenarin e parë, skema e vitit 2010, për rregjimin maksimal të saj dhe pa asnjë investim të kryer, vihet re se, me rritjen graduale të ngarkesës së sistemit, tensionet në zbarat zvogëlohen. Siç tregohet në figurën 18, mund të shikojmë se pikat minimale të kurbave P-U janë Babica110, Babica220, Fier220, Rrashbull220 dhe Sharre110.

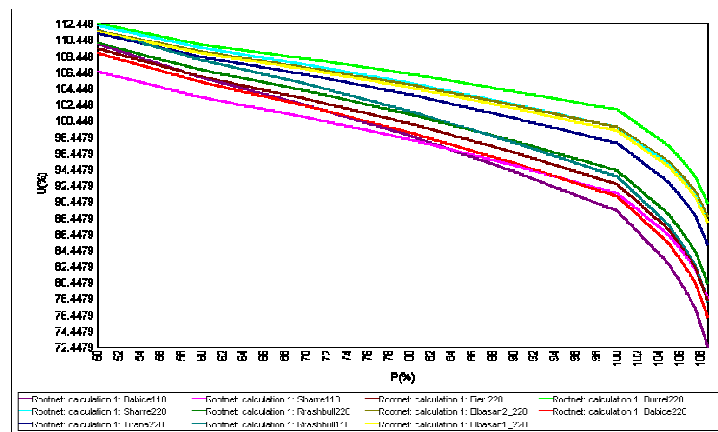


Figura 18. Kurbat P-U për rregjimin maksimal- skenari 1

Pika e ortekut në të gjitha zbarrat në zonën e studimit, megjithatë, do të ndodhë në të njëjtin nivel të importit të energjisë, pavarësisht tensioneve të zbarrave. Për çdo rritje të ngarkesës së sistemit, flukset e fuqisë janë rillogaritur deri sa arrihet “gjuri” për çdo kurbë P-U. Kufiri i ngarkimit për zbarren më kritike Babica110 është 108.75 %.

A.2 Regjimi mesatar

Për skenarin e parë, skema e vitit 2010, për rregjimin mesatar të saj dhe pa asnjë investim të kryer, vihet re se, me rritjen graduale të ngarkesës së sistemit, tensionet në zbara zvogëlohen. Siç tregohet në figurën 19, mund të shikojmë se pikat minimale të kurbave P-U janë Babica110, Babica220, Sharre110 dhe Rrashbull110.

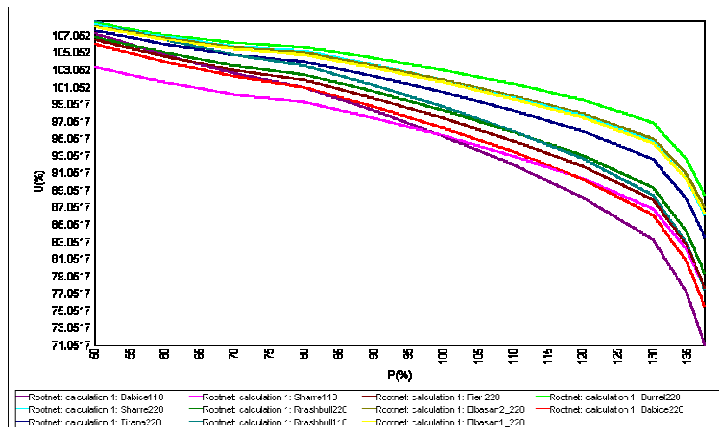


Figura 19. Kurbat P-U për rregjimin mesatar- skenari 1

Pika e ortekut në të gjitha zbarrat në zonën e studimit, do të ndodhë në të njëjtin nivel të importit të energjisë, pavarësisht tensioneve të zbarrave. Për çdo rritje të ngarkesës së sistemit, flukset e fuqisë janë rillogaritur deri sa arrihet “gjuri” për çdo kurbë P-U. Kufiri i ngarkimit për zbarren më kritike Babica110 është 137.5 %.

A.3 Regjimi minimal

Për skenarin e parë, skema e vitit 2010, për rregjimin minimal të saj dhe pa asnjë investim të kryer, vihet re se, me rritjen graduale të ngarkesës së sistemit, tensionet në zbara zvogëlohen. Siç tregohet në figurën 20, mund të shikojmë se pikat minimale të kurbave P-U janë Babica110, Babica220, Sharre110, Fier220 dhe Rrashbull110.

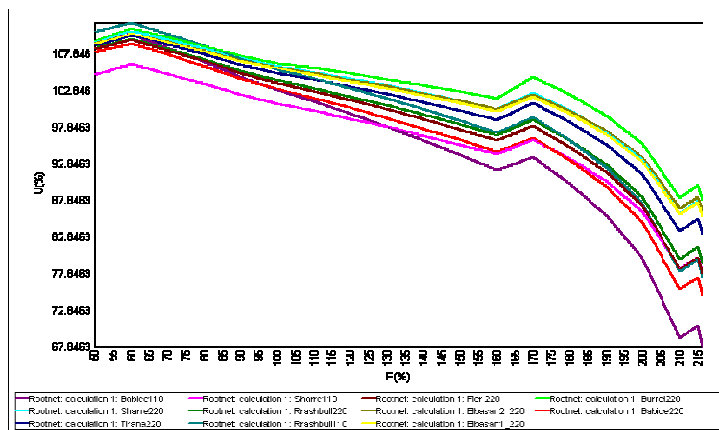


Figura 20. Kurbat P-U për rregjimin minimal- skenari 1

Pika e ortekut në të gjitha zbarrat në zonën e studimit, do të ndodhë në të njëjtin nivel të importit të energjisë, pavarësisht tensioneve të zbarrave. Për çdo rritje të ngarkesës së sistemit, flukset e fuqisë janë rillogaritur deri sa arrihet “gjuhi” për çdo kurbë P-U. Kufiri i ngarkimit për zbarrën më kritike Babica110 është 216.25 %.

B. Skenari 2

B.1 Regjimi maksimal

Për skenarin 2 - skema e vitit 2010, për rregjimin maksimal të saj dhe me një investim të kryer *Kompensimi Shunt*, në nyjen Fier220 ($Q_C = 45.2\text{MVar}$) vëmë re se, me rritjen graduale të ngarkesës së sistemit, tensionet në zbarra zvogëlohen. Siç tregohet në figurën 21, vëmë re se zbarat me rezervën më të ulët të fuqisë aktive janë të njëjta, dhe kufiri i ngarkimit të sistemit elektroenergjetike është 110 % për nyjen më kritike Babica110. Pra, kufiri ndërmjet pikës së kolapsit të tensionit dhe pika aktuale e punës është përmirësuar me vetëm 1.25 %. Në disa nyje kritike si Fier 220, Koman220, Vau Dejës 220 kufiri i ngarkimit është më i lartë.

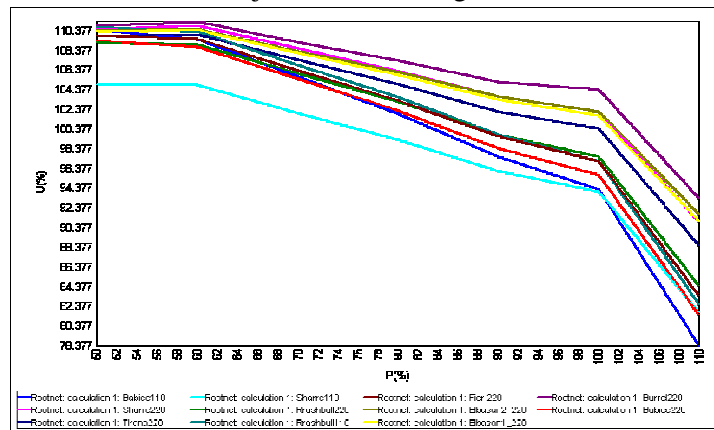


Figura 21. Kurbat P-U për rregjimin maksimal- skenari 2

B.2 Regjimi mesatar

Për skenarin 2 - skema e vitit 2010, për rregjimin maksimal të saj dhe me një investim të kryer *Kompensimi Shunt*, në nyjen Fier220 ($Q_C = 45.2\text{MVar}$) vëmë re se, me rritjen graduale të ngarkesës së sistemit, tensionet në zbarra zvogëlohen.

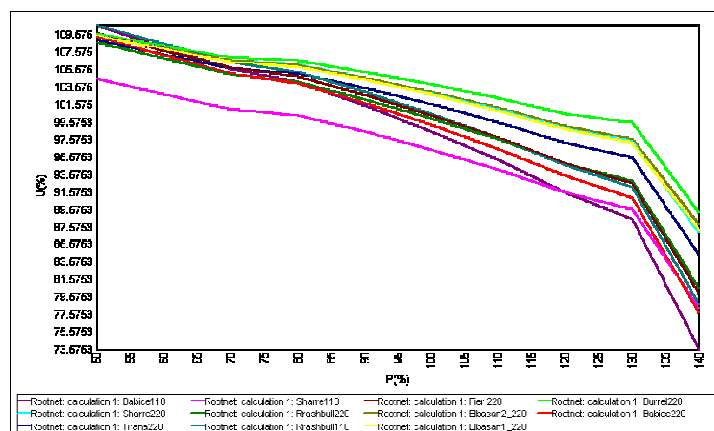


Figura 22. Kurbat P-U për rregjimin mesatar- skenari 2

Siç tregohet në figurën 22, vëmë re se zbarat me rezervën më të ulët të fuqisë aktive janë të njëjta, dhe kufiri i ngarkimit të sistemit elektroenergjetike është 140 % për nyjen më kritike

Babica110. Pra, kufiri ndërmjet pikës së ortekut të tensionit dhe pikës aktuale të punës është përmirësuar me 2.5%. Në disa nyje kritike si Koman220, Vau Dejës 220 kufiri i ngarkimit është më i lartë se pika kritike por më i ulët se skenari i parë.

B.3 Regjimi minimal

Për skenarin 2 - skema e vitit 2010, për rregjimin maksimal të saj dhe me një investim të kryer *Kompensimi Shunt*, në nyjen Fier220 ($Q_C = 45.2\text{MVAR}$) vëmë re se, me rritjen graduale të ngarkesës së sistemit, tensionet në zbarra zvogëlohen. Siç tregohet në figurën 23, vëmë re se zbarat me rezervën më të ulët të fuqisë aktive janë të njëjta, dhe kufiri i ngarkimit të sistemit elektroenergetike është 215 % për nyjen me kritike Babica110. Pra, kufiri ndërmjet pikës së ortekut të tensionit dhe pikës aktuale të punës nuk është përmirësuar, përkundrazi ajo është zvogëluar me 1.25%. Në disa nyje kritike si Koman220, Vau Dejës 220 kufiri i ngarkimit është më i lartë se pika kritike por më i ulët se skenari i parë.

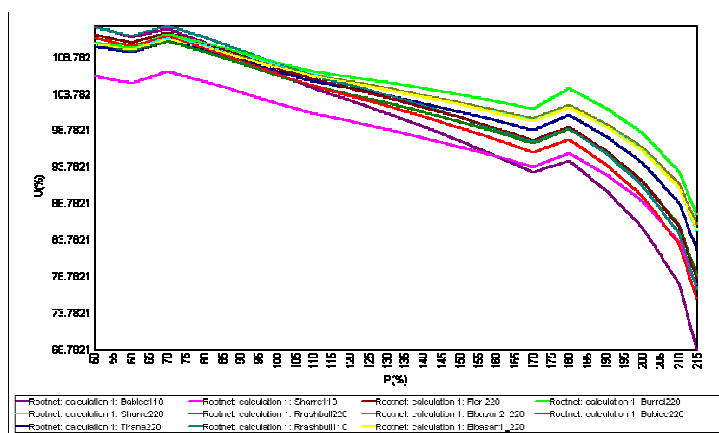


Figura 23. Kurbat P-U për rregjimin minimal- skenari 2

C. Skenari 3

C.1 Regjimi maksimal

Për skenarin 3 - skema e vitit 2013, për rregjimin maksimal të saj dhe me një investim të kryer, *linjë e re transmetimi ndërmjet gjenerimit dhe ngarkesave* vëmë re se, me rritjen graduale të ngarkesës së sistemit, tensionet në zbarra zvogëlohen.

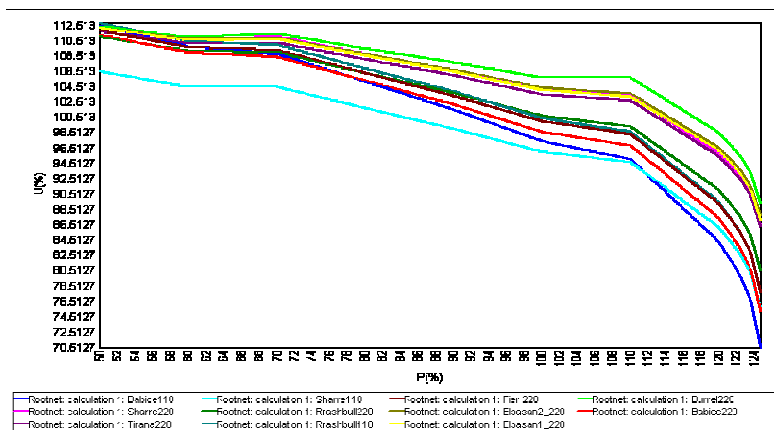


Figura 24. Kurbat P-U për rregjimin maksimal- skenari 3

Siç tregohet në figurën 24, vëmë re se zbarat me rezervën më të ulët të fuqisë aktive janë të njëjta, dhe kufiri i ngarkimit të sistemit elektroenergjetike është 124.75 % për nyjen më kritike Babica110. Në nyjet e tjera kritike Fierza220, Koman220, Vau Dejes220, Koplik220, Kolacem, etj. kufiri i ngarkimit është më i lartë. Pra, kufiri ndërmjet pikës së ortekut të tensionit dhe pikës aktuale të punës është përmirësuar me vetëm 16 %.

C.2 Regjimi mesatar

Për skenarin 3 - skema e vitit 2013, për rregjimin minimal të saj dhe me një investim të kryer, linjë e re transmetimi ndërmjet gjenerimit dhe ngarkesave vëmë re se, me rritjen graduale të ngarkesës së sistemit, tensionet në zbarra zvogëlohen. Siç tregohet në Figurën 25, vëmë re se zbarat me rezervën më të ulët të fuqisë aktive janë të njëjta, dhe kufiri i ngarkimit të sistemit elektroenergjetike është 158.75% për nyjen më kritike Babica110. Në nyjet e tjera kritike Fierza220, Koman220, Vau Dejes220, Koplik220, Kolacem, etj. kufiri i ngarkimit është më i lartë. Pra, kufiri ndërmjet pikës së ortekut të tensionit dhe pikës aktuale të punës është përmirësuar dukshëm me 21.25 %.

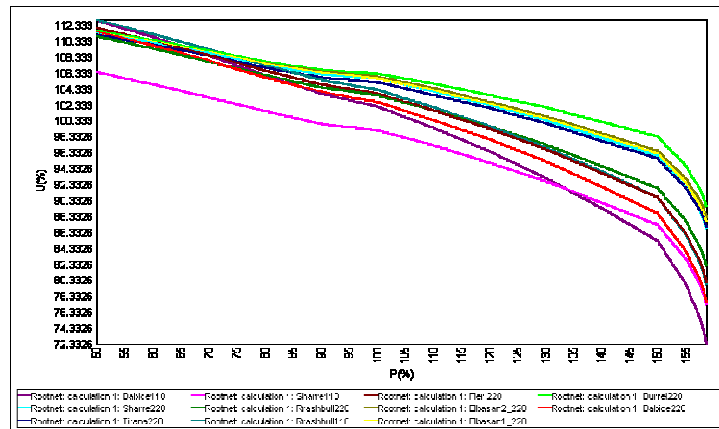


Figura 25. Kurbat P-U për rregjimin mesatar- skenari 3

C.3 Regjimi minimal

Për skenarin 3 - skema e vitit 2013, për rregjimin minimal të saj dhe me një investim të kryer, linjë e re transmetimi ndërmjet gjenerimit dhe ngarkesave vëmë re se, me rritjen graduale të ngarkesës së sistemit, tensionet në zbarra zvogëlohen.

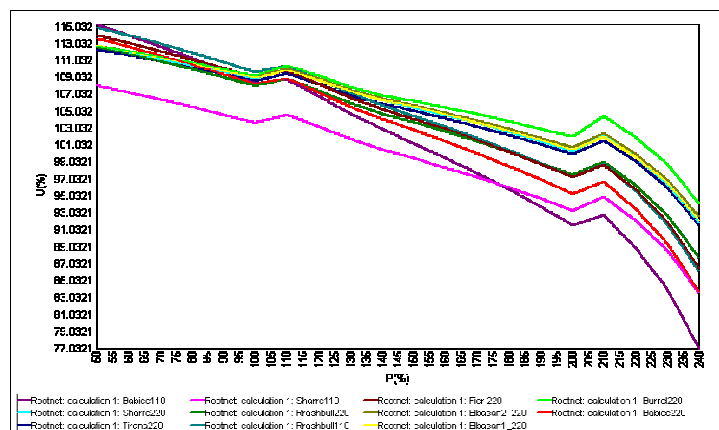


Figura 26. Kurbat P-U për rregjimin minimal- skenari 3

Siç tregohet në figurën 26, vëmë re se zbarat me rezervën më të ulët të fuqisë aktive janë të njëjta, dhe kufiri i ngarkimit të sistemit elektroenergjetike është 240% për nyjen më kritike

Babica110. Ne nyjet e tjera kritike Fierza220, Koman220, Vau Dejes220, Koplik220, Kolacem, etj. kufiri i ngarkimit është më i lartë. Pra, kufiri ndërmjet pikës sëortekut te tensionit dhe pikës aktuale të punës është përmirësuar dukshëm me 23.75 %.

D. Perfundime

D.1 Rregjimi maksimal

Nga krahasimitre skenareve të analizuar vëmë re se, me rritjen graduale të ngarkesës së sistemit, tensionet në zbarra zvogëlohen. Në figurën 27 janë paraqitur gafikisht kurbat P-U për nyjen më kritike për të tre skenarët.

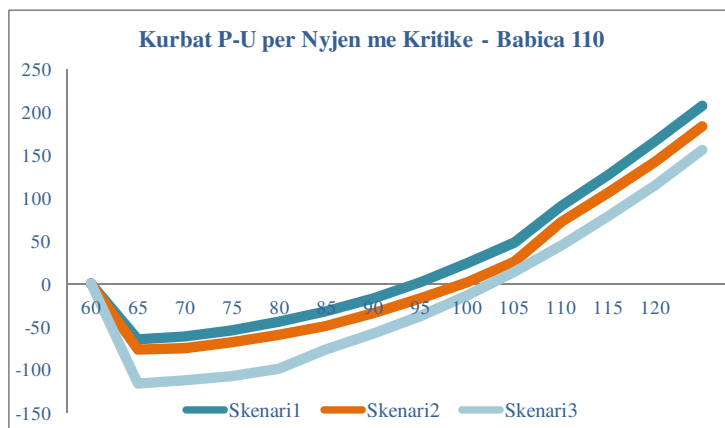


Figura27. Kurbat P-U për nyjen më kritike gjatë rregjimit maksimale të punës së sistemit për të tre skenarët

Nga analiza P-U (Tabela 5), kufiri i ngarkimit për nyjen më kritike të sistemit elektroenergjetike, Babica110,është rritur nga 108.75% për skenarin 1, në124.75% në skenarin 3. Prania e kompensimit shunt ka pasur një ndikim të vogël në qëndrueshmërinë e tensionit.

Tabela 5.Analiza P-U për tre skenarët

Skenarët	P(%)
Skenari 1	108.75
Skenari 2	110
Skenari 3	124.75

D.2 Rregjimi mesatar

Nga krahasimii tre skenarëve të analizuar vëmë re se, me rritjen graduale të ngarkesës së sistemit, tensionet në zbarra zvogëlohen. Në figurën 28 janë paraqitur gafikisht kurbat P-U për nyjen më kritike për të tre skenarët.

