



UNIVERSITETI POLITEKNIK
FAKULTETI I INXHINIERISE ELEKTRIKE
Departamenti i Sistemeve Elektrike te Fuqise

DISERTACION
PER MBROJTJEN E GRADES SHKENCORE

DOKTOR

VLERESIMI I GJENDJES SE TRANFORMATOREVE MBI BAZEN E GAZEVE
TE TRETURA NE VAJ DHE INTERPRETIMI ME NDIHMEN E LOGJIKES
FUZZY

Përgatiti: Msc.Ing. Leonidha LONDO

Udheheqes shkencor: Prof.Dr. Nako HOBDARI

Tirane, Tetor 2015

PËRMBAJTJA

<i>Përmbajtja</i>	3
<i>Abstrakt</i>	6

KAPITULLI 1. SISTEMI ELEKTROENERGJETIK SHQIPTAR

<i>1.1. Vështrim i përgjithshëm</i>	9
<i>1.2. Burimet e prodhimit të energjisë elektrike</i>	10
<i>1.3. Ecuria e prodhimit dhe e konsumit të energjisë elektrike</i>	10
<i>1.4. Karakteristikat e ngarkesës</i>	12
<i>1.5. Sistemi i transmetimit, planifikimi i zhvillimit të tij</i>	13
<i>1.5.1. Linjat e sistemit të transmetimit</i>	13
<i>1.5.2. Nënstacionet e sistemit të transmetimit</i>	14
<i>1.5.3. Planifikimi i zhvillimit të sistemit të transmetimit</i>	17
<i>1.5.4. Projektet kryesore të planifikuara deri në vitin 2025</i>	18

KAPITULLI 2. IZOLIMI I TRANSFORMATORËVE DHE PROBLEMATIKAT QË LIDHEN ME TO

<i>2.1. Izolimi i transformatorëve të fuqisë</i>	22
<i>2.1.1. Hyrje</i>	22
<i>2.1.2. Materialet izoluese në transformator</i>	23
<i>2.1.3. Qëndrueshmëria elektrike e hapësirave me vaj</i>	27
<i>2.1.4. Qëndrueshmëria elektrike e izolimit të mbushur me vaj</i>	29
<i>2.1.5. Izolimi i transformatorëve të fuqisë</i>	31
<i>2.2. Komponentët kryesore dhe kontrollet që i duhen bërë transformatorëve të mbushur me vaj</i>	32
<i>2.2.1. Komponentët kryesorë të transformatorëve</i>	32
<i>2.2.2. Kontrollet që u duhen bërë transformatorëve</i>	34
<i>2.3. Defektet në transformatorët e fuqisë</i>	35
<i>2.3.1. Defektet nga kushtet anormale të operimit të transformatorëve në rrjet</i>	35
<i>2.3.2. Defektet e brendshme në transformator</i>	36
<i>2.3.3. Llojet e dëmtimeve në transformator</i>	38
<i>2.3.4. Fenomenet dëmtuese në transformator</i>	39

KAPITULLI 3. GAZET QË FORMOHEN NË TRANSFORMATORËT E FUQISË DHE VLERËSIMI ME DGA

<i>3.1. Hyrje</i>	44
<i>3.2. Arsytet e përdorimit të DGA</i>	45
<i>3.3. Vlerësimi me DGA</i>	47
<i>3.4. Studimi i karakteristikave të gazit për zbulimin e defekteve të transformatorit</i>	50
<i>3.5. Tretshmëria e gazeve në vaj</i>	53

KAPITULLI 4. METODAT PËR VLERËSIMIN E GJENDJES PËRMES GAZEVE TË TRETUR

4.1. Informacion i përgjithshëm mbi diagnozën e transformatorit	56
4.2. Diagnostikimi i transformatorit me anë të Gazeve Totale të Djegshme të tretura në vaj	57
4.2.1. Veprimet që duhet të ndërmerren në bazë të nivelit të gazeve të djegshme të tretura.....	58
4.3. Studimi me anë të Metodës së Gazit Kryesor	59
4.4. Metoda e raportit Roxhers për DGA (analiza e gazeve të tretura)	60
4.5. Metoda IEC e Raporteve të Gazeve (IEC Ratio Method)	62
4.6. Metoda e Doenbourg e Raporteve të Gazeve	63
4.7. Metoda e Nomografit Logaritmik	64
4.8. Trekëndëshi i Duvalit	65
4.8.1. Përdorimi i Trekëndëshit të Duvalit	66
4.8.2. Zonat kufitare në Trekëndëshin e Duvalit	69
4.8.3. Dëmtimet në letër dhe në vaj	70
4.8.4. Zhvillimi i dëmtimeve me kalimin e kohës	70
4.9. Raporti i CO ₂ /CO dhe Raporti O ₂ /N ₂	71
4.10. Influenca e saktësisë së laboratorit në diagnozën e avarive	71
4.11. Metoda e bazuar në inteligjencën artificiale	72
4.12. Krahësimi i metodave	73

KAPITULLI 5. LOGJIKA FUZZY

5.1. Hyrje	78
5.2. Teoria Fuzzy, kuptimi dhe nocionet	78
5.2.1. Përshkrimi i Logjikës Fuzzy	78
5.2.2. Vlerat e përdorimit të Logjikës Fuzzy	79
5.2.3. Një këndvështrim i përgjithshëm i sistemit Fuzzy	79
5.3. Bashkësitë logjike Fuzzy dhe veprimet me to	80
5.3.1. Bashkësitë logjike klasike	80
5.3.2. Veprimet mbi bashkësitë klasike	81
5.4. Bashkësitë Fuzzy, funksionet karakteristike, veprimet mbi bashkësitë Fuzzy	81
5.4.1. Bashkësitë Fuzzy	81
5.4.2. Funksionet e anëtarësisë	83
5.4.3. Veprimet mbi bashkësitë Fuzzy	88
5.4.4. Relacionet Linguistike (Rregulla fuzzy të tipit "Nëse-Atëherë")	90
5.5. Funksionimi i sistemeve Fuzzy	90
5.5.1. Fuzifikimi	91
5.5.2. Çfarë është sistemi i vlerësimit Fuzzy?	92
5.5.3. Procesi i vlerësimit Fuzzy	93
5.5.4. Procesi i defuzifikimit	97
5.5.5. Sistemet e inferenzës të tipit Mamdani dhe të tipit Sugeno	100
5.5.6. Diagrama e procesit të vlerësimit Fuzzy	102

KAPITULLI 6. VLERËSIMI I GJENDJES, DUKE KOMBINUAR INFORMACIONIN E DGA ME LOGJIKËN FUZZY

6.1. Hyrje	104
6.2. Zbatimi i Logjikës Fuzzy për interpretimin e rezultateve të Metodës së Raporteve Roxhers në programin MATLAB	104
6.2.1. Ndërtimi i sistemit Fuzzy	104