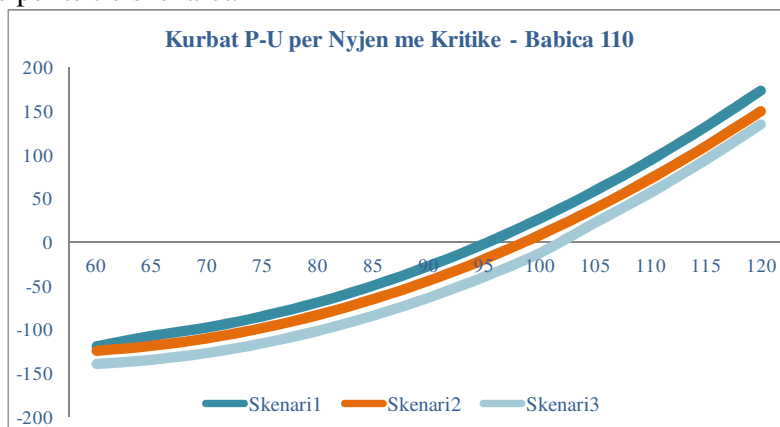


Figura 28.Kurbat P-U për nyjen më kritike gjatë rregjimit mesatarë të punës së sistemit për të tre skenarët

Nga analiza P-U (Tabela 6), kufiri i ngarkimit për nyjen më kritike të sistemit elektroenergjitike, Babica110, është rritur nga 1377.5% për skenarin 1, në 158.75% në skenarin 3. Për këtë regjim punë (mesatar) prania e kompensimit shunt ka pasur një ndikim të vogël në qëndrueshmërinë e tensionit.

Tabela 6. Analiza P-U për tre skenarët

Skenarët	P (%)
Skenari 1	137.5
Skenari 2	140
Skenari 3	158.75

D.3 Rregjimi minimal

Nga krahasimii tre skenarëve të analizuar vëmë re se, me rritjen graduale të ngarkesës së sistemit, tensionet në zbarra zvogëlohen. Në figurën 29 janë paraqitur gafikisht kurbat P-U për nyjen më kritike për të tre skenarët.

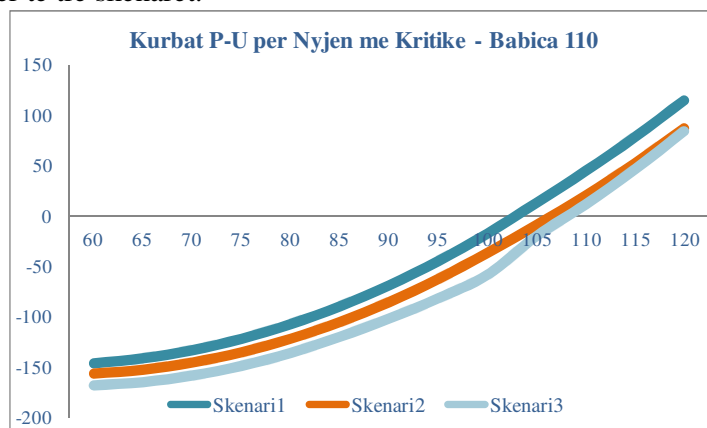


Figura 29. Kurbat P-U për nyjen më kritike gjatë rregjimit minimal të punës së sistemit për të tre skenarët

Nga analiza P-U (Tabela 7), kufiri i ngarkimit për nyjen më kritike të sistemit elektroenergjitike (Babica110) është rritur nga 216.25% për skenarin 1, në 240% në skenarin 3. Për këtë regjim pune (minimal) prania e kompensimit shunt nuk ka pasur ndikim në qëndrueshmërinë e tensionit.

Tabela 7. Analiza P-U për tre skenarët

Skenarët	P (%)
Skenari 1	216.25
Skenari 2	215
Skenari 3	240

3.3 Analiza e Ndjeshmërisë U-Q

Analiza e ndjeshmërisë U-Q llogarit lidhjen mes ndryshimeve të tensionit dhe ndryshimeve të fuqisë reaktive. Koeficientët e ndjeshmërisë U-Q identifikojnë nyjet me rrezikun më të lartë për të arritur paqëndrueshmërinë e tensionit për një regjim të caktuar pune. Nëse vlerat e ndjeshmërisë janë pozitive do të thotë se kemi një regjim punëtqëndrueshëm. Sa më e vogël ndjeshmëria, aq më i qëndrueshëm është sistemi. Me humbjen e qëndrueshmërisë, magnituda e ndjeshmërisë rritet, duke u bërë infinit në kufirin e qëndrueshmërisë.

A. Skenari 1

A.1 Regjimi maksimal

Tabela 8 tregon nyjet me koeficientët më të lartë të ndjeshmërisë U-Q të renditura nga më i vogli te më i madhi për rastin e skenarit të parë (regjimi maksimal i 2010). Vihet re se nyjet me

ndryshimin më të lartë në përqindje të tensionit, që do të thotë me rrezikun më të lartë të shkuarjes drejt paqëndrueshmërisë së tensionit janë Babica110, Sharre110, Burrel110, Rrashbull110 dhe Fier110.

Tabela 8. Koeficientët e ndjeshmërisë U-Q për skenarin I – regjimi maksimal

Nyja	Ndjeshmëria U-Q [% / Mvar]
Tirana110	0.070959
Elbasan1_110	0.071511
Zemblak110	0.083658
Fier110	0.114868
Rrashbull110	0.121565
Burrel110	0.134636
Sharrë110	0.142931
Babice110	0.212312

A.2 Regjimi mesatar

Tabela 9 tregon nyjet me koeficientët më të lartë të ndjeshmërisë U-Q të renditura nga mëi vogli te mëi madhi për rastin e skenarit të parë (regjimi mesatar i 2010).

Tabela 9. Koeficientët e ndjeshmërisë U-Q për skenarin I – rregjimi mesatar

Nyja	Ndjeshmëria U-Q [% / Mvar]
Fierza220	0.014786
Tirana110	0.056096
Elbasan1_110	0.060308
Zemblak110	0.082814
Fier110	0.094495
Rrashbull110	0.100824
Sharrë110	0.123137
Burrel110	0.126815
Babice110	0.179434

Nga tabela 9 ne mund të shohim nyjet me ndryshimin më të lartë në përqindje të tensionit, që do të thotë me rrezikun më të lartë të shkuarjes drejt paqëndrueshmërisë së tensionit janë Babica110, Burrel110, Sharrë110, Rrashbull110 dhe Fier110.

A.2 Regjimi minimal

Tabela 10. tregon nyjet me koeficientët më të lartë të ndjeshmërisë U-Q të renditura nga mëi vogli te mëi madhi për rastin e skenarit të parë (regjimi minimal i 2010).

Tabela 10. Koeficientët e ndjeshmërisë U-Q për skenarin I – rregjimi minimal

Nyja	Ndjeshmëria U-Q [% / Mvar]
Fierza220	0.014163
Tirana110	0.049857
Elbasan1_110	0.055253
Zemblak110	0.081302
Fier110	0.084767
Rrashbull110	0.09036
Sharrë110	0.112244
Burrel110	0.121375
Babice110	0.160367

Nga tabelën 10 ne mund të shohim nyjet me ndryshimin më të lartë në përqindje të tensionit, që do të thotë me rrezikun më të lartë të shkuarjes drejt paqëndrueshmërisë së tensionit janë Babica110, Sharrë110, Burrel110, Rrashbull110 dhe Fier110.

B. Skenari 2

B.1 Regjimi maksimal

Tabela 11. tregon nyjet me koeficientët më të lartë të ndjeshmërisë U-Q të renditura nga mëi vogli te mëi madhi për rastin e skenarit të dytë (regjimi maksimal i 2010 me kompensim shunt 45.2 MVAR në nënstacionin e Fier). Përdorimi i kompensimit shunt ka përmirësuar qëndrueshmërinë e tensionit duke zvogëluar koeficientët e ndjeshmërisë U-Q.

Vëmë re se nyjet me koeficientët më të lartë të ndjeshmërisë U-Q janë të njëjtat dhe koeficientet janë pak më të vegjël se skenari i parë. Pra, koeficienti më i madh i ndjeshmërisë U-Q është vetëm 0.008 % / MVAR më i vogël. Pra, ndikimi i kompensimit shunt në qëndrueshmërinë e tensionit të sistemit nuk është i ndjeshëm.

Tabela 11. Koeficientët e ndjeshmërisë U-Q për skenarin 2 – rregjimi maksimal

Nyja	Ndjeshmëria U-Q [% / Mvar]
Tirana110	0.069434
Elbasan1_110	0.070299
Zemblak110	0.083574
Fier110	0.112112
Rrashbull110	0.118558
Burrel110	0.133146
Sharrë110	0.140471
Babice110	0.204113

B.2 Regjimi mesatar

Tabela 12. tregon nyjet me koeficientët më të lartë të ndjeshmërisë U-Q të renditura nga mëi vogli te mëi madhi për rastin e skenarit të dytë (regjimi mesatar i 2010 me kompensim shunt 45.2 MVAR në nënstacionin e Fierit). Përdorimi i kompensimit shunt ka përmirësuar qëndrueshmërinë e tensionit duke zvogëluar koeficientët e ndjeshmërisë U-Q. Vëmë re se nyjet me koeficientët më të lartë të ndjeshmërisë U-Q janë të njëjtat dhe koeficientet janë pak më të vegjël se skenari i parë. Pra, koeficienti më i madh i ndjeshmërisë U-Q është vetëm 0.0047 % / MVAR më i vogël. Pra, ndikimi i kompensimit shunt në qëndrueshmërinë e tensionit të sistemit nuk është i ndjeshëm.

Tabela 12. Koeficientët e ndjeshmërisë U-Q për skenarin 2 – rregjimi mesatar

Nyja	Ndjeshmëria U-Q [% / Mvar]
Fierza220	0.014744
Tirana110	0.055531
Elbasan1_110	0.059763
Zemblak110	0.082752
Fier110	0.093296
Rrashbull110	0.099408
Sharrë110	0.121969
Burrel110	0.125895
Babice110	0.174726

B.3 Regjimi minimal

Tabela 13. tregon nyjet me koeficientët më të lartë të ndjeshmërisë U-Q të renditura nga mëi vogli te mëi madhi për rastin e skenarit të dytë (regjimi minimal i 2010 me kompensim shunt 45.2 MVAR në nënstacionin e Fierit). Përdorimi i kompensimit shunt ka përmirësuar qëndrueshmërinë e tensionit duke zvogëluar koeficientët e ndjeshmërisë U-Q.

Vëmë re se nyjet me koeficientët më të lartë të ndjeshmërisë U-Q janë të njëjtat dhe koeficientët janë pak më të vegjël se skenari i parë. Pra, koeficienti më i madh i ndjeshmërisë U-Q është vetëm 0.0035 % / MVAR më i vogël. Pra, ndikimi i kompensimit shunt në qëndrueshmërinë e tensionit të sistemit nuk është i ndjeshëm.

Tabela 13. Koeficientët e ndjeshmërisë U-Q për skenarin 2 – rregjimi minimal

Nyja	Ndjeshmëria U-Q [% / Mvar]
Fierza220	0.014133
Tirana110	0.049491
Elbasan1_110	0.05485
Zemblak110	0.081244
Fier110	0.083966
Rrashbull110	0.089349
Sharrë110	0.111379
Burrel110	0.120571
Babice110	0.156835

C. Skenari 3**C.1 Regjimi maksimal**

Tabela 14 tregon nyjet me koeficientët më të lartë të ndjeshmërisë U-Q të renditura nga mëi vogli te mëi madhi për rastin e skenarit të tretë (regjimi maksimal i 2010 me një investim të kryer, linjë e re transmetimi ndërmjet gjenerimit dhe ngarkesave). Nga tabela 14 ne mund të shohim se koeficientët e ndjeshmërisë janë më të vegjël se në skenarët e tjerë, kështu që sistemi është më i qëndrueshëm.

Ndërkohë, Babica110 vazhdon të jetë nyja me rrezikun më të lartë për të arritur paqëndrueshmërinë e tensionit, por koeficienti më i madhë i ndjeshmërisë U-Q është 0.029% / MVAR më i vogël ose 14% më i vogël se skenari 1.

Tabela 14. Koeficientët e ndjeshmërisë U-Q për skenarin 3 – rregjimi maksimal

Nyja	Ndjeshmëria U-Q [% / Mvar]
Tirana110	0.05574
Elbasan1_110	0.063612
Zemblak110	0.083269
Fier110	0.099068
Rrashbull110	0.102203
Burrel110	0.126687
Sharrë110	0.130694
Babice110	0.183438

Pra, linja e re e transmetimit 400 kV i ka përmirësuar ndjeshëm koeficientët e ndjeshmërisë U-Q. Analiza e ndjeshmërisë U-Q tregon gjithashtu se ka shumë më tepër nyje që mbajnë rrezikun e shkuarjes drejt paqëndrueshmërisë për një regjim të caktuar pune.

C.2 Regjimi mesatar

Tabela 15 tregon nyjet me koeficientët më të lartë të ndjeshmërisë U-Q të renditura nga mëi vogli te mëi madhi për rastin e skenarit të tretë (regjimi mesatar i 2010 me një investim të kryer, *linjë e re transmetimi ndërmjet gjenerimit dhe ngarkesave*). Nga tabela 15 ne mund të shohim se koeficientët e ndjeshmërisë janë më të vegjël se në skenarët e tjerë, kështu që sistemi është më i qëndrueshëm. Ndërkohë, Babica110 vazhdon të jetë nyja me rrezikun më të lartë për të arritur paqëndrueshmërinë e tensionit, por koeficienti më i madhë i ndjeshmërisë U-Q është 0.0144% / MVar më i vogël ose 8.02% më i vogël se skenari 1.

Tabela 15. Koeficientët e ndjeshmërisë U-Q për skenarin 3 – rregjimi mesatar

Nyja	Ndjeshmëria U-Q [% / Mvar]
Fierza220	0.0141
Tirana110	0.0482
Elbasan1_110	0.05676
Zemblak110	0.0825
Fier110	0.0873
Rrashbull110	0.0911
Sharrë110	0.11776
Burrel110	0.122465
Babica110	0.16504

Pra, linja e re e transmetimit 400 kV i ka përmirësuar ndjeshëm koeficientët e ndjeshmërisë U-Q. Analiza e ndjeshmërisë U-Q tregon gjithashtu se ka shumë më tepër nyje që mbajnë rrezikun e shkuarjes drejt paqëndrueshmërisë për një regjim të caktuar pune.

C.3 Regjimi minimal

Tabela 16 tregon nyjet me koeficientët më të lartë të ndjeshmërisë U-Q të renditura nga mëi vogli te mëi madhi për rastin e skenarit të tretë (regjimi minimal i 2010 me një investim të kryer, *linjë e re transmetimi ndërmjet gjenerimit dhe ngarkesave*). Nga tabela 16 ne mund të shohim se koeficientët e ndjeshmërisë janë më të vegjël se në skenarët e tjerë, kështu që sistemi është më i qëndrueshëm. Ndërkohë, Babica110 vazhdon të jetë nyja me rrezikun më të lartë për të arritur paqëndrueshmërinë e tensionit, por koeficienti më i madhë i ndjeshmërisë U-Q është 0.0043% / MVar më i vogël se skenari 1.

Tabela 16. Koeficientët e ndjeshmërisë U-Q për skenarin 3 – rregjimi minimal

Nyja	Ndjeshmëria U-Q [% / Mvar]
Fierza220	0.03451
Tirana110	0.04933
Elbasan1_110	0.05797
Zemblak110	0.08097
Fier110	0.0857
Rrashbull110	0.0889
Sharrë110	0.11355
Burrel110	0.12749
Babica110	0.15608

Pra, linja e re e transmetimit 400 kV i ka përmirësuar ndjeshëm koeficientët e ndjeshmërisë U-Q. Analiza e ndjeshmërisë U-Q tregon gjithashtu se ka shumë më tepër nyje që mbajnë rrezikun e shkuarjes drejt paqëndrueshmërisë për një regjim të caktuar punë.

D. Perfundime

D.1 Rregjimi maksimal

Nga krahasimi i rezultateve të analizës së ndjeshmërisë U-Q për të tre rastet ne kemi identifikuar se nyja Babicë 110, ka rrezikun më të lartë për të arritur paqëndrueshmërinë e tensionit në dy skenarët e parë, pasi vlera e ndjeshmërisë është më e madhe krahasuar me skenarin 3. Nga analiza e ndjeshmërisë U-Q vihet re se ndikimi i kompensimit shunt në qëndrueshmërinë e tensionit të sistemit nuk është i ndjeshëm. Koeficientët e ndjeshmërisë janë më të vegjël për skenarin 3, kështu që sistemi është më i qëndrueshëm. Rreziku për të arritur paqëndrueshmërinë e tensionit për një regjim të caktuar pune është më i vogël dhe i ndarë ndërmjet shumë nyjeve.

D.2 Rregjimi mesatar

Nga krahasimi i rezultateve të analizës së ndjeshmërisë U-Q për të tre rastet ne kemi identifikuar se nyja Babicë 110, ka rrezikun më të lartë për të arritur paqëndrueshmërinë e tensionit në dy skenarët e parë, pasi vlera e ndjeshmërisë është më e madhe krahasuar me skenarin 3. Nga analiza e ndjeshmërisë U-Q vihet re se ndikimi i kompensimit shunt në qëndrueshmërinë e tensionit të sistemit nuk është i ndjeshëm. Koeficientët e ndjeshmërisë janë më të vegjël për skenarin 3, kështu që sistemi është më i qëndrueshëm. Rreziku për të arritur paqëndrueshmërinë e tensionit për një regjim të caktuar pune është më i vogël dhe i ndarë ndërmjet shumë nyjeve.

D.3 Rregjimi minimal

Nga krahasimi i rezultateve të analizës së ndjeshmërisë U-Q për të tre rastet ne kemi identifikuar se nyja Babicë 110, ka rrezikun më të lartë për të arritur paqëndrueshmërinë e tensionit në dy skenarët e parë, pasi vlera e ndjeshmërisë është më e madhe krahasuar me skenarin 3. Nga analiza e ndjeshmërisë U-Q vihet re se ndikimi i kompensimit shunt në qëndrueshmërinë e tensionit të sistemit nuk është i ndjeshëm. Koeficientët e ndjeshmërisë janë më të vegjël për skenarin 3, kështu që sistemi është më i qëndrueshëm. Rreziku për të arritur paqëndrueshmërinë e tensionit për një regjim të caktuar pune është më i vogël dhe i ndarë ndërmjet shumë nyjeve.

3.4 Analiza Modale

Analiza modale ka një avantazh më shumë se metodat e tjera se na jep informacion në lidhje me mekanizmin e paqëndrueshmërisë. E për të gjykuar mbi qëndrueshmërinë e tensionit përmes kësaj analize llogariten:

- vlerat vetjake
- faktorët pjesëmarrës të nyjeve,
- faktorët pjesëmarrës të degëve
- faktorët pjesëmarrës të gjeneratorëve

Në këtë pjesë do të shohim rezultatet e analizës modale për skemën e sistemit shqiptar për tre skenarët e marrë në shqyrtim. Për secilin prej skenarëve do të japim rezultatet e marra për: vlerat vetjake, faktorët pjesëmarrës të nyjeve, faktorët pjesëmarrës të degëve, faktorët pjesëmarrës të gjeneratorëve.

3.4.1 Vlerat vetjake të matricës së sistemit

Çdo vlerë vetjake i përket një gjendje të ndryshimit të fuqisë reaktive dhe tensionit. Sa më e vogël të jetë amplituda e saj, aq më afër paqëndrueshmërisë së tensionit është nyja. Pra themi se amplituda e vlerës vetjake jep një llogaritje relative të afrueshmërisë drejt paqëndrueshmërisë së tensionit. Rezultatet e llogaritjeve të mëtejshme do të jepen vetëm për vlerën vetjake më të vogël në kushtet kur limiti i ndjeshmërisë së ndërsjelltë apo faktorët e pjesëmarrjes janë më të mëdhenj se 20%. Kjo do të thotë se ne vijim kemi marrë në analizë ato vlera vetjake për te cilat faktori pjesëmarrës i nyjes, degës dhe gjeratorëve ka ndikimin më të madh në vlerësimin e qëndrueshmërisë së tensionit. Analogjia e rezultateve me vlerën vetjake më të vogël mbetet e njëjtë.

A. Rregjimi maksimal

Pas simulimit të kryer në softin NEPLAN për rregjimin maksimal të skemës së sistemit elektroenergjetik për të tre skenarët marrim këto vlera vetjake të cilat paraqiten në figurën e mëposhtme. Shohim se vlerat vetjake të llogaritura janë pozitive pra sistemi në të tre rastet thuhet se është i qëndrueshëm. Është e dukëshme se vlerat vetjake të sistemit për rastin e skenarit të tretë kanë një rritje pozitive në krahasim me vlerat vetjake të dy skemave të tjera. Pra mund të themi se me rritjen e investimeve, në rastin konkret të një investimi të madh, ndërtimi i dy linjave 400kV Elbasan2-Tirana2 dhe Tirana2-Kufi, qëndrueshmëria e sistemit përsa i përket tensionit përmirësohet.

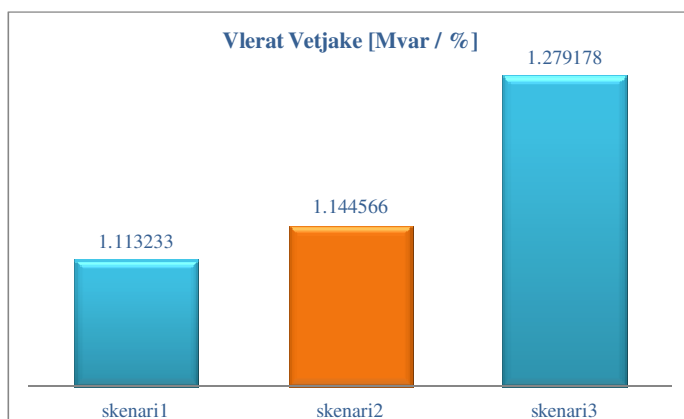


Figura 30. Vlerat vetjake për të tre skenarët gjatë rregjimit maksimal të punës së sistemit

B. Rregjimi mesatar

Nga simulimi i realizuar për skemën e sistemit për të tre skenarët gjatë rregjimit mesatar të punës së sistemit elektroenergjetik vlerat vetjake të llogaritura paraqiten në figurën 31.

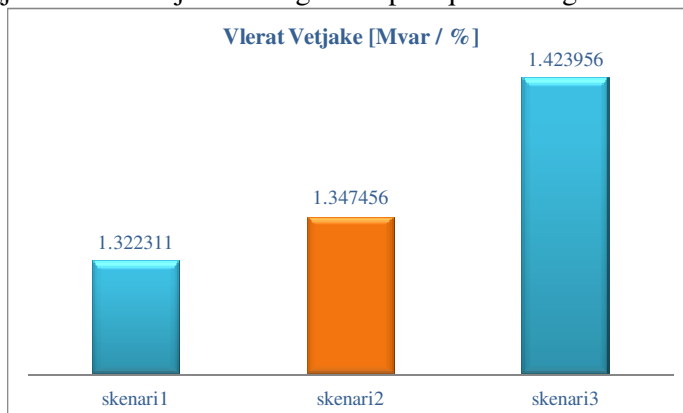


Figura 31. Vlerat vetjake për të tre skenarët gjatë rregjimit mesatar të punës së sistemit

Shohim se vlerat vetjake të llogaritura për këtë rregjim janë pozitive. Sistemi në të tre rastet thuhet se është i qëndrueshëm. Për skenarin e tretë kanë një rritje pozitive në krahasim me vlerat vetjake të dy skemave të tjera. Pra mund të themi se me rritjen e investimeve, qëndrueshmëria e sistemit përsa i përket tensionit përmirësohet.

C. Rregjimi minimal

Pas llogaritjes të tre skenarëve të rregjimit minimal të punës së SE, vlerat vetjake të llogaritura paraqiten në figurën 32. Edhe për këtë regjim pune të SE vlerat vetjake të llogaritura janë pozitive, pra sistemi për të tre skenaret thuhet se është i qëndrueshëm. Skenari i tretë është dhe skenari më i mirë kundrejt qëndrueshmërisë së tensionit pasi vlera vetjake më e vogël është më e madhe se në dy skenarët e tjerë. Pra nga investimi i kryer në ndërtimin e dy linjave 400kV Elbasan2-Tirana2 dhe Tirana2-Podgorice, qëndrueshmëria e sistemit përsa i përket tensionit përmirësohet.

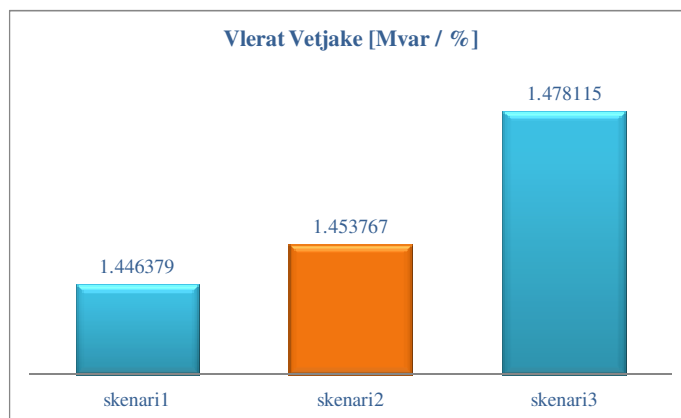


Figura 32. Vlerat vetjake për të tre skenarët gjatë rregjimit minimal të punës së sistemit

3.4.2 Faktorët epjesëmarrjes sënyjes

Për të gjitha vlerat vetjake të vogla, faktorët pjesëmarrës të nyjes përcaktojnë zonat që janë më afër paqëndrueshmërisë së tensionit. Madhësia e pjesëmarrjes së nyjes në një gjendje të caktuar tregon efektivitetin e veprimeve përmirësuese të zbatuara në atë nyje me qëllim stabilizimin e gjendjes.

A. Rregjimi maksimal

Për të tre skenarët, për rregjimin maksimal (Figura 33), vihet re se nga kjo llogaritje, nyja Babice110 është nyja më afër paqëndrueshmërisë së tensionit pra dhe më e përshtatshme për të bërë ndërhyrjet e nevojshme në përmirësimin e gjendjes.

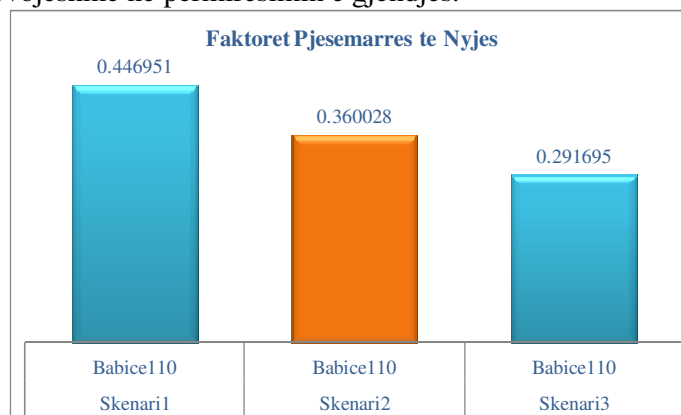


Figura 33. Faktorët e pjesëmarrës së nyjes për vlerën më të vogël vetjake për të tre skenarët gjatë rregjimit maksimal të punës së sistemit

Faktorët pjesëmarrës të nyjes identifikojnë zonat më të dobëta përsa i përket tensionit. Ato mundësojnë informacion të rëndësishëm përsa i përket mekanizmit të humbjes së qëndrueshmërisë. Përmes tyre arrihet të identifikohen zonat (nyjet) e paqëndrueshme (të pakontrollueshme). Për të tre skenarët identifikohet Babica 110 kV si nyja më kritike. Skenari 3 është më i qëndrueshëm kundrejt tensionit. Faktori i saj zvogëlohet me investimet që kryhen në sistem.

B. Rregjimi mesatar

Për të tre skemat, për rregjimin mesatar (Figura 34), nyja Babice110 është përsëri nyja më afër paqëndrueshmërisë së tensionit pra dhe më e përshtatëshme për të bërë ndërhyrjet e nevojshme në përmirësimin e gjendjes. Nga rezultatet e paraqitura më sipër për të tre skenarët identifikohet Babica 110 kV si nyja më kritike. Skenari 3 është më i qëndrueshëm kundrejt tensionit. Faktori i saj zvogëlohet me investimet që kryhen në sistem.

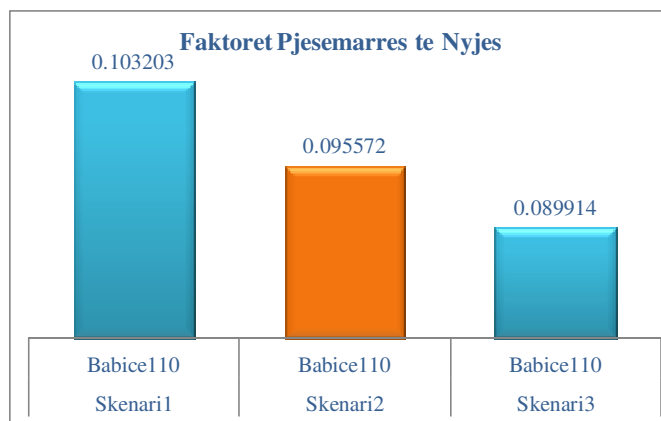


Figura 34. Faktorët pjesëmarrës së nyjes për vlerën më të vogël vetjake për të tre skenarët gjatë rregjimit mesatar të punës së sistemit

C. Rregjimi minimal

Për të tre skemat, për rregjimin maksimal (Figura 35), vihet re se nga kjo llogaritje, nyja Babice110 është nyja më afër paqëndrueshmërisë së tensionit pra dhe më e përshtatëshme për të bërë ndërhyrjet e nevojshme në përmirësimin e gjendjes. Faktorët pjesëmarrës të nyjes identifikojnë zonat më të dobëta përsa i përket tensionit. Ato mundësojnë informacion të rëndësishëm kundrejt mekanizmit të humbjes së qëndrueshmërisë. Përmes tyre arrihet të identifikohen nyjet e paqëndrueshme. Për të tre skenarët identifikohet Babica 110 kV si nyja më kritike. Skenari 3 është më i qëndrueshëm kundrejt tensionit. Faktori i saj zvogëlohet me investimet që kryhen në sistem.

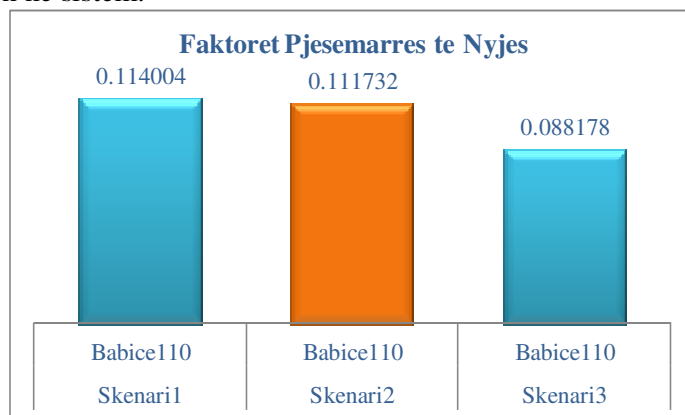


Figura 35. Faktorët pjesëmarrës së nyjes për vlerën më të vogël vetjake për të tre skenarët gjatë rregjimit minimal të punës së sistemit

3.4.3 Faktorët e pjesmarrjes sëdegës

Pjesëmarrja relative e degës j në një gjendje të caktuar jepet nëpërmjet faktorit pjesëmarrës. Në këtë mënyrë faktorët pjesëmarrës të degëve tregojnë, për çdo gjendje, cilat degët konsumojnë me shumë fuqi reaktive për një ndryshim në fuqinë reaktive. Degët me faktorin më të lartë të pjesëmarrjes janë ato të cilat shkaktojnë gjendjen e i -të që të jetë e dobët. Në këtë mënyrë faktorët pjesëmarrës të degëve sigurojnë informacion të vlefshëm në lidhje me: (i) veprime korrigjuese në drejtim të përmirësimit të degëve transmetuese dhe të rishpërndajës së fluksit të fuqisë për të lehtësuar ngarkimin në atë degë, dhe (ii) kriteret për përzgjedhjen e emergjencës. Për vlerat vetjake më të vogla për të tre skenarët e tre regjimeve identifikohen elementet e nënstacionit Fier si elementë me ndikimin më të madh në paqëndrueshmërinë e tensionit. Për të parë kontributin e elementeve të tjerë të sistemit kemi kaluar në analizën e faktorëve pjesëmarrës të vlerave vetjake pasardhëse.

A. Rregjimi maksimal

Në figuren 36 për të tre skenarët, për rregjimin maksimal të saj janë treguar ato degë që janë më afër paqëndrueshmërisë ose që janë më të ngarkuara rrjedhimisht ato që marrin më shumë fuqi reaktive, për vlerën vetjake më të vogël. Nga sa shihet në figurë mund të themi se degët të cilat mund të bëhen shkaktarë për një paqëndrueshmëri të mundëshme të tensionit janë: Fier-Elbasan1 (skenari 1) dhe Babice-Fier (skenari2 dhe 3).

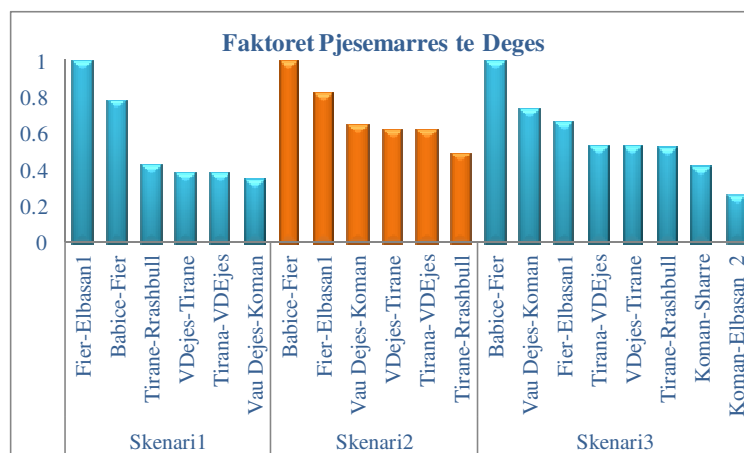


Figura 36. Faktorët e pjesmarrjes së degës për vlerën më të vogël vetjake për të tre skenarët gjatë rregjimit maksimal të punës së sistemit

Rezultat i përftuar përbën një informacion shumë tërëndësishëm për të evidentuar elementin (degën) më kritike të skemës, degën me faktorin më të madh pjesëmarrës. Është pikërisht ky element që konsumon më shumë fuqi reaktive gjatë një rritje apo ndryshimi të vogël të fuqisë së ngarkesës. Informacion shumë i rëndësishëm ky që mund të shfrytëzohet nga operatorët e sistemit pasi degët me faktorin më të madh pjesëmarrës do të duhet të klasifikohen si të fundit në listën e elementeve që duhet të stakohen në raste avarie. Pasi çkyçja e tyre nga skema do na shkaktoonte humbje të qëndrueshmërisë së tensionit.

B. Rregjimi mesatar

Në figuren 37 për të tre skenarët, për rregjimin mesatar të saj janë treguar ato degë që ndikojnë më shumë në paqëndrueshmëri ose që janë më të ngarkuara. Për vlerën vetjake më të vogël janë pasqyruar në figurën e mëposhtme ato degë të cilat konsumojnë më shumë fuqi reaktive. Nga sa shihet në figurë mund të themi se degët të cilat mund të bëhen shkaktarë për një paqëndrueshmëri të mundëshme të tensionit janë: Fier-Elbasan1 (skenari 1 dhe 2), Zemblak-Elbasan2 (skenari1, 2

dhe 3) dhe Tirana2-Podgoricë (skenari 3). Nga grafiku i mësipërm vërehet se degët është e nevojshme ndërhyrja me qëllim përmirësimin e qëndrueshmërisë së tensionit janë: Fier-Elbasan1 (skenari 1 dhe 2), Zemblak-Elbasan2 (skenari1, 2 dhe 3) dhe Tirana2-Podgoricë (skenari 3). Ky është një rezultat i rëndësishëm për të evidentuar elementin (degën) më kritike të skemës, degën me faktorin më të madh pjesëmarrës. Është pikerisht ky element që konsumon më shumë fuqi reaktive gjatë një rritje të vogël të fuqisë së ngarkesës. Informacion shumë i rëndësishëm ky që mund të shfrytëzohet nga operatorët e sistemit pasi këta elemente do të duhet të renditen te fundit ne listen e elementeve që duhet të stakohen ne raste avarie. Çkyçja e tyre nga skema do na shkaktonte humbje të mundëshme të qëndrueshmërisë së tensionit.

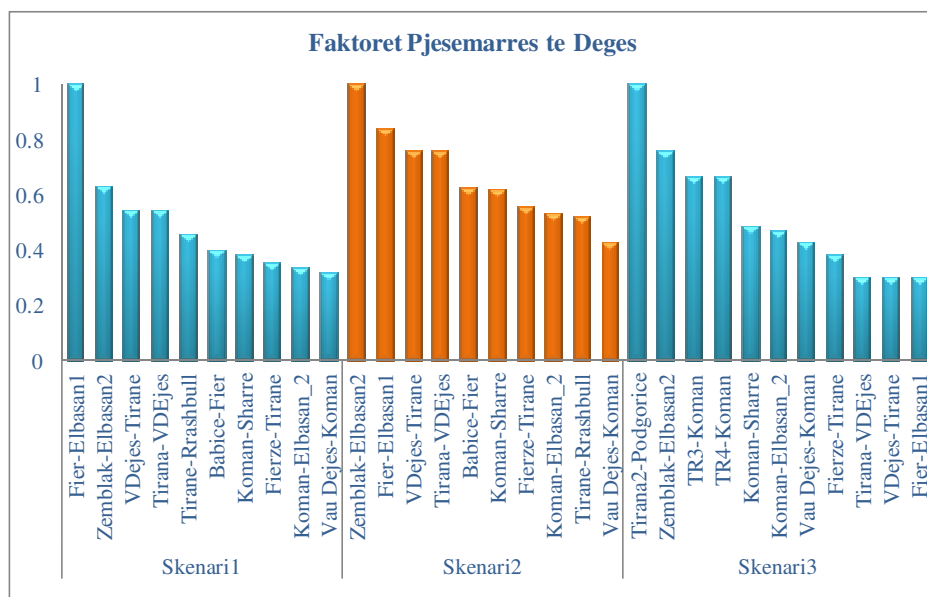


Figura 37. Faktorët e pjesmarrjes së degës për vlerën më të vogël vetjake për të tre skenarët gjatë rregjimit mesatarë të punës së sistemit

C. Rregjimi minimal

Në figurën 38 për të tre skenarët, për rregjimin minimal tëskemësjanë treguar ato degë që janë më afër paqëndrueshmërisë ose që janë më të ngarkuara për vlerën vetjake më të vogël. Nga sa shihet në figurë mund të themi se degët cilat mund të bëhen shkaktarë për një paqëndrueshmëri të mundëshme të tensionit janë: Fier-Elbasan1 (skenari 1), Zemblak-Elbasan2 (skenari1 dhe 2) dhe Tirana2-Podgoricë (skenari 3).

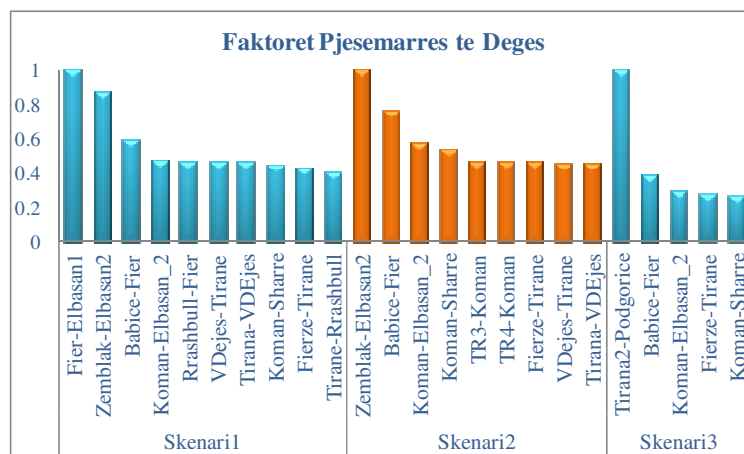


Figura 38. Faktorët e pjesmarrjes së degës për vlerën më të vogël vetjake për të tre skenarët gjatë rregjimit minimalë të punës së sistemit

Gjatë rregjimit minimale të punës së sistemit degët ku vërehet një nevojë për ndërhyrje në përmirësimin e qëndrueshmërisë së tensionit janë: Fier-Elbasan1 (skenari 1), Zemblak-Elbasan2 (skenari1 dhe 2) dhe Tirana2-Podgoricë (skenari 3). Ky është një rezultat i rëndësishëm për të evidentuar elementin (degën) më kritike të skemës, degën me faktorin më të madh pjesëmarrës. Është pikërisht ky element që konsumon më shumë fuqi reaktive gjatë një rritje/ndryshimi të vogël të fuqisë së ngarkesës. Informacion shumë i rëndësishëm ky që mund të shfrytëzohet nga operatorët e sistemit pasi këta elementë do të duhet të renditen në fund të listës së elementëve që duhet të stakohen në raste avarie. Pasi çkyçja e tij nga skema do na shkaktonte paqëndrueshmëri të tensionit.

3.4.4 Faktorët e Pjesëmarrjes të Gjeneratorit

Pjesëmarrja relative e gjeneratorit m në një gjendje të caktuar jepet nëpërmjet faktorit pjesëmarrës të gjeneratorit të cilët tregojnë që, për çdo gjendje, cili prej gjeneratorëve është më kritiku për të çuar drejt paqëndrueshmërisë. Gjeneratorët me pjesëmarrje të lartë në një gjendje të caktuar janë ato që shfaqin ndryshimin më të madh në prodhimin e fuqisë reaktive për një rritje të caktuar të ngarkesës në zonën e lidhur me gjendjen. Ato përfaqësojnë makinat të cilat duhet të mbajnë rezerva reaktive për të siguruar qëndrueshmërinë e gjendjes. Një informacion shumë i rëndësishëm i cili do të duhet të shfrytëzohet nga operatorët për të evidentuar se cilat janë ato njësi gjeneruese të cilët do të duhet të ruhet rezerva e fuqisë reaktive për të ruajtur qëndrueshmërinë e tensionit.

A. Rregjimi maksimal

Në figurën 39 për të tre skenarët, për rregjimin maksimal mund të evidentojmë se gjeneratorët me pjesëmarrjen më të madhe janë gjeneratorët e Vau Dejës, ndërkohë që për skenarin e parë vihet re edhe prania e tre gjeneratorëve të Fierzës (Figura 39). Janë këta gjeneratorë që duhet të jenë të gatshëm të japin ndryshimin më të madh në gjenerimin e fuqisë reaktive për një rritje të ngarkesës në zonën e lidhur me këtë gjenerator. Në përgjithësi, është e pritshme që ky gjenerator të përfaqësojë gjeneratorin i cili duhet të mbajë një rezervë të fuqisë reaktive për të mundësuar qëndrueshmërinë. Pra faktorët pjesëmarrës të gjeneratorit janë të rëndësishme në përcaktimin e një kriteri sigurie në terma të rezervave të fuqisë reaktive. Për gjeneratorët e Vau Dejës faktori i pjesëmarrjes është më i vogël për skenarin e tretë, kështu edhe sipas këtij vlerësimi rezultojnë skenari i tretë si më i qëndrueshëm kundrejt tensionit pasi krahasuar me dy skenarët e tjerë nevojitet një rezervë më e vogël e fuqisë reaktive.

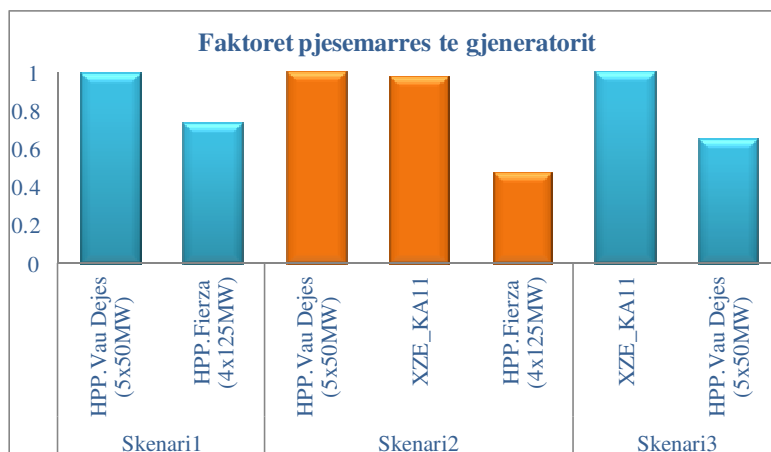


Figura 39. Faktorët e pjesëmarrjes të gjeneratorit për vlerën më të vogël vetjake për të tre skenarët gjatë rregjimit maksimal të punës së sistemit

Gjeneratorët me pjesëmarrjen më të madhe janë ata që pësojnë ndryshimin më të madh të fuqisë reaktive që gjenerohet gjatë rritjes së ngarkesës. Janë këta gjeneratorë të cilët duhet të ruajnë dhe sigurojnë rezervën e fuqisë reaktive për të siguruar qëndrueshmërinë e tensionit të sistemit elektroenergetik.

Pra në përfundim mund të themi se skenari i tretë përfaqëson skenarin më të mirë pasi nevojën për fuqi reaktive e mbulojnë vetëm gjeneratorët e HEC Vau Dejës që për ne përfaqësojnë dhe gjeneratorët ballancues në skemë si dhe linja e interkonjeksionit Zemblak-Kardia. Rezerva e fuqisë reaktive që duhet të jetë gjithmonë e disponueshme është më e vogël se në dy skenarët e tjerë.

B. Rregjimi mesatar

Në figurën 40 për të tre skenarët, për rregjimin mesatar mund të evidentojmë se gjeneratorët me pjesëmarrjen më të madhe janë gjeneratorët e Fierzës dhe linja e interkonjeksionit Zemblak-Kardia (Figura 40). Në skenarin e 2 dhe të 3-të mbulimi i nevojave për fuqi reaktive realizohet nga gjeneratorët e hidrocentralit të Komanit.

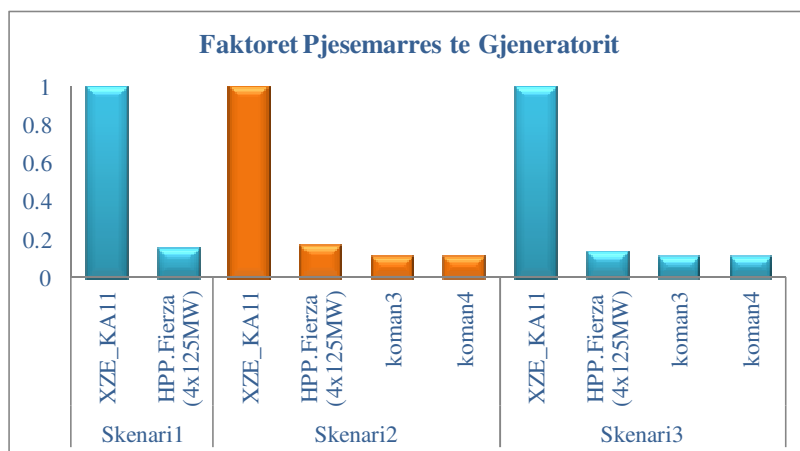


Figura 40. Faktorët e pjesëmarrjes të gjeneratorit për vlerën më të vogël vetjake për të tre skenarët gjatë rregjimit mesatar të punës së sistemit

Janë këta gjeneratorë që duhet të jenë të gatshëm të japin ndryshimin më të madh në gjenerimin e fuqisë reaktive për një rritje të ngarkesës në zonën e lidhur me këtë gjenerator. Pra faktorët pjesëmarrës të gjeneratorit janë të rëndësishëm në përcaktimin e një kriteri sigurie në terma të rezervave të fuqisë reaktive. Ajo çfare vihet se për rregjimin mesatar të punës së sistemit është se pjesën më të madhe të rezervës së fuqisë reaktive për të tre skenarët e ndryshëm e mban linja e interkonjeksionit Zemblak-Kardia.

Gjeneratorët me pjesëmarrjen më të madhe janë ata që pësojnë ndryshimin më të madh të fuqisë reaktive që gjenerohet gjatë rritjes së ngarkesës. Duhet të ruajnë dhe sigurojnë rezervën e fuqisë reaktive për të siguruar qëndrueshmërinë e tensionit.

Pra në përfundim mund të themi se skenari i tretë përfaqëson skenarin më të mirë pasi rezerva e fuqisë reaktive që duhet të jetë gjithmonë e disponueshme është më e vogël se në dy skenarët e tjerë.

C. Rregjimi minimal

Në figurën 41 për të tre skenarët, për rregjimin minimal mund të evidentojmë se gjeneratorët me pjesëmarrjen më të madhe janë gjeneratorët e Komanit, Fierzës dhe linja e interkonjeksionit Zemblak-Kardia (Figura 41). Në skenarin e 2 dhe të 3-të aktivizohen për mbulimin e nevojave për fuqi reaktive futen një numër më i vogël gjeneratorësh.

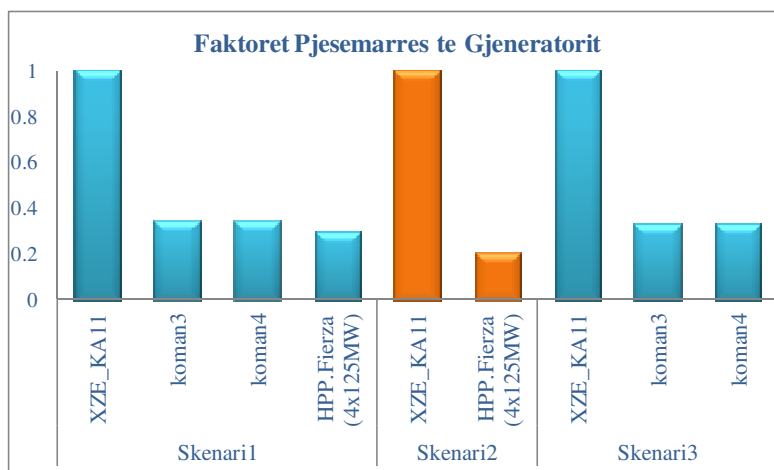


Figura 41. Faktorët e pjesëmarrjes të gjeneratorit për vlerën më të vogël vetjake për të tre skenarët gjatë rregjimit minimal të punës së sistemit

Janë këta gjeneratorë që duhet të jenë të gatshëm të japin ndryshimin më të madh në gjenerimin e fuqisë reaktive për një rritje të ngarkesës në zonën e lidhur me këtë gjenerator. Pra faktorët pjesëmarrës të gjeneratorit janë të rëndësishëm në përcaktimin e një kriteri sigurie në terma të rezervave të fuqisë reaktive. Ajo çfare vihet se për regjimin mesatar të punës së sistemit është se pjesën më të madhe të rezervës së fuqisë reaktive për të tre skenarët e ndryshëm e mban linja e interkonjeksionit Zemblak-Kardia. Gjeneratorët me pjesëmarrjen më të madhe janë ata që pësojnë ndryshimin më të madh të fuqisë reaktive që gjenerohet gjatë rritjes së ngarkesës. Duhet të ruajnë dhe sigurojnë rezervën e fuqisë reaktive për të siguruar qëndrueshmërinë e tensionit. Pra në përfundim mund të themi se skenari idytë dhe i tretë përfaqësojnë skenarin më të mirë pasi rezerva e fuqisë reaktive që duhet të jetë gjithmonë e disponueshme është më e vogël se në dy skenarët e tjerë dhe se kjo rezervë do të duhet të mbulohet nga një numër më i vogël gjeneratorësh krahasuar me skenarin e parë.

KAPITULLI V

KRAHASIME DHE VLERËSIME TËQËNDRUESHMËRISË
SË TENSIONIT TË SISTEMIT SHQIPTAR
ELEKTROENERGJETIK

Në këtë kapitull është realizuar analiza krahasimore e rezultateve të përfuara nga llogaritjet e modulit të qëndrueshmërisë së tensionit përmes softit aplikativ NEPLAN. Kjo analizë realizon krahasimin e tre regjimeve të ndryshme të punës së sistemit shqiptar elektroenergjetik atij maksimal, mesatar dhe minimal. Analiza me metoda të ndryshme identifikon të njëjtën nyje, Babica110, si nyjen më të dobët në sistemin elektroenergjetike. Ndër këto regjime evidentohet se cili prej tyre është më kritik kundrejt qëndrueshmërisë së tensionit. Analiza krahasimore kryhet për të gjitha metodat statike të cilat janë llogaritur në kapitullin 4.

Theksojmë që kriteri i sigurisë N-1 nuk është aplikuar në analizën e sistemit tonë elektroenergjetik. Në kapitullin 3 në tregojmë qëkufiri i sigurisë 130% shërben si rezervë për sigurinë N-1 të sistemit.

Në këtë kapitull propozohet një metodikë e re për vlerësimin e intervalit kohor gjatë të cilit ruhet vlera e koeficientit të sigurisë së qëndrueshmërisë së tensionit 130% [1], pra kur sistemi punon brenda kufirit të qëndrueshmërisë statike të tensionit. Metodika bazohet në përafrimin e rezultateve të përfuara në kapitullin 4 dhe në përafrimin polinomial të ligjshmërisë së ndryshimit të koeficientit të sigurisë së qëndrueshmërisë së tensionit. Metodika ilustron në rastin e ditës më të ngarkuar të vitit, 15 Dhjetor 2010.

1. ANALIZA KRAHASIMORE E PROFILIT TË TENSIONIT

Analiza e rezultateve për skenarin e parë për të tre regjimet e punës, maksimal, mesatar dhe minimal, tregon një profil të thyer të tensionit dhe probleme të qëndrueshmërisë së tensionit. Kjo vjen si pasojë e profilit të zgjatur të sistemit shqiptar të transmetimit dhe të mungesës së gjenerimit në zonën e jugut (Figura 1).

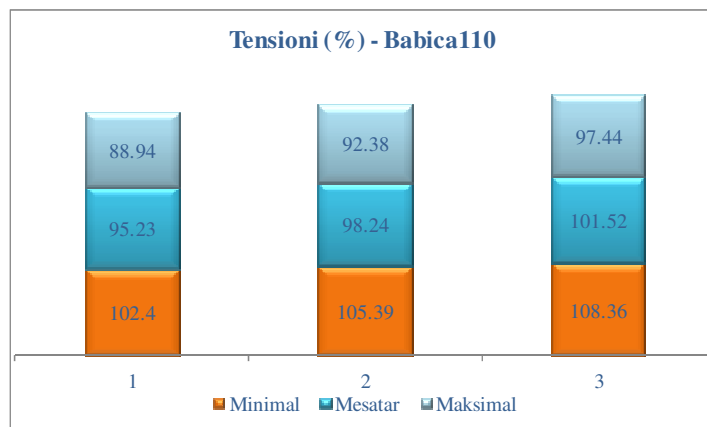


Figura 1. Krahasimi i tensioneve për të tre regjimet për nyjen më kritike Babica 110

Analiza e rezultateve të dy skenarëve kur në sistem janë ndërmarrë masa përforcuese e konkretisht: a) kompensim shunt në nënstacionin e Fierit (Skenari2) dhe b) linje e re transmetimi Elbasan2-Tirana2-Podgorica (skenari3) ka treguar se:

Për rregjimin maksimal, mesatar dhe minimal, përdorimi i kompensimit shunt e ka përmirësuar profilin e tensionit të sistemit respektivisht deri në 3.51%, 3.12% dhe 3.14% ndërkohë që ndërtimi i linjës së re të transmetimit 400 kV ka ndikuar dukshëm në përmirësimin e profilit të tensionit të sistemit deri në 8.7%, 6.53%, 6.24% respektivisht.

Nga figura 1 vihet re se për të tre rregjimet, skenari më i mirë është skenari i tretë, pasi është përmirësuar dukshëm profili i tensionit për nyjen më kritike të sistemit, Babica110, por edhe për

nyjet e tjera të sistemit. Kjo tregon se këto investime e kanë përmirësuar sjelljen e sistemit, kundrejt qëndrueshmërisë së tensionit, duke zvogëluar kështu masat që do të duhet të ndërmerren për të ruajtur qëndrueshmërinë e tij. Në skenarin e tretë vlera e tensionit për rregjimin maksimal është rritur me 8.5%, për rregjimin mesatar është rritur me 6.29%, dhe për rregjimin minimal është rritur me 5.96%.

Ndërkohë ndërmjet tre rregjimeve, më i miri, pra ai që ka profilin më të lartë të tensioneve, është rregjimi *minimal* i punës së sistemit. Për këtë rregjim masat që do të duhet të ndërmerren për të ruajtur qëndrueshmërinë e tij, zvogëlohen pasi është rritur qëndrueshmëria e sistemit pas investimeve të kryera. Në rregjimin minimal, për skenarin e tretë të tij, niveli i tensionit është rritur me 10.92% kundrejt rregjimit më të rënduar që është ai maksimal.

2. ANALIZA KRAHASIMORE E KURBAVE P-U PËR NYJEN BABICA110

Nga analiza P-U (Tabela 1/Figura2) për të tre skenarë në tre rregjime të ndryshme punë maksimal, mesatar dhe minimal, evidentohet e njëjta nyje kritike, Babica110.

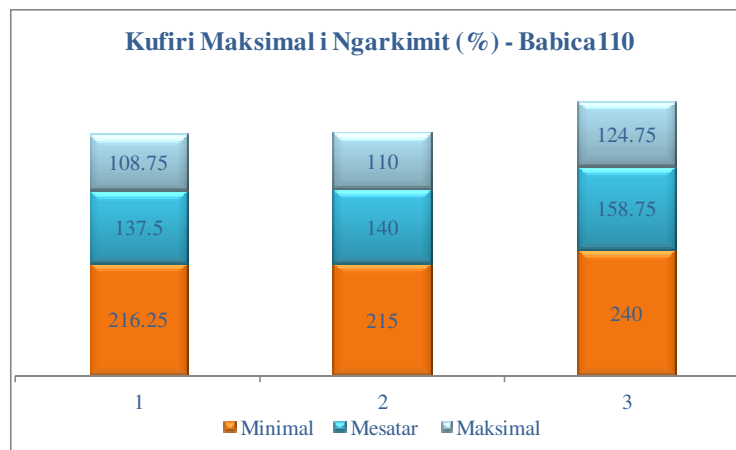


Figura 2. Krahasoni i kufirit maksimal të ngarkimit për nyjen më kritike Babica 110

Tabela 1. Analiza P-U për nyjen më kritike Babica110

Skenarët	Maksimale	Mesatare	Mininale
	P(%)	P(%)	P(%)
Skenari 1	108.75	137.5	216.25
Skenari 2	110	140	215
Skenari 3	124.75	158.75	240

Për rregjimin *maksimal* kufiri i ngarkimit për nyjen më kritike të sistemit elektroenergjetike, Babica 110, nga 108.75% për skenarin1 në 110% për skenarin 2, në 124.75% në skenarin3. Kompensimi shunt ka sjellë një ndikim të vogël në qëndrueshmërinë e tensionit, me vetëm 1.25%. Ndikimin më të madhë e ka skenari i tretë pasi dukshëm kemi një rritje të kufirit maksimal të ngarkimit, prej 16%, për nyjen më kritike, Babica110.

Për rregjimin *mesatar* kufiri i ngarkimit për nyjen më kritike të sistemit elektroenergjetike, Babica 110, nga 137.5% për skenarin 1 në 140% për skenarin 2, në 158.75% në skenarin3. Kompensimi shunt ka sjellë një ndikim të vogël në qëndrueshmërinë e tensionit me vetëm 2.5%, krahasuar me skenarin e tretë ku kufiri maksimal i ngarkimit është rritur me 21.25%. Në përfundim të analizës për rregjimin *minimal* vërehet se kufiri i ngarkimit për nyjen më kritike

tësistemit elektroenergjetike (Babica 110) nga 216.25% për skenarin1, në 215% për skenarin 2, në 240% në Skenarin3. Kompensimi shunt nuk ka sjellë asnjë ndikim në qëndrueshmërinë e tensionitpër nyjen më kritike, Babica110. Ndërkohë që skenari i tretë edhe për këtë rregjim është më i miri për sistemin tonë elektroenergjetik pasi kufiri maksimal i ngarkimit është rritur me 23.75%.

Nga tabela e mësipërme vihet re se për secilin prej rregjimeve skenari më mire është skenari i tretë, pasi kufiri i ngarkimit për nyjen më kritike të sistemit elektroenergjetike (Babica 110) është më i madhë se në dy skenarët e tjerë.

Ndërkohë ndërmjet tre rregjimeve, më i miri, pra ai që ka kufirin më të madh të ngarkimit, është rregjimi minimal i punës së sistemit. Vlera e kufirit maksimal të ngarkimit arrin në 240 %, ndërkohë që në rregjimin mesatar arrin në 158.75% dhe në rregjimin maksimal në 124.75 %. Referuar lietraturave [1],*koefiçenti i sigurisë së qëndrueshmërisë statike të tensionit*është130%. Kjo do të thotë se vetëm për skenarine tretë, gjatë rregjimit *mesatar* dhe *minimal* të punës së sistemit jemi brenda zonës së kufirit minimal të lejuar të ngarkimit të sistemit elektroenergjetik.

3. ANALIZA KRAHASIMORE E KURBAVE U-Q PËR NYJEN BABICA110

Nga analiza U-Q (Figura 3/Tabela 2) për të tre skenarët në tre rregjime të ndryshme pune maksimal, mesatar dhe minimal, evidentohet e njëjta nyje kritike, Babica110.

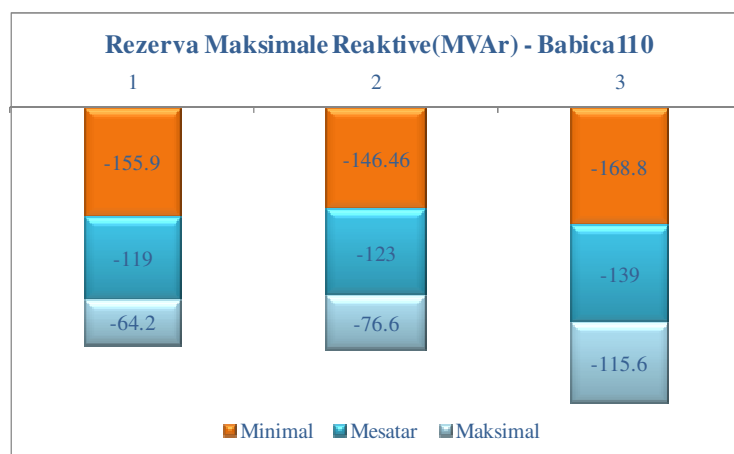


Figura 3. Rezerva maksimale reaktive për nyjen më kritike Babica 110

Tabela 2. Analiza U-Q për nyjen më kritike Babica110

Skenarët	Maksimale		Mesatare		Minimale	
	U(%)	Q(MVAr)	U(%)	Q(MVAr)	U(%)	Q(MVAr)
Skenari 1	65	-64.2	60	-119	60	-155.9
Skenari 2	60	-76.6	60	-123	60	-146.46
Skenari 3	60	-115.6	60	-139	60	-168.8

Për rregjimin *maksimal*, rezerva më e vogël e fuqisë reaktive për nyjen më kritike të sistemit elektroenergjetike, Babica110, është përmirësuar nga -64.2MVAr për skenarin1 në -76.6MVAr për skenarin2, në -115.6MVAr për skenarin3. Pika e ortekut të tensionit është përmirësuar nga 65% në 60%.

Për rregjimin *mesatar*, rezerva më e vogël e fuqisë reaktive për nyjen më kritike të sistemit elektroenergjetikë, Babica110, është përmirësuar nga -119MVAr për skenarin1 në -123MVAr për

skenarin2, në -139 MVar për skenarin3. Pika e ortekut të tensionit nuk ka pësuar ndryshim, vlera e saj ka mbetur 60%.

Për rregjimin *minimal*, rezerva më e vogël e fuqisë reaktive për nyjen më kritike të sistemit elektroenergjetike, Babica110, është përmirësuar nga -155.9MVar për skenarin1 në -146.46MVar për skenarin2, në -168.8 MVar për skenarin3. Pika e ortekut të tensionit nuk ka pësuar ndryshim, vlera e saj ka mbetur 60%

Nga tabela e mësipërme vihet re se për secilin prej rregjimeve skenari më i mirë është skenari i tretë, pasi kemi rezervë më të madhe të fuqisë reaktive dhe për një vlerë më të vogël tensioni, për nyjen më kritike të sistemit elektroenergjetike, Babica 110. Nga analiza e kurbave U-Q rezulton se investimi i kryer, linja e re e transmetimit 400kV, e ka rritur dukshëm rezervën e fuqisë reaktive duke e bërë sistemin shqiptar elektroenergjetik më të qëndrueshëm kundrejt tensionit.

Ndërkohë ndërmjet tre rregjimeve, më i miri, pra ai që ka rezervën më të madhe të fuqisë reaktive, është rregjimi *minimal* i punës së sistemit. Vlera rezervës së fuqisë reaktive arrin në -168.8MVar, ndërkohë që në rregjimin *mesatar* arrin në -139MVar dhe në rregjimin *maksimal* në -115.6MVar. Rezerva e fuqisë reaktive është rritur për rregjimin *minimal* me 53.2MVar nga rregjimi më i rëndë, rregjimi *maksimal*.

4. ANALIZA KRAHASIMORE E KOEFICIENTIT TË NDJESHMËRISË U-Q PËR NYJEN BABICA110

Nga analiza e koeficientëve të ndjeshmërisë U-Q (Figura 4, Tabela 3) për të tre skenarët në tre rregjime të ndryshme pune maksimal, mesatar dhe minimal, evidentohet e njëjta nyje kritike, Babica110.

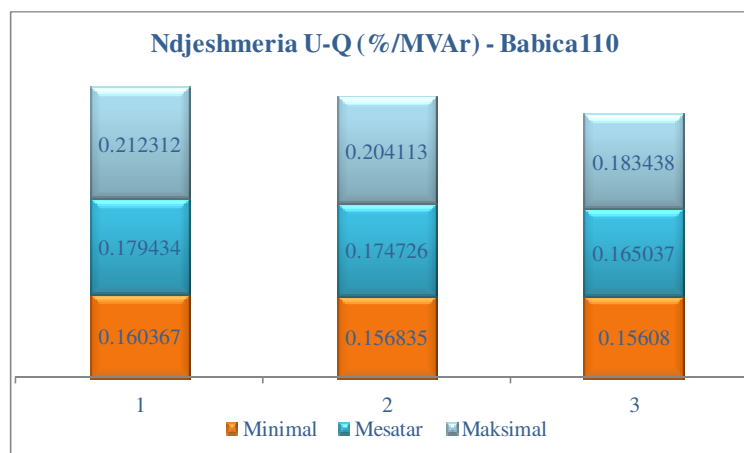


Figura 4. Koeficientët e ndjeshmërisë U-Q për nyjen më kritike Babica 110

Tabela 3. Koeficientët e ndjeshmërisë U-Q për nyjen më kritike Babica110

Skenarët	Ndjeshmeria U-Q [% / MVar]		
	Maksimale	Mesatare	Minimale
Skenari 1	0.212312	0.179434	0.160367
Skenari 2	0.204113	0.174726	0.156835
Skenari 3	0.183438	0.165037	0.15608

Për rregjimin *maksimal* shohim se vlerën më të vogël të koeficientëve të ndjeshmërisë U-Q e kemi në skenarin e tretë. Impakti i kompensimit shunt nuk është dhe aq i ndjeshëm, me vetëm 0.0082[%/MVar]. Koeficientët e ndjeshmërisë janë më të vegjël për skenarin e tretë, vlera e koeficientëve është zvogëluar me 0.0289[%/MVar] kundrejt skenarit të parë. Sistemi është më i qëndrueshëm kundrejt tensionit me investimin e kryer. Rreziku i shkuarjes drejt paqëndrueshmërisë së tensionit është më i vogël në skenarin e tretë dhe i ndarë ndërmjet disa nyjeve.

Për rregjimin *mesatar* shohim se vlerën më të vogël të koeficientëve të ndjeshmërisë U-Q e kemi për skenarin e tretë. Impakti i kompensimit shunt nuk është dhe aq i ndjeshëm, me vetëm 0.0047[%/MVar]. Koeficientët e ndjeshmërisë janë më të vegjël për skenarin e tretë, vlera e koeficientëve është zvogëluar me 0.0144[%/MVar] kundrejt skenarit të parë. Sistemi është më i qëndrueshëm kundrejt tensionit me investimin e kryer. Rreziku i shkuarjes drejt paqëndrueshmërisë së tensionit është më i vogël në skenarin e tretë dhe i ndarë ndërmjet disa nyjeve.

Për rregjimin *minimal* shohim se vlerën më të vogël të koeficientëve të ndjeshmërisë U-Q e kemi për skenarin e tretë. Impakti i kompensimit shunt nuk është dhe aq i ndjeshëm, me vetëm 0.0035[%/MVar]. Koeficientët e ndjeshmërisë janë më të vegjël për skenarin e tretë, vlera e koeficientëve është zvogëluar me 0.0043[%/MVar] kundrejt skenarit të parë. Sistemi është më i qëndrueshëm kundrejt tensionit me investimin e kryer. Rreziku i shkuarjes drejt paqëndrueshmërisë së tensionit është më i vogël në skenarin e tretë dhe i ndarë ndërmjet disa nyjeve.

Nga tabela e mësipërme vihet re se për secilin prej rregjimeve skenari më i mirë është skenari i tretë, pasi vlera e koeficientëve të ndjeshmërisë U-Q zvogëlohet, për nyjen më kritike të sistemit elektroenergjetikë, Babica 110. Nga analiza e koeficientëve të ndjeshmërisë U-Q rezulton se investimi i kryer, linja e re e transmetimit 400kV, e ka rritur dukshëm qëndrueshmërinë e tensionit për sistemin shqiptar elektroenergjetik.

Ndërkohë ndërmjet tre rregjimeve, më i miri, pra ai që ka vlerën më të vogël të koeficientëve të ndjeshmërisë, është rregjimi *minimal* i punës së sistemit. Vlera e koeficientit të ndjeshmërisë për këtë rregjim arrin në 0.15608, ndërkohë që në rregjimin *mesatar* arrin në 0.165037 dhe në rregjimin *maksimal* në 0.183438. Vlera e koeficientit të ndjeshmërisë është zvogëluar për rregjimin *minimal* me 0.0274 nga rregjimi më i rëndë, rregjimi *maksimal*.

5. KRAHASIMI I ANALIZËS MODALE

5.1 Vlerat Vetjake

Nga analiza krahasimore e vlerave vetjake rezulton se skenari i tretë vlerësohet si skenari më i mirë. Për rregjimin *maksimal*, *mesatar* dhe *minimal* vlerat vetjake të skenarit të tretë *respektivisht* 1.279178, 1.423956 dhe 1.478115 janë më të mëdha se në dy skenarët e tjerë. Pra sipas këtij treguesi skenari i tretë për të tre rregjimet e punës së sistemit elektroenergjetik është më i qëndrueshëm kundrejt tensionit.

Nga tabela e mësipërme vihet re se për secilin prej rregjimeve skenari më i mirë është skenari i tretë, pasi vlera vetjake është më e madhe, për nyjen më kritike të sistemit elektroenergjetike (Babica 110). Nga analiza e vlerave vetjake rezulton se investimi i kryer, linja e re e transmetimit

400kV, Elbasan2-Tirana2-Podgoricë, e ka rritur dukshëm qëndrueshmërinë e tensionit për sistemin shqiptar elektroenergjetik.

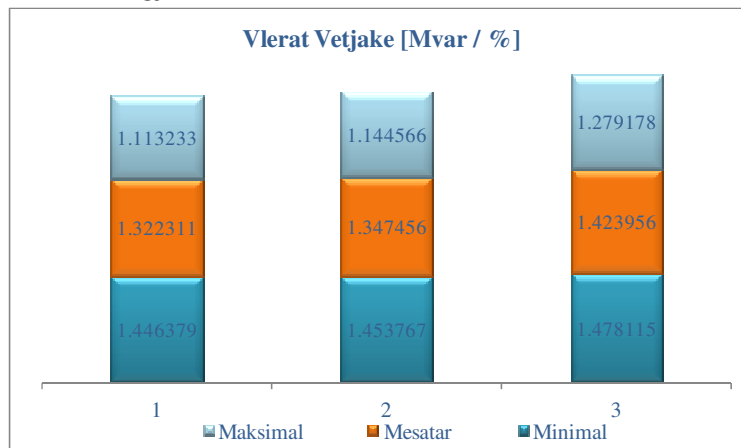


Figura5. Vlerat vetjake më të vogla të sistemit elektroenergjetik

Tabela 4. Vlerat vetjake më të vogla

Skenarët	Vlerat Vetjake [Mvar / %]		
	Maksimale	Mesatare	Minimale
Skenari 1	1.113233	1.322311	1.322311
Skenari 2	1.144566	1.347456	1.453767
Skenari 3	1.279178	1.423956	1.478115

Ndërkohë ndërmjet tre rregjimeve, më i miri, pra ai që ka vlerën vetjake më të madhe, është rregjimi *mesatar* i punës së sistemit. Gjate rregjimit mesatar të punës së sistemit elektroenergjetik sistemi është larg kufirit të paqëndrueshmërisë së tensionit, krahasuar me regjimet e tjera të punës. Nga rezultatet e tabelës së mësipërme mund të themi se edhe regjimi minimal i punës mund të konsiderohet si rregjim i mirë i punës pasi vlerat vetjake janë më të mëdha krahasuar me dy regjimet e tjera.

a. Faktorët Pjesëmarrës të Nyjes

Nga analiza e faktorëve pjesëmarrës të nyjeve (Figura 6/Tabela 5) për të tre skenarët në tre rregjime të ndryshme punë maksimal, mesatar dhe minimal, evidentohet e njëjta nyje kritike, Babica110.

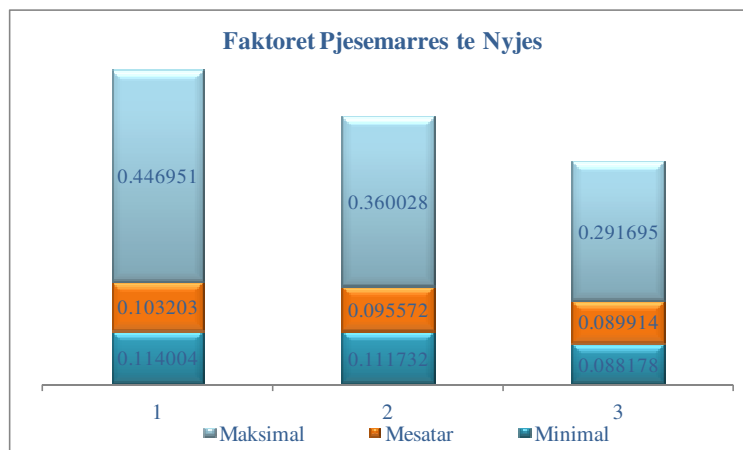


Figura 6. Faktorët pjesëmarrës të nyjes më kritike Babica110

Tabela 5. Faktorët pjesëmarrës të nyjes Babica110

Skenarët	Faktorët pjesëmarrës të nyjes		
	Maksimal	Mesatar	Minimal
Skenari 1	0.446951	0.103203	0.114004
Skenari 2	0.360028	0.095572	0.111732
Skenari 3	0.291695	0.089914	0.088178

Për rregjimin *maksimal*, nisur nga faktorët pjesëmarrës të nyjes, për të tre skenarët rezultojnë njësia Babica110 si më kritikja, por në skenarin e tretë faktori pjesëmarrës i saj është më i vogël 0.291695 duke përcaktuar efektivitetin e masave që do të duhet të ndërmerren nënyje për të qetësuar gjendjen.

Për rregjimin *mesatar*, për të tre skenarët rezultojnë njësia Babica110 si më kritikja. por në skenarin e tretë faktori pjesëmarrës i saj është më i vogël 0.089914 duke përcaktuar efektivitetin e masave që do të duhet të ndërmerren në nyje për të qetësuar gjendjen.

Për rregjimin *minimal*, nisur nga faktorët pjesëmarrës të nyjes, për të tre skenarët rezultojnë njësia Babica110 si më kritikja, por në skenarin e tretë faktori pjesëmarrës i saj është më i vogël 0.088178 duke përcaktuar efektivitetin e masave që do të duhet të ndërmerren nënyje për të qetësuar gjendjen.

Nga tabela e mësipërme vëhet re se për të tre rregjimet, skenari më i mirë është skenari i tretë, pasi vlera e faktorëve pjesëmarrës të nyjes zvogëlohet, për një të më kritikë të sistemit elektroenergjetikë (Babica 110). Pra investimet e kryera në skenarin e tretë e kanë përmirësuar sjelljen e sistemit, kundrejt qëndrueshmërisë së tensionit, duke zvogëluar kështu masat që do të duhet të ndërmerren për të ruajtur qëndrueshmërinë e tij. Nga analiza e faktorëve pjesëmarrës të nyjes rezultojnë se investimi i kryer, linja e re transmetimit 400kV, e ka rritur dukshëm qëndrueshmërinë e tensionit për sistemin shqiptar elektroenergjetik.

Ndërkohë ndërmjet tre rregjimeve, më i miri, pra ai që ka vlerën më të vogël të faktorëve pjesëmarrës të nyjes, është rregjimi *minimal* i punës së sistemit. Për këtë rregjim masat që do të duhet të ndërmerren për të ruajtur qëndrueshmërinë e tij, zvogëlohen pasi është rritur qëndrueshmëria e sistemit pas investimeve të kryera. Vlera e faktorit pjesëmarrës të nyjes për këtë rregjim arrijnë në 0.088178, ndërkohë që në rregjimin *mesatar* arrijnë në 0.089914 dhe në rregjimin *maksimal* në 0.291695. Vlera e koeficientit të ndjeshmërisë është zvogëluar për rregjimin *minimal* me 0.2035 nga rregjimi më kritik, rregjimi *maksimal*.

b. Faktorët Pjesëmarrës të Degës

Nga analiza e faktorëve pjesëmarrës të degës (Tabela 6) për të tre skenarët në tre rregjime të ndryshme pune maksimal, mesatar dhe minimal, evidentohen për secilin rast dy degët më kritikë.

Tabela 6. Faktorët pjesëmarrës të degës

Skenarët	Faktorët pjesëmarrës të degës					
	Maksimal		Mesatar		Minimal	
Skenari 1	Fier-Elbasan1	1	Fier-Elbasan1	1	Fier-Elbasan1	1
	Babice-Fier	0.787269	Zemblak-Elbasan2	0.630899	Zemblak-Elbasan2	0.876245
Skenari 2	Babice-Fier	1	Zemblak-Elbasan2	1	Zemblak-Elbasan2	1
	Fier-Elbasan1	0.822495	Fier-Elbasan1	0.840856	Babice-Fier	0.772188
Skenari 3	Babice-Fier	1	Tirana2-Podgorice	1	Tirana2-Podgorice	1
	Vau Dejes-Koman	0.730843	Zemblak-Elbasan2	0.759876	Babice-Fier	0.389352

Për rregjimin *maksimal*, nisur nga faktorët pjesëmarrës të degëve evidentohen ato degë që konsumojnë më shumë fuqi reaktive gjatë një rritje/ndryshimi të vogël të fuqisë së ngarkesës; për skenarin 1 janë degët Fier-Elbasan1 dhe Babicë-Fier; për skenarin 2 janë degët Babice-Fier dhe Fier-Elbasan1; për skenarin 3 dega Babicë-Fier dhe Vau Dejës-Koman. Për skenarin e tretë përveç degës më kritike Babicë-Fier degët e tjera kanë një faktor pjesëmarrje më të vogël se dy skenarët e tjerë. Pra degët e skenarit të parë dhe të dytë janë degët më të ngarkuara apo ndryshe janë lidhjet më të dobëta të sistemit elektroenergjetik.

Për rregjimin *mesatar* evidentohen degët që konsumojnë më shumë fuqi reaktive gjatë një rritje/ndryshimi të vogël të fuqisë së ngarkesës. për skenarin 1 janë degët Fier-Elbasan1 dhe Zemblak-Elbasan2; për skenarin 2 janë degët Zemblak-Elbasan2 dhe Fier-Elbasan1; për skenarin 3 dega Tirana2-Podgoricë dhe Zemblak-Elbasan2. Për skenarin e tretë përveç degës më kritike Tirana2-Podgoricë degët e tjera kanë një faktor pjesëmarrës më të vogël se dy skenarët e tjerë. Çka tregon se skenari i tretështë skenari më i mire dhe më i sigurtë në drejtim të ruajtjes së qëndrueshmërisë së skemës së sistemit elektroenergjetik.

Për rregjimin *minimal* nga tabela e mësipërme evidentohen degët që konsumojnë më shumë fuqi reaktive gjatë një rritje/ndryshimi të vogël të fuqisë së ngarkesës ku për skenarin 1 janë degët Fier-Elbasan1 dhe Zemblak-Elbasan2; për skenarin 2 janë degët Zemblak-Elbasan2 dhe Babicë-Fier; për skenarin 3 dega Tirana2-Podgorice dhe Babicë-Fier. Për skenarin e tretë përveç degës më kritike Tirana2-Podgoricë degët e tjera kanë një faktor pjesëmarrës më të vogël se dy skenarët e tjerë. Çka tregon se skenari i tretështë skenari më i mirë dhe më i sigurtë në drejtim të ruajtjes së qëndrueshmërisë së skemës së sistemit elektroenergjetik. Pra degët e skenarit të parë dhe të dytë janë degët më të ngarkuara apo ndryshe janë lidhjet më të dobëta të sistemit elektroenergjetik. Përmes vlerave të faktorëve pjesëmarrës arrihet të identifikohen masat përmirësuese për të lehtësuar problemet e qëndrueshmërisë së tensionit.

Përmes vlerave të faktorëve pjesëmarrës arrihet të identifikohen masat përmirësuese për të lehtësuar problemet e qëndrueshmërisë së tensionit apo edhe të rishpërndajës së fluksit të fuqisë për të lehtësuar ngarkimin në ato degë. Vlerësim shumë i rëndësishëm ky për tu pasur parasysh gjatë punës së sistemit e përshembull në rastin e vlerësimit të treguesit N-1. Informacion shumë i rëndësishëm ky që mund të shfrytëzohet nga operatorët e sistemit pasi degët me faktorin më të madh pjesëmarrës do të duhet të klasifikohen si të fundit në listën e elementëve që duhet të stakohen në raste avarie. Pasi çkyçja e tyre nga skema do na shkaktonte humbje të qëndrueshmërisë së tensionit.

Nga rezultatet e paraqitura më sipër vihet re se, skenari më i mire është skenari i tretë, pasi vlera e faktorëve pjesëmarrës të degëve zvogëlohet, për nyjen më kritike të sistemit elektroenergjetike (Babica 110). Kjo tregon se niveli i masave përmirësuese për të lehtësuar problemet e qëndrueshmërisë së tensionit janë zvogëluar me rritjen e investimevetë kryera në skenarin e tretë. Këto investime e kanë përmirësuar sjelljen e sistemit, kundrejt qëndrueshmërisë së tensionit, duke zvogëluar kështu masat që do të duhet të ndërmerren për të ruajtur qëndrueshmërinë e tij. Ndërkohë që ndodhe e kundërta për rregjimin mesatar dhe maksimal të punës së sistemit elektroenergjetik.

Nga analiza e faktorëve pjesëmarrës të nyjes rezulton se investimi i kryer, linja e re transmetimit 400kV, e ka rritur dukshëm qëndrueshmërinë e tensionit për sistemin Shqiptar elektroenergjetik. Ndërkohë ndërmjet tre rregjimeve, rregjimi *minimal* i punës së sistemit është gjithmonë i qëndrueshëm.

c. Faktorët Pjesëmarrës të Gjeneratorit

Nisur nga faktorët pjesëmarrës të gjeneratorëve identifikohen gjeneratorët me pjesëmarjen më të madhe. Janë ata që pësojnë ndryshimin më të madh të fuqisë reaktive që gjenerohet gjatë rritjes së ngarkesës dhe që duhet të ruajnë dhe sigurojnë rezervën e fuqisë reaktive për të ruajtur qëndrueshmërinë e tensionit. Një informacion shumë i rëndësishëm i cili do të duhet të shfrytëzohet nga operatorët për të evidentuar se cilat janë ato njësi gjeneruese të cilët do të duhet të ruhet rezerva e fuqisë reaktive për të ruajtur qëndrueshmërinë e tensionit.

Për të tre skenarët e *regjimit maksimal* peshën kryesore e mbajnë gjeneratorët e hidrocentralit të Vau Dejës. Gjatë regjimit normal të punës së sistemit janë këta gjeneratorë të cilët ruajnë ballancën gjenerim-konsum, pra janë gjeneratorët ballancues të sistemit shqiptar elektroenergjetik. Skenari më i mirë, vlerësohet skenari 3 pasi faktorët pjesëmarrës janë në vlera më të vogla se dy skenarët e tjerë që do të thotë se nevojitet një rezervë më e vogël e fuqisë reaktive.

Tabela 6. Faktorët pjesëmarrës të gjeneratorit

Skenarët	Faktorët pjesëmarrës të gjeneratorit					
	Maksimal		Mesatar		Minimal	
Skenari 1	Vau Dejes5	1	XZE_KA11	1	XZE_KA11	1
	Vau Dejes3	0.99925	HPP.Fierza (4x125MË)	0.150058	koman3	0.340278
Skenari 2	Vau Dejes5	1	XZE_KA11	1	XZE_KA11	1
	Vau Dejes3	0.999238	HPP.Fierza(4x125MË)	0.16885	Fierza1	0.204586
Skenari 3	XZE_KA11	1	XZE_KA11	1	XZE_KA11	1
	Vau Dejes5	0.659107	HPP.Fierza (4x125MË)	0.137131	koman3	0.331619

Ajo çfarë evidentohet për këtë regjim është se peshën kryesore përsa i përket rezervës së fuqisë reaktive e mbulojnë gjeneratorët e sistemit, vetëm në e skenarin e tretë për mbulimin e nevojave për fuqi reaktive hyn edhe Kardia, linja e interkonjeksionit me Greqinë.

Për regjimin *mesatar dhe minimal* vihet re se aktivizohen për mbulimin e rezervës reaktive në vend hyjnë edhe linjat e interkonjeksionit e konkretisht linja e cila na lidh me Greqinë, Zemblak - Kardia, duke mbajtur peshën kryesore. Me një faktor më të ulët pjesëmarrjeje gjatë regjimit mesatar të punës së sistemit rezerva e fuqisë reaktive mbulohet në një masë më të ulët nga gjeneratorët e hidrocentralit të Fierzës. Kurse gjatë *regjimit minimal* të punës së sistemit rezerva e fuqisë reaktive mbulohet nga gjeneratorët e hidrocentralit të Fierzës dhe Komanit.

Nga analiza e këtyre rezultateve vërehet se sistemi shqiptar elektroenergjetik vijon të ketë ende nevojën për qarkullimin e fuqisë reaktive nga linjat e ndërlidhjes me rrjetet fqinje e kryesisht Greqisë. Megjithatë vlerat më të vogla të faktoreve pjesëmarrës të gjeneratorëve gjatë regjimit mesatar dhe minimal të punës së sistemit i bëjnë këto dy regjime më të qëndrueshme kundrejt tensionit krahasuar me regjimin më kritikë atë maksimal.

6. VLERËSIMI I SIGURISË SË SISTEMIT SHQIPTAR ELEKTROENERGJETIK

Dhjetë vitet e fundit kemi dëgjuar shpesh nëpër workshop-e, konferenca, seminare se sistemi elektroenergjetik shumëshpejtë do të operojë në kufijtë e kapacitetit të tij. Dhe kjo thënie është kthyer në një klishe për vendet e botës por në një realitet për Shqipërinë. Në vitin 2013 rritja mesatare vjetore e kërkesës për energji është në vlerën 341GWh më shumë ndaj vitit paraprak ose në përqindje 4.3%. Në vitin 2013 piku i ngarkesës shënon 1540 MW dhe në krahasim me kapacitetin e instaluar të sistemit tonë energjetik prej 1531 MW (së bashku me TEC-in e Vlorës)

ose 1433 vetëm me HEC-et, rezulton se aktualisht piku i ngarkesës e ka tejkaluar nëmasën 7% kapacitetin e instaluar të sistemit, pra janë tejkaluar kufijtë e kapaciteteve të instaluara.

Kështu që fatkeqësisht nuk është më e mundur të mbeshtetemi më në kriterin N-1, si standarti klasik i sigurisë së punës së sistemit, përgjate gjithë orëve të vitit. Sistemi nuk është më në gjendje të “mbijetojë” pa ndërmarrjen e veprimeve pas një demtimi. E thënë më qartë, nuk është më e mundur të ruhet kriteri i sigurisë N-1 gjatë gjithë kohës në sistem duke ndërmarrë vetëm veprime parandaluese, dhe numri i orëve gjatë të cilave sistemit i nevojiten veprimet korrigjuese për të operuar i sigurt janë duke u shtuar. Gjithmonë e më shumë po ndërtohen e zhvillohen skema të reja mbrojtjeje në mënyrë që të vihen në zbatim automatikisht veprimet korrigjuese. Pajisje të tilla si transformatorë me ndryshim faze, dhe kompensatorët statik Var po i shtohen sistemit me qëllim rritjen e kontrollueshmërisë së tij. E për pasojë, sistemi po bëhet gjithnjë e më kompleks. Shkaktarë për këtë situatë janë disa dukuri të cilat nuk do të mund të zhduken në të ardhmen e afërt:

1. Është bërë më e vështirë se kurrë ndonjëherë për të ndërtuar linja të reja ajrore. Njerëzit po shfaqen akoma dhe më të frikësuar nga efektet hipotetike elektromanjetike, apo thjesht nuk u pëlqen që të shohin shtylla të larta në mjedisin ku ata jetojnë. Është e vështirë tu shpjegosh njerëzve nevojën për linja të reja kur ata ndërkohë kanë energji në banesat e tyre dhe me një cmim të arësyeshem. Alternativat e tjera për zgjidhjen e këtij ngërci janë teknikisht komplekse, të kushtueshme, dhe nevojitet kohë për ti implementuar.
2. Arsyeja e dytë është integrimi masiv i energjive të rinovueshme në sistem. Për shkak të ndryshueshmërisë së madhe që ka prodhimi i tyre (për shkak të erës, apo rrezatimit diellor etj.) parashikueshmëria e burimeve gjeneruese ulet që ndikon dukshëm në parashikueshmërinë e flukseve të fuqisë. Për më tepër këto centrale të reja përbëjnë njësi të vogla të cilat lidhen me rrjetin e shpërndarjes. Operatori i sistemit të transmetimit e ka të vështirë monitorimin e fuqisë se injektuar prej tyre, dhe nuk kanë kontroll direkt mbi to. Një faktor tjetër është mosperputhja midis kohës relativisht të shkurtër që nevojitet për ndërtimin e tyre, centralet e erës (2-3vjet) apo panelet fotovoltaike (disa muaj), dhe kohës që duhet për të kaluar gjithë procedurat për ndërtimin e linjave të reja (më shumë se 5 vjet). Disa operatorë të sistemit të transmetimit kanë sygjerruar që keto burime të reja gjeneruese të instalohen në atë pjesë të rrjetit ku ka mjaftueshëm kapacitet rezervë për ti akomoduar. Fatkeqësisht është shumë e vështirë të ndryshohet struktura e punës. Inisiativa të tilla mund të jepen vetëm në formën e stimuljeve por është në dorën e prodhuesit që të gjejë balancën optimale ndërmjet kostove për të hyrë në rrjet dhe kostos së energjisë primare. Mekanizma të tilla thjesht sa do të zgjidhnin disa probleme lokale. Vendinstalimi më i mirë për centralet e erës janë kryesisht përgjatë bregut të detit ose në det, ndërkohë që për fotovoltaiket kryesisht në pjesën jug-perëndimore. Në kushtet kur këto pozicione nuk përputhen me qendrat e ngarkesave të mëdha, ende nevojitet një rrjet transmetimi, dhe ky sistem do të duhet të përballet me ndryshueshmërinë e flukseve të fuqisë.
3. Arsyeja e tretë lidhet me liberalizimin e tregut të energjisë. Gjeneruesit, shitësit me pakicë, dhe konsumatorët e shohin sistemin e transmetimit si një burim publik tek i cili ata kanë akses të pakufizuar. Kjo ndikon duke e shtyrë sistemin drejt maksimizimit e fitimit dhe të një përdorimi optimal të aseteve. Ky optimizim kufizohet nga kriteret e

sigurisë, edhe sepse nuk janë më të tolerueshme në shoqëritë moderne rëniet e plota të sistemit, kjo për shkak të kostos së madhe ekonomike dhe sociale. Meqënëse OST është përgjegjëse për ruajtjen e sigurisë së furnizimit, atëherë ajo duhet të përcaktojë kufijtë e sigurisë që do të duhet të respektohen. Përcaktimi i një përkufizimi dhe vlerësimi i distancës nga këto kufij të sigurisë bëhet kështu i një rëndësie të madhe. Kështuqë OST-të për të ruajtur sigurinë e furnizimit do të duhet të përshtasin arkitekturën e sistemit të transmetimit duke konsideruar këto teknologji:

- linjat kabllorë të distancave të mëdha HVAC me kompensim të madh reaktiv;
- linjat kabllorë HVDC në paralel me rrejtin AC me kontrollera smart të shëndërruesve AC/DC;
- rrjetet HVDC, fillimisht të lidhin centralet me erë të vendosura në det e më pas të mundësojnë ndërlidhje me kosto të ulët midis zonave të vendosura në distancë nga njera-tjetra.

Në të njëjtën kohë, OST-t do të duhet të optimizojnë sistemin ekzistues duke shtuar pajisje speciale si transformatorë me ndryshim faze, dhe kompensatorët statik Var, shoqëruar me kontroll dhe skema mbrojtjeje më të avancuara.

6.1 Nevoja për Metoda dhe Mjete të Reja

Më siper u theksua se kompleksiteti i menaxhimit të sistemeve të transmetimit do të vijojë të rritet. Në këtë mënyrë bëhet gjithmonë më e vështirë përcaktimi i kufijëve të sigurisë dhe matja e distancës ndërmjet pikës së punës dhe kufirit më të afërt të sigurisë.

Kriteri tradicional i sigurisë N-1 mundëson vetëm një informacion të kufizuar në lidhje me nivelin e sigurisë së sistemit elektroenergjetik. Por një vlerësim i sigurisë bazuar mbi riskun nuk duhet të matet në terma të kostos së ndërprerjeve të mundëshme të konsumatorëve si dhe nuk duhet të kufizohet vetëm në shqyrtimin e disa të papriturave të paparashikuara por duhet të ndikojë në probabilitetin real të ndërprerjeve që çojnë në stakimin engarkesave. Për një pikë të caktuar pune, siç e pamë edhe nga simulimet e kryera për sistemin shqiptar elektroenergjetik, niveli i qëndrueshmërisë/riskut ndryshon për regjime të ndryshme, maksimal, mesatar dhe minimal. Përmes këtij punimi doktorate në vijim të analizës së qëndrueshmërisë së tensionit dhe rezultateve të perftuara prej saj do të prezantojmë një metodetë re e cila mund të vlerësojë në mënyrë të besueshme sigurinë e punës së sistemit të transmetimit me rritjen e kompleksitetit të tij. Në vijim tregohet se si duke njohur tre regjimet e punës së sistemit, pra duke njohur grafikun e ngarkesës ditore mund të përcaktojmë kufijtë kohor gjatë të cilit siguria e punës së sistemit cënohet/ruhet. E në këtë mënyrë përcaktohet intervali kohor, gjatë 24 orëve të një dite, gjatë të cilit mund të operohet duke respektuar kriterin e qëndrueshmërisë statike të tensionit i cili jepet nga literatura [1] përmes koeficientit të sigurisë së qëndrueshmërisë së tensionit që është vlerësuar 130%.

Të dhënat kryesore që nevojiten për vlerësimin e sigurisë së punës së sistemit janë:

- mundësia për të përfutur apo ndërtuar një pamje të qartë të gjendjes së sistemit (në kohë reale, gjatë ditës, një ditë më parë etj.).
- mundësia për të përcaktuar kriterin e qëndrueshmërisë me qëllimin operimin e sigurt të sistemit.

Në figurën 7 jepet grafiku i ngarkesës ditore për datën 15 Dhjetor 2010, regjimet (maksimale, mesatare dhe minimale) e punës që janë marrë në shqytim gjatë studimit

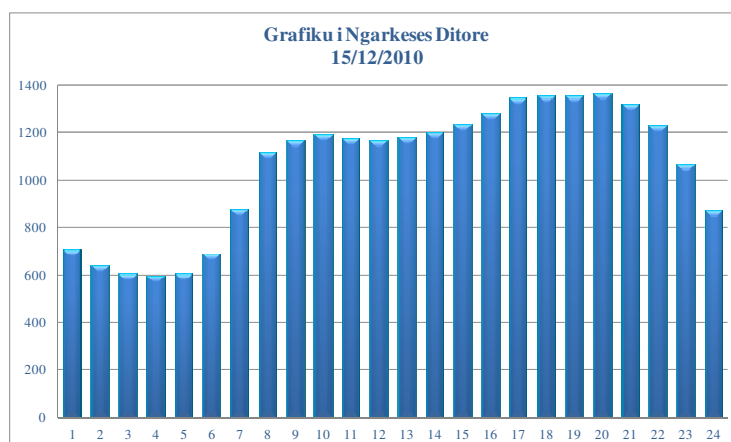


Figura 7. Grafiku i ngarkesës ditore- 15 Dhjetor 2012

Nga llogaritjet e kryera në këtë punim kemi arritur që përmes kurbave P-U të nxjerrim për secilin regjim, maksimal, mesatar, minimal, vlerën kufi të ngarkimit të sistemit tonë elektroenergjetik.

Për të vlerësuar nëse në sistemin tonë elektroenergjetike ruhet koeficienti i siguri së qëndrueshmërisë së tensionit dhe për sa kohë gjatë 24 orëve të ditës, do të analizojmë vetëm skenarin e tretë, mqs skenari i tretë, përkon me gjendjen aktuale të sistemit Shqiptar elektroenergjetik.

Në tabelen 7 tregohenvlerat kufi të ngarkimit të sistemit tonë elektroenergjetik për regjimin maksimal, mesatar dhe minimal të skenarit të tretë.

Tabela 7. Vlerat kufi të ngarkimit për skenarin 3

Regjimi i punës	Max	Mes	Min
P (%)	124.75	158.75	240

Nga tabela vihet re se gjatë rregjimit maksimal të punës, kufiri i ngarkimit është 24.75%, pra më i ulët se 30% që është vlera minimale e kufirit të lejuar të ngarkimit gjatë vlerësimit të qëndrueshmërisë statike të tensionit. Rezultat i cili tregon se gjatë rregjimit maksimal të punës së sistemit Shqiptar elektroenergjetike operon thuajse në kufijtë qëndrueshmërisë së tensionit.

Gjatë rregjimit mesatar të punës, kufiri i ngarkimit është 58.75%, kjo mbi vlerën minimale e kufirit të lejuar të ngarkimit 30%. Me një vlerë 28.75% më shumë se vlera minimale e kufirit të lejuar të ngarkimit mund të themi se sistemi shqiptar elektroenergjetike ka dalë nga zona e rrezikut përse i përket kufirit minimal të lejuar të ngarkimit. Pra, gjatë rregjimit mesatar sistemi është brenda kufirit të koeficientit të siguri së qëndrueshmërisë së tensionit.

Gjatë rregjimit minimal të punës, kufiri i ngarkimit është 140%, kjo mbi vlerën minimale të kufirit të lejuar të ngarkimit 30%. Me një vlerë 110% më shumë se vlera minimale e kufirit të lejuar të ngarkimit mund të themi se sistemi shqiptar elektroenergjetike operon në një zonë shumë më të sigurt referuar kufirit minimal të lejuar të ngarkimit.

Për të vlerësuar nëse në sistemin tonë elektroenergjetike ruhet koeficienti i siguri së qëndrueshmërisë së tensionit dhe për sa kohë gjatë 24 orëve të ditës, bashkangjisim grafikun e

arkesës ditore (Figura 7) me rezultatet e tabelës 7. Fillimisht rindërtojmë grafikun e ngarkesës ditore sipas vijueshmërisë nga vlera më e madhe tek vlera më e vogël (Figura 8).

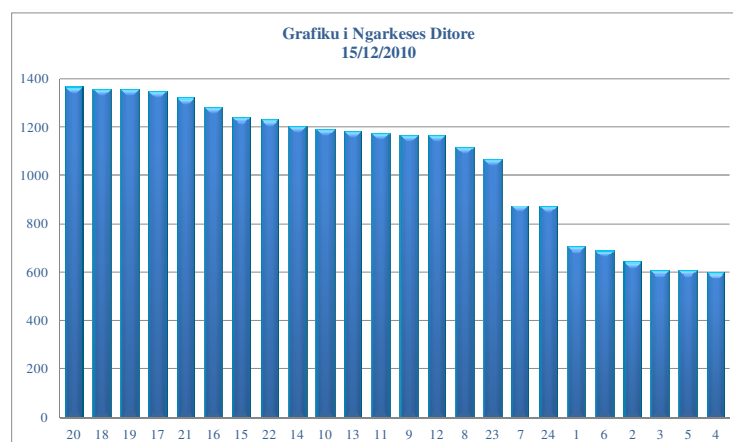


Figura 8. Grafiku i ngarkesës ditore sipas vijueshmërisë

Për të përcaktuar ligjshmërinë e ndryshimit të koeficientit të ngarkimit në funksion të rregjimit të punës së sistemit elektroenergetik, bëjmë përafrimin polinomial të të dhënave. Me ndihmën e metodës së katrorëve më të vegjël përcaktojmë koeficientët e shprehjes së mëposhtme:

$$y = b + c_1x + c_2x^2 + c_3x^3 + \dots + c_6x^6$$

Ku b and $c_1 \dots c_6$ janë konstante.

Shkalla e përputhshmërisë së kurbës polinomiale me të dhënat në rastin e metodës së katrorëve më të vegjël jepet nëpërmjet koeficientit R , vlera 1 e të cilit përcakton përputhshmërinë e plotë të të dhënave në kurbën e zgjedhur.

Përmes ndërtimit të kësaj vije, ne jemi në gjendje të përfitojmë shprehjen e ndryshimit të kufirit të ngarkimit të sistemit elektroenergetik gjatë 24 orëve.

E duke ditur që, koeficienti i sigurisë së qëndrueshmërisë së tensionit në rastin e vlerësimit të qëndrueshmërisë statike të tensionit është 130%, mund të përcaktojmë saktë se cili është ai diapazon kohor gjatë të cilit arrihet të ruhet ky koeficient.

Përcaktojmë fillimisht raportin e vlerave të kufirit maksimal të ngarkimit të marra nga rezultatet e simulimit të qëndrueshmërisë së tensionit, përkatesisht kurbave P-U me fuqinë e rregjimit përkatës (Tabela 8).

Tabela 8.

Konsumi(MWh)	Kufiri maksimal i ngarkimitP (%)	Raporti P (%) /MWh
1359	124.75	0.1
976.5	158.75	0.2
594	240	0.4

Në grafikun e figurës 9 paraqiten koeficienti i ngarkimit maksimal dhe raporti i koeficientit të ngarkimit maksimal me konsumin.

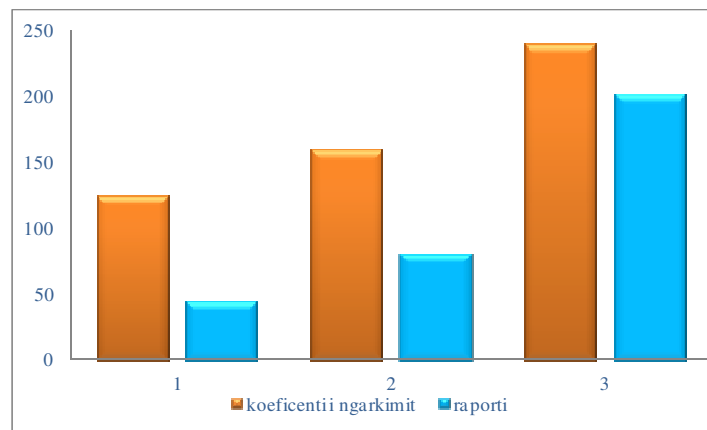


Figura 9. Koeficienti i ngarkimit maksimal dhe raporti i koeficientit të ngarkimit maksimal me konsumin

Përafrimi i tipit polinomial përdoret për rastin kur të dhënat janë të tipit të luhatëshme. Për këtë tip kurbe do të duhet të përzgjidhet rendi i saj i cili mund të variojë nga 2 në 6 në varësi se sa ulje e ngritje shfaqen në kurbën tonë. Në rastin tonë është zgjedhur të ndërtohet kurba polinomiale e rendit të dytë pasi grafiku shfaq vetëm një ulje/ngritje. Ekuacioni që përshkruan këtë tip kurbe polinomiale është i formës:

$$y = b + c_1x + c_2x^2$$

Ku b and $c_1 \dots c_2$ janë konstante.

Në figurën 10 jepet grafiku në të cilin janë ndërtuar kurbat e përafrimit polinomial si dhe shprehja përkatëse: $y = 23.625x^2 - 36.875x + 138$

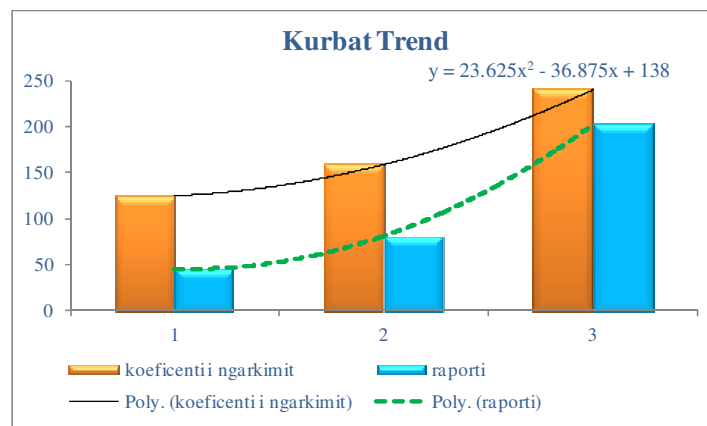


Figura 10. Ndërtimi i kurbave trend për përcaktimin e vlerës së fuqisë kufi

Zëvendësojmë vlerën e koeficientit kufi të sigurisë së qëndrueshmërisë së tensionit 130% në ekuacionin e kurbës dhe përcaktojmë koeficientin e ngarkimit për të cilin kënaqet kushti i sigurisë së qëndrueshmërisë së tensionit. Në vijim jepet vlerësimi i koeficientit të ngarkimit.

Në ekuacionin e kurbës së përafrimit:

$$Y = 23.625X^2 - 36.875X + 138$$

Zëvendësojmë $Y=130$:

$$130 = 23.625X^2 - 36.875X + 138$$

Nga ku përcaktojmë:

$$X_{1,2} = \frac{36.875 \pm \sqrt{36.875^2 - 4 * 8823.625}}{2 * 23.625}$$

Zgjidhja që kërkojmë është: $X = 1.475$

Vlerësojmë fuqinë që i korrespondon vlerës $X = 1.475$ me grafikun e ngarkesës sipas shprehjes në vijim:

$$(P_{max} - P_{mes}) * 0.475 + P_{mes} = P_{kufi}$$

$$(1359-976.5)*0.475+976.5=1158 \text{ MW}$$

Pra vlera e fuqisë kufi është 1158 MW dhe përfaqëson vlerën deri në të cilën skema e sistemit Shqiptar elektroenergjetik arrin të ruajë vlerën e koeficientit të sigurisë së qëndrueshmërisë së tensionit prej 130%. Për fuqi më të vogël se vlera e fuqisë kufi 1158 MW sistemi shqiptar elektroenergjetik kënaq kriterin e qëndrueshmërisë statike të tensionit. I njëjti arsyetim mund të zbatohet edhe në grafikun e ngarkesës për tre vlerat të cilat përkojnë me tre vlerat e fuqisë për tre rregjimet të ndryshme (Figura 11), atë maksimal, mesatar dhe minimal. Kurba polinomiale shprehet me ekuacionin:

$$Y = 0.343 X^2 - 3.5648 X + 127.97$$

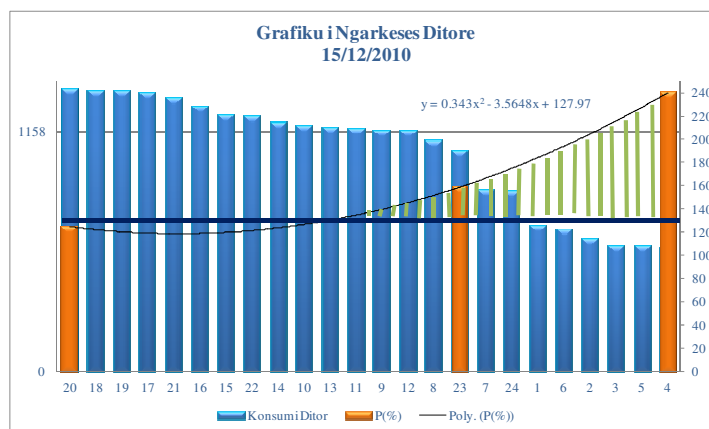


Figura 11. Diapazoni kohor gjatë të cilit sistemi është i qëndrueshëm kundrejt tensionit

Në grafikun ku është ndërtuar kurba trend polinomiale (Figura 11), ndërtojmë edhe vijën e cila tregon vlerën e kufirit minimal të lejuar të ngarkimit 130%. Jemi në gjendje të përcaktojmë diapazonin kohor gjatë të cilit sistemi arrin të ruajë vlerën e koeficientit të sigurisë së qëndrueshmërisë së tensionit prej 130%. Nga figura 11 është lehtësisht e dukshme se vlera e fuqisë kufi është përsëri 1158 MW, vlera deri në të cilën skema e sistemit shqiptar elektroenergjetik arrin të ruajë vlerën e koeficientit të sigurisë së qëndrueshmërisë së tensionit prej 130%. Sipërfaqja e vijëzuar me jeshile përfaqëson rregjimin e punës së sigurt të sistemit, më saktësisht të qëndrueshëm statikisht kundrejt tensionit. Diapazoni kohor gjatë të cilit arrin të ruajë vlerën e koeficientit të sigurisë së qëndrueshmërisë së tensionit prej 130% përbën rreth 13 orë (ky diapazon kohor i përket kryesisht rregjimit minimal dhe mesatar të punës së sistemit). Pra në vetëm 13 nga 24 orët e ditës sistemi shqiptar elektroenergjetik operon me shkallën e sigurisë së lejuar kundrejt qëndrueshmërisë së tensionit. Gjatë hapësirës tjetër kohore (që kryesisht i përket rregjimit maksimal të punës), prej 11 orësh, sistemi ynë elektroenergjetike operon në një zonë kritike përse i përket plotësimit të kriterëve të qëndrueshmërisë së tensionit.

KAPITULLI VI

KONKLUZIONE DHE REKOMANDIME

Ndryshimet e mëdha ekonomike-sociale dhe levizja e lirë e popullësisë pas viteve 1990, kanë sjellë rritjen me shpejtësi të kërkesës për energji elektrike, ndërkohe që investimet në drejtim të shtimit të burimeve gjeneruese, kapaciteteve transmetuese apo pajisjeve kompensuese kanë qënë të kushtëzuara nga kapitali i kufizuar. Këto janë shoqëruar me mbingarkimin e elementeve të rrjetit përtej kapaciteteve të lejuara maksimale, me një ndryshim të theksuar të magnitudave të tensionit, e jo në pak raste janë regjistruar rënie të plota ose të pjesëshme të sistemit elektroenergjetik. Janë keto arsye që nxjerrin në pah nevojën për kryerjen e analizës së qëndrueshmërisë së tensionit për sistemin elektroenergjetik.

Në përfundim të kësaj teme doktorate mund të them se objektivi që i kishim vënë vetes, së bashku me udhëheqësen time shkencore Prof. Raimonda Bualoti, është plotësuar. Për ti lënë këtij punimi hapsira me qëllim zhvillimin e mëtejshëm të tij së bashku me teknikat e reja llogaritëse. Në këtë kapitull do të jepen në forme të përmbledhur rezultatet kryesore së bashku me idetë për vazhdimësinë e kësaj pune.

1. PERMBLEDHJA E REZULTATEVE

- Në këtë punim janë marrë në analizë problematika e qëndrueshmërisë së tensionit dhe masat e ndërmarra gjatë fazave të ndryshme të zhvillimit të sistemit Shqiptar elektroenergjetik.
- Kriteri i sigurisë N-1 nuk është aplikuar në analizën e sistemit tonë elektroenergjetik. Në kapitullin 3 ne tregojmë që kufiri i sigurisë 130% shërben si rezervë për sigurinë N-1 të sistemit.
- Vlerësimi i qëndrueshmërisë së tensionit për sistemin elektroenergjetik Shqiptar është kryer për tre skenarë të ndryshëm të rregjimit maksimal/mesatar/minimal të tij.
- Në përfundim të analizës me metoda të ndryshme statike është vlerësuar si skenari më i mirë kundrejt qëndrueshmërisë së tensionit, skenari i tretë.
 - Skenari i tretë është analizuar për tre regjime të ndryshme punë atij maksimal, mesatar dhe minimal i vitit 2010 me një investim të madh, një linjë e re transmetimi 400kV, Elbasan2-Tirana2-Podgoricë.
 - Nga analiza e secilës prej metodave statike të qëndrueshmërisë së tensionit (metoda e kurbave P-U, kurbave U-Q, e ndjeshmërisë U-Q dhe analiza modale) rezulton e njëjta nyje e cilësuar si nyja më kritike, Babica 110.
 - Nga analiza e kurbave P-U, kufiri i ngarkimit për nyjen më kritike të sistemit elektroenergjetike (Babica 110) është më i madh se në dy skenarët e tjerë (Tabela 1.)

Tabela 1. Kufiri i ngarkimit për nyjen më kritike, Babica 110

	Maksimale	Mesatare	Mininale
	P(%)	P(%)	P(%)
Skenari 3	124.75	158.75	240

Ndërkohë ndërmjet tre rregjimeve, më i miri, pra ai që ka kufirin më të madh të ngarkimit, është rregjimi minimal i punës së sistemit. Vlera e kufirit maksimal të ngarkimit arrin në 240 %, ndërkohë që në rregjimin mesatar arrin në 158.75% dhe në rregjimin maksimal në 124.75 %. Referuar literaturave referuese[1], *koeficienti i sigurisë së qëndrueshmërisë statike të tensionit* është 130%. Kjo do të thotë se vetëm për

skenarin e tretë, gjatë rregjimit *mesatar* dhe *minimal* të punës së sistemit jemi brenda zonës së kufirit minimal të lejuar të ngarkimit të sistemit elektroenergjetik.

- Nga analiza e kurbave U-Q, rezerva më e vogël e fuqisë reaktive për nyjen më kritike të sistemit elektroenergjetike, Babica110, është rritur në skenarin e tretë krahasuar me dy skenarët e tjerë (Tabela 2.)

Tabela 2. Rezerva më e vogël reaktive për nyjen më kritike, Babica 110

	Maksimale		Mesatare		Minimale	
	U(%)	Q(MVAr)	U(%)	Q(MVAr)	U(%)	Q(MVAr)
Skenari 3	60	-115.6	60	-139	60	-168.8

Ndërkohë ndërmjet tre rregjimeve, më i miri, pra ai që ka rezervën më të madhe të fuqisë reaktive, është rregjimi *minimal* i punës së sistemit. Vlera rezervës së fuqisë reaktive arrin në -168.8MVAr, ndërkohë që në rregjimin *mesatar* arrin në -139MVAr dhe në rregjimin *maksimal* në -115.6MVAr. Rezerva e fuqisë reaktive është rritur për rregjimin *minimal* me 53.2MVAr nga rregjimi më i rëndë, rregjimi *maksimal*.

- Nga analiza e koeficientëve të ndjeshmërisë U-Q shohim se vlerën më të vogël të koeficientëve të ndjeshmërisë U-Q e kemi në skenarin e tretë. Sistemi është më i qëndrueshëm kundrejt tensionit me investimin e kryer. Rreziku i shkuarjes drejt paqëndrueshmërisë së tensionit është më i vogël në skenarin e tretë dhe i ndarë ndërmjet disa nyjeve(Tabela 3.).

Tabela 3. Koeficientet e ndjeshmërisë U-Q për nyjen më kritike, Babica 110

	Ndjeshmëria U-Q [% / MVAr]		
	Maksimale	Mesatare	Minimale
Skenari 3	0.183438	0.165037	0.15608

Ndërkohë ndërmjet tre rregjimeve, më i miri, pra ai që ka vlerën më të vogël të koeficientëve të ndjeshmërisë, është rregjimi *minimal* i punës së sistemit. Vlera e koeficientit të ndjeshmërisë për këtë rregjim arrin në 0.15608, ndërkohë që në rregjimin *mesatar* arrin në 0.165037 dhe në rregjimin *maksimal* në 0.183438. Vlera e koeficientit të ndjeshmërisë është zvogëluar për rregjimin *minimal* me 0.0274 nga rregjimi më i rëndë, rregjimi *maksimal*.

- Nga analiza modale përveçse identifikojmë elementin, skenarin dhe rregjimin më kritik, përmes kësaj metodike kemi arritur të identifikojmë se cilët janë ata elementë të sistemit të cilët do të duhet të kenë vëmendjen më të madhe nga operatorët e sistemit me qëllim ruajtjen e qëndrueshmërisë së tensionit. Për rregjimin maksimal, mesatar dhe minimal **vlerat vetjake** të skenarit të tretë respektivisht 1.279178, 1.423956 dhe 1.478115 janë më të mëdha se në dy skenarët e tjerë. Pra sipas këtij treguesi skenari i tretë për të tre rregjimet e punës së sistemit elektroenergjetik është më i qëndrueshëm kundrejt tensionit(Tabela 4.).

Tabela 4. Vlerat vetjake më të vogla

	Vlerat Vetjake [Mvar / %]		
	Maksimale	Mesatare	Minimale
Skenari 3	1.279178	1.423956	1.478115

Nga analiza e vlerave vetjake rezulton se investimi i kryer, linja e re transmetimit 400kV, Elbasan2-Tirana2-Podgoricë, e ka rritur dukshëm qëndrueshmërinë e tensionit për sistemin shqiptar elektroenergjetik.

Ndërkohë ndërmjet tre rregjimeve, më i miri, pra ai që ka vlerën vetjake më të madhe, është rregjimi *mesatar* i punës së sistemit. Gjatë rregjimit mesatar të punës së sistemit elektroenergjetik sistemi është larg kufirit të paqëndrueshmërisë së tensionit, krahasuar me regjimet e tjera të punës. Nga rezultatet e tabelës së mësipërme mund të themi se edhe regjimi minimal i punës mund të konsiderohet si rregjim i mirë i punës pasi vlerat vetjake janë më të mëdha krahasuar me dy regjimet e tjera.

Nga analiza e **faktorëve pjesëmarrës të nyjeve** për skenarin e tretë vlera e faktorëve pjesëmarrës të nyjes zvogëlohet, për nyjen më kritike të sistemit elektroenergjetike, Babica 110. Pra investimet e kryera në skenarin e tretë e kanë përmirësuar sjelljen e sistemit, kundrejt qëndrueshmërisë së tensionit, duke zvogëluar kështu masat që do të duhet të ndërmerren për të ruajtur qëndrueshmërinë e tij(Tabela 5.).

Tabela 5. Faktorët pjesëmarrës të nyjes Babica110

	Faktorët pjesëmarrës të nyjes		
	Maksimal	Mesatar	Minimal
Skenari 3	0.291695	0.089914	0.088178

Ndërkohë ndërmjet tre rregjimeve, më i miri, pra ai që ka vlerën më të vogël të faktorëve pjesëmarrës të nyjes, është rregjimi *minimal* i punës së sistemit. Për këtë rregjim masat që do të duhet të ndërmerren për të ruajtur qëndrueshmërinë e tij, zvogëlohen pasi është rritur qëndrueshmëria e sistemit pas investimeve të kryera. Vlera e faktorit pjesëmarrës të nyjes për këtë rregjim arrin në 0.088178, ndërkohë që në rregjimin *mesatar* arrin në 0.089914 dhe në rregjimin *maksimal* në 0.291695. Vlera e koeficientit të ndjeshmërisë është zvogëluar për rregjimin *minimal* me 0.2035 nga rregjimi më kritik, rregjimi *maksimal*.

Nga analiza e **faktorëve pjesëmarrës të degës** për skenarin e tretë evidentohen degët më të ngarkuara apo ndryshe janë lidhjet më të dobëta të sistemit elektroenergjetik (Tabela 6.).

Tabela 6. Faktorët pjesëmarrës të degës

	Faktorët pjesëmarrës të degës					
	Maksimal		Mesatar		Minimal	
Skenari 3	Babice-Fier	1	Tirana2-Podgorice	1	Tirana2-Podgorice	1
	Vau Dejes-Koman	0.730843	Zemblak-Elbasan2	0.759876	Babice-Fier	0.389352
	Fier-Elbasan1	0.663763	TR3-Koman	0.664408	Koman-Elbasan_2	0.298056
	Tirana-VDEjes	0.531977	TR4-Koman	0.664408	Fierze-Tirane	0.279191
	VDejes-Tirane	0.531977	Koman-Sharre	0.487348	Koman-Sharre	0.266182
	Tirane-Rrashbull	0.525127	Koman-Elbasan_2	0.468033		
	Koman-Sharre	0.41542	Vau Dejes-Koman	0.429876		
	Koman-Elbasan_2	0.262753	Fierze-Tirane	0.383304		

Nga tabela e mësipërme evidentohen degët me faktorin pjesëmarrës më të madh si ato që konsumojnë më shumë fuqi reaktive gjatë një rritje/ndryshimi të vogël të fuqisë së

ngarkesës. Vlerësim shumë i rëndësishëm ky për tu pasur parasysh gjatë punës së sistemit e për shembull në rastin e vlerësimit të treguesit N-1. Informacion ky që mund të shfrytëzohet nga operatorët e sistemit pasi degët me faktorin më të madh pjesëmarrës do të duhet të klasifikohen si të fundit në listën e elementëve që duhet të stakohen në raste avarie. Pasi çkyçja e tyre nga skema do na shkaktonte humbje të qëndrueshmërisë së tensionit. Përmes vlerave të faktorëve pjesëmarrës arrihet të identifikohen masat përmirësuese për të lehtësuar problemet e qëndrueshmërisë së tensionit apo edhe të rishpërndarjes së fluksit të fuqisë për të lehtësuar ngarkimin në ato degë.

Nga analiza e faktorëve pjesëmarrës të degëve rezulton se investimi i kryer, linja e re transmetimit 400kV gjatë rregjimit minimal, e ka rritur dukshëm qëndrueshmërinë e tensionit për sistemin shqiptar elektroenergjetik. Kjo sepse vihet re një ulje në vlerën e faktorëve pjesëmarrës të degëve.

Nga analiza e *faktoreve pjesëmarrës të gjeneratorëve* identifikohen gjeneratorët me pjesëmarrjen më të madhe. Janë ata që pesojnë ndryshimin më të madh të fuqisë reaktive që gjenerohet gjatë rritjes së ngarkesës dhe që duhet të ruajne dhe sigurojnë rezervën e fuqisë reaktive për të ruajtur qëndrueshmërinë e tensionit. Një informacion shumë i rëndësishëm i cili do të duhet të shfrytëzohet nga operatorët për të evidentuar se cilat janë ato njësi gjeneruese në cilat do të duhet të ruhet rezerva e fuqisë reaktive për të ruajtur qëndrueshmërinë e tensionit (Tabela 7.).

Tabela 7. Faktorët pjesëmarrës të gjeneratorit

	Faktorët pjesëmarrës të gjeneratorit					
	Maksimal		Mesatar		Minimal	
Skenari 3	XZE_KA11	1	XZE_KA11	1	XZE_KA11	1
	Vau Dejes5	0.659107	HPP.Fierza (4x125MË)	0.137131	koman3	0.331619
			Koman3	0.107006	koman4	0.331619
			Koman4	0.107006		

Nga analiza e këtyre rezultateve vërehet se sistemi shqiptar elektroenergjetik vijon të ketë ende nevojën për qarkullimin e fuqisë reaktive nga linjat e ndërlidhjes me rrjetet fqinje e kryesisht Greqisë. Megjithatë vlerat më të vogla të faktorëve pjesëmarrës të gjeneratorëve gjatë regjimit mesatar dhe minimal të punës së sistemit i bëjnë këto dy regjime më të qëndrueshme kundrejt tensionit krahasuar me regjimin më kritike atë maksimal.

- Kompleksiteti i menaxhimit të sistemve të transmetimit do të vijojë të rritet. Në këtë mënyrë bëhet gjithmonë më e vështirë përcaktimi i kufijëve të sigurisë dhe matja e distancës ndërmjet pikës së punës dhe kufirit më të afërt të sigurisë. Kriteri tradicional i sigurisë N-1 mundëson vetëm një informacion të kufizuar në lidhje me nivelin e sigurisë së sistemit elektroenergjetik. Në këtë punim doktorate, në vijim të analizës së qëndrueshmërisë së tensionit është të prezantojmë një *metodikë të re* e cila mund të vlerësojë në mënyrë të besueshme sigurinë e punës së sistemit të transmetimit me rritjen e kompleksitetit të tij.

- ✓ Për tre regjimet e punës së sistemit, pra duke njohur grafikun e ngarkesës ditore si dhe duke përdorur të dhënat mbi kufirin maksimal të ngarkimit të nyjeve, që i marrim nga llogaritja e kurbave P-U përcaktohen kufijtë kohor gjatë të cilit siguria e punës së sistemit çënohet/ruhet. E në këtë mënyrë përcaktohet intervali kohor, gjatë 24 orëve të

- një dite, gjatë të cilit mund të operohet duke respektuar kriterin e qëndrueshmërisë statike të tensionit i cili jepet nga literatura [1] përmes koeficientit të sigurisë së qëndrueshmërisë së tensionit që është vlerësuar 130%.
- ✓ Vlerësimi nëse në sistemin tonë elektroenergjetike ruhet koeficienti i sigurisë së qëndrueshmërisë së tensionit dhe për sa kohë gjatë 24 orëve të ditës, është analizuar vetëm skenari i tretë, mqs skenari i tretë, përkon me gjendjen aktuale të sistemit shqiptar elektroenergjetik.
 - ✓ Pas zbatimit të kësaj metodike u arrit në përfundimin se vlera e fuqisë kufi është 1158MË dhe përfaqëson vlerën deri në të cilën skema e sistemit Shqiptar elektroenergjetik arrin të ruajë vlerën e koeficientit të sigurisë së qëndrueshmërisë së tensionit prej 130%. Për fuqi më të vogël se vlera e fuqisë kufi 1158 MË sistemi shqiptar elektroenergjetik kënaq kriterin e qëndrueshmërisë statike të tensionit.
- Avantazhi i kësaj metodike të re qëndron në faktin se mund të realizohet në formën e një moduli në qëndrën dispeçer, ku operatori një ditë përpara mund të parashikojë diapazonin kohor gjatë të cilit ruhet vlera e koeficientit të sigurisë së qëndrueshmërisë së tensionit që është vlerësuar 130%. Në këtë mënyrë për periudhën e riskut (koeficienti i sigurisë së qëndrueshmërisë së tensionit është më i vogël se 130%) mund të merren masa për ruajtjen e rezervës së ngarkimit për linjat e identifikuar me ndihmën e faktorëve të pjesëmarrjes të degëve dhe gjeneratorët e identifikuar me ndihmën e faktorëve të pjesëmarrjes të gjeneratorëve.
- Për përfitim të rezultateve të punimit të doktoratës është përdorur programi aplikativ NEPLAN. Në dijeninë time edhe softi PSS që shfrytëzohet nga operatorët e sistemit të transmetimit i ka të gjitha mundësitë për të kryer një analizë dhe një vlerësim të qëndrueshmërisë së tensionit. Në këtë mënyrë të gjitha procedurat e llogaritjes dhe konkluzionet e nxjerra mund të shfrytëzohen nga operatorët e OST për të rritur sigurinë e punës së sistemit elektroenergjetik.
- Qëllimi që i kishim vënë vetes për të vlerësuar qëndrueshmërinë e tensionit për sistemin Shqiptar elektroenergjetik u realizua nëpërmjet analizës së qëndrueshmërisë përmes metodave të ndryshme statike të cilat treguan përputhshmërinë e rezultateve. Prandaj dhe metodika e propozuar e cila bazohet në rezultatet e kurbave P-U dha rezultate të cilat mund të zbatohen praktikisht për vlerësimin e qëndrueshmërisë së tensionit.

2. PLANET PËR TË ARDHMEN

Në dijeninë time, studimi i paraqitur në këtë punim doktrate përbën studimin e parë për vlerësimin e qëndrueshmërisë së tensionit të sistemit Shqiptar elektroenergjetik.

Në listen e planeve për të ardhmen një tjetër aspekt qëdo të duhet të studiohet është plotësimi i kriterit të qëndrueshmërisë së tensionit në kushtet e aplikimit të kriterit të sigurisë N-1.

Duke pasur parasysh zhvillimet e reja në sistemet elektroenergjetike me ngarkesa dhe burime të ndryshueshme, lind nevoja e vlerësimit të qëndrueshmërisë së tensionit përmes metodave probabilitare apo të inteligjencës artificiale.

REFERENCAT

- [1] P. Kundur, *Power System Stability and Control*. Surrey, British Columbia: McGraw-Hill, Inc, 1994.
- [2] A. Dedei, R. Bualoti, *Proceset kalimtar ne sistemin Elektronergjetike I*, Shtepia botuese "Libri Universitar", Tirane, 1997 (ribotim)
- [3] *Raporti Vjetor i Entit Rregullator te Energjise*, 2013, www.ere.gov.al
- [4] www.mete.gov.al
- [5] IEEE/CIGRE Joint Task Force on Stability Terms and Definitions, *Definition and Classification of Power System Stability*, IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, vol. 19, no. 2, pp. 1387-1401, May 2004.
- [6] Leonard L, *Electric Power Generation, Transmission, and Distribution*
- [7] C. W. TAYLOR, *Power System Voltage Stability*, Portland, Oregon: McGraw-Hill, Inc, 1994.
- [8] T. Van Cutsem and R. Mailhot, *Validation of a fast voltage stability analysis method on the Hydro-Quebec System*, IEEE Trans. Power Systems, vol. 12, pp. 282-292, Feb. 1997.
- [9] J. D. Ainsworth, A. Gavrilovic, and H. L. Thanawala, *Static and synchronous compensators for HVDC transmission convertors connected to weak systems*, 28th session CIGRE, pp. 31-01, 1980.
- [10] B. Gao, G. K. Morison, and P. Kundur, *Voltage Stability Evaluation Using Modal Analysis*, Transactions on Power Systems, vol. 7, no. 4, pp. 1529-1542, Nov. 1992.
- [11] Galiana, F. D., *Load Flow Feasibility and the Voltage Collapse Problem*, IEEE Proceedings of 23rd Conference on Control and Design, pp. 485-487, Dec. 1984.
- [12] Tamura, Y., H. Mori, and S. Iwamoto, *Relationship between voltage instability and multiple load flow solutions in electric power system*, IEEE Trans. on PAS, no. 5, pp. 1115-1125, May 1983.
- [13] N. Yorion, et al., *An Investigation of Voltage Instability Problem*, Transactions on Power Systems, vol. 7, no. 2, pp. 600-611, May
- [14] Löf, P.-A., Andersson, G., and Hill, D. J., *Voltage stability indices for stressed power systems*, IEEE Trans. Power Systems, vol. 8, pp. 326-335, Feb. 1993.
- [15] Li-Jun, C. and Istavan, E., *Power System Static Voltage stability analysis considering all Active and Reactive Power Controls- singular Value approach*, POWERTECH, 2007.
- [16] B. H. Chowdhury and C. W. Taylor, *Voltage Stability Analysis: V-Q Power Flow Simulation Versus Dynamic Simulation*, IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, vol. 15, no. 4, pp. 1354-1359, Nov. 2000.
- [17] M. H. Haque and U. M. R. Pothula, *Evaluation of Dynamic Voltage Stability of a Power System*, International Conference on Power System Technology - POWERCON, Nov. 2004.

- [18] J.H.Chow and A.Gebreselassie, *Dynamic Voltage Stability Analysis of a Single Machine Constant Power Load System*, Proceedings of the 29th Conference on Decision and Control, Dec. 1990.
- [19] M.Hasani and M.Parniani, *Method of Combined Static and Dynamic Analysis of Voltage Collapse in Voltage Stability Assessment*, IEEE/PES Transmission and distribution Conference & Exhibition: Asia and Pacific, 2005.
- [20] Zeng.Y.G, Berizzi.A, and Marannino.P, *Voltage stability analysis considering dynamic load model*, Proceedings of the 4th International Conference on Advances in Power System Control, Operation and Management, APSCOM, Nov. 1997.
- [21] Morison.G.K, Gao.B, and Kundar.P, *Voltage stability analysis using static and dynamic approaches*, IEEE Tran. on Power Systems, vol. 8, no. 3, pp. 1159 - 1171, Aug. 1993.
- [22] T. X. Zhu, S. K. Tso, and K. L. Lo, *An Investigation into the OLTC effects on Voltage Collapse*, IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, vol. 15, no. 2, pp. 515-521, May 2000.
- [23] A. Atputharajah and T. K. Saha, *Power System Blackouts - Literature review*, Fourth International Conference on Industrial and Information Systems, pp. 460- 465, Dec. 2009.
- [24] Ilic.M, et al., *Special issue on Power Technology and Policy: Forty years after the 1965 Blackout*, Proceedings of the IEEE, November 2005.
- [25] U.S. - Canada Power System Outage Task Force, *Final Report on the August 14, 2003 Blackout in the United States and Canada: Causes and Recommendations*, April 2004.
- [26] US department of Energy federal energy regulatory commission, *The Con Edison Power Failure of July 13 and 14, 1977*, June 1978.
- [27] CIGRE Task Force 38-01-03, *Modelling of Voltage Collapse Including Dynamic Phenomena*, 1993
- [28] De Kock, Jan; Strauss, Cobus (2004), *Practical Power Distribution for Industry*, Elsevier. pp. 74–75. ISBN 978-0-7506-6396-0.
- [29] Deb, Anjan K., *Power Line Capacity System*, CRC Press. pp. 169–171. ISBN 978-0-8493 1306-6.
- [30] Song, Y.H., Johns, A.T., *Flexible ac transmission systems*, IEE. ISBN 0-85296-771-3
- [31] Hingorani, N.G. & Gyugyi, L., *Understanding FACTS - Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems*, IEEE. ISBN 0-7803-3455-8.
- [32] Ryan, H.M. (2001), *High Voltage Engineering and Testing*, IEEE. pp. 160–161. ISBN 978 0-85296-775-1.
- [33] Arrillaga, J.; Watson, N. R., *Power System Harmonics*, Wiley. p. 126. ISBN 978-0-470 85129-6.
- [34] Padiyar, K. R. (1998). *Analysis of Subsynchronous Resonance in Power Systems*. Springer. pp. 169–177. ISBN 978-0-7923-8319-2.
- [35] T.J.E. Miller (editor), *Reactive Power Control in Electric Systems*, John Wiley & Sons, 1982

- [36] IEEE, Special Publication 90TH0358-2-PWR, *Voltage Stability of Power Systems: Concepts, Analytical Tools, and Industry Experience*, 1990
- [37] H. K. Clark, *Voltage Control and Reactive Supply Problems*, IEEE Tutorial Course Text on Reactive Power: Basics, Problems, and Solutions, 87EH0262-6-PWR, pp. 17-27, 1987
- [38] G. Rogers, J. Di Mano, and R.T.H Alden, *An Aggregate Induction Motor Model for Industrial Plants*, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, 103:683-690, 1984
- [39] A. M. Stankovic and B. C. Lesieutre, *A Probabilistic Approach to Aggregate Induction Machine Modeling*, IEEE Transactions on Power Systems, 11: 1983-1989, 1996
- [40] F. Nozari, M.D. Kankam, and W.W. Price, *Aggregation of Induction Motors for Transient Stability Load Modelling*, IEEE Transactions on Power Systems, 2: 1096-1102, 1987
- [41] A.E.Fitzgerald, C.Kingsley, Jr., and S.D.Umans, *Electric Machinery*, McGraw-Hill, 4th edition, 1983
- [42] C.W.Taylor, *Power System Voltage Stability*, EPRI Power System Engineering Series, McGraw Hill, 1994
- [43] P.W.Sauer and M.A.Pai, *A Comparison of Discrete vs. Continuous Dynamic Models of Tap-Changing-Under-Load Transformers*, In Fink, pages 643-650
- [44] W.R.Lachs, *System Reactive Power Limitations*, In IEEE PES Winter Meeting, 1979, Paper A 79 015-9
- [45] I.A.Hiskens and D.J.Hill, *Dynamic Interaction Between Tapping Transformers*, In 11th PSCC Proceedings, pages 1027-1034, Avignon, 1993
- [46] S.Abe, Y. Fukunaga, A.Isono, and B.Kondo, *Power Systems Voltage Stability*, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, 101:3830-3840, 1982
- [47] K. M. Graf, *Dynamic Simulation of Voltage Collapse Processes in EHV Systems*, In Fink, pages 6.45-6.54
- [48] Togiti, Varun, *Pattern Recognition of Power System Voltage Stability using Statistical and Algorithmic Methods* (2012). University of New Orleans Theses and Dissertations. Paper 1488. <http://scholarworks.uno.edu/td/1488>
- [49] IEEE/PES Special Publication on *Voltage stability assessment, procedures and guides*, Final Report, January 2001.
- [50] G. Andersson, P. Donalek, R. Farmer, N. Hatziaargyriou, I. Kamwa, P. Kundur, N. Matyins, J. Paserba, P. Pourbeik, J. Sanchez-Gasca, R. Schulz, A. Stankovic, C. Taylor and V. Vittal, *Causes of the 2003 major grid blackouts in North America and Europe, and recommended means to improve system dynamic performance*, IEEE Trans. on PS, Vol. 20, No. 4, pp. 1922-1928, 2005.
- [51] H.K. Clark, *New Challenge: voltage stability*, IEEE Power Engineering Review, Vol. 10, No. 4, pp. 33-37, 1990.
- [52] R.J. Koessler, *Voltage instability/collapse – an overview*, Proc. IEE Colloquium on Voltage Collapse, London, UK, Digest No. 1997/01, pp. 1/6- 6/6, 1997.

- [53]A. Yokoyama and T. Kumano, *Static voltage stability index using multiple load-flow solutions*, EE in Japan, Vol. 111, No. 3, pp. 69-79, 1991.
- [54] C. A. Castro, *Improved method for the calculation of power system low voltage solutions*, Electric Power and Energy Systems, Vol. 24, pp. 503- 513, 2002.
- [55] M.H. Haque, *Novel method of assessing the voltage stability of a power system using stability boundary in P-Q plane*, Electric Power Systems Research, Vol. 64, pp. 35-40, 2003.
- [56]A.M. Chebbo, M.R. Irving and M.J.H. Sterling, *Voltage collapse proximity indicator: behavior and implications*, IEE Proc. Gener. Transm. Distrib. Vol. 139, No. 3, pp. 241-252, 1992.
- [57]M.H. Haque, *On-line monitoring of maximum permissible loading of a power system within voltage stability limit*, IEE Proc. – GTD, Vol. 150, No. 1, pp. 107-112, 2003.
- [58]P.A. Lof, T. Smed, G. Andersson and D.J. Hill, *Fast calculation of a voltage stability index*, IEEE Trans. on PS, Vol. 7, No. 1, pp. 54-60, 1992.
- [59]T.J. Overbye and C.L. DeMarco, *Improved techniques for power system voltage stability assessment using energy methods*, IEEE Trans. on PS, Vol. 6, No. 4, pp. 1446-1452, 1991.
- [60] T.J. Overbye, *Use of energy methods for on-line assessment of power system voltage security*, IEEE Trans. on PS, Vol. 8, No. 2, pp. 452-458, 1993.
- [61]M.H. Haque, *A fast method of determining the voltage stability limit of a power system*, Electric Power Systems Research, Vol. 32, pp. 35-43, 1995.
- [62]K. Vu, M.M. Begovic, D. Novosel and M.M. Saha, *Use of local measurements to estimate voltage stability margin*, IEEE Trans. on PS, Vol. 14, No. 3, pp. 1029-1-34, 1999.
- [63]G. Verbic and F. Gubina, *Fast voltage-collapse line-protection algorithm based on local phasors*, IEE Proc. – GTD, Vol. 150, No. 4, pp. 482-486, 2003.
- [64] L. Warland and A. T. Holen, *Estimation of distance to voltage collapse: Testing and algorithm based on local measurements*, Proc. of the 14th PSCC, Sevilla, Spain, 24-28 June 2002.
- [65] T. V. Cutsem, C. Vournas, *Voltage Stability of Electric Power Systems*, Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [66] B.Gao, *Voltage Stability Analysis of Large Power Systems*, Ph.D. Thesis, University of Toronto, 1992
- [67] Editor/Coordinator: Claudio Canizares, *Voltage Stability Assessment: Concepts, Practices and Tools*, IEEE/PES Power System Stability Subcommittee Special Publications, August 2002
- [68]M. Moghavvemi, F.M.Omar, *Technique for Contingency Monitoring and Voltage Collapse Prediction*, IEEE Proceeding on Generation, Transmission and Distribution, Vol. 145, N6, pp. 634-640, November 1998
- [69] I. Musirin, T.K.A Rahman, *Novel Fast Voltage Stability Index (FVSI) for Voltage Stability Analysis in Power Transmission System*, 2002 Student Conference on Research and Development Proceedings, Shah Alam, Malsia, July 2002
- [70]A. Mohamed, G.B.Jasmon, S.Yusoff, *A Static Voltage Collapse Indicator using Line Stability Factors*, Journal of Industrial Technology, Vol.7, N1, pp.73-85, 1989

- [71] M. Moghavvemi, O.Faruque, *Real-Time Contingency Evalutation and Ranking Technique*, IEEE Proceeding on Generation, Transmission and Distribution, Vol.145, N5, September 1998
- [72] P.Kessel, H.Glavitch, *Estimating the Voltage Stability of a Power System*, IEEE, Transactions on Power Delivery, Vol. PWRD-1, N3, July 1986
- [73] M. Qemali, R. Bualoti, Y. Gjoni, *Qëndrueshmëria e Tensionit e Rrjetave Shpërndarëse me Prani të Gjenerimit të Shpërndarë*, Buletini i Shkencave Teknike, Tirane(ne process botimi).
- [74] M. Qemali, R. Bualoti, M. Çelo, *Voltage Stability Analysis in the Albanian Power System*, Asian Journal Of Engineering And Technology, Vol 2, No 2, 2014, ISSN: 2321 – 2462
- [75]www.neplan.ch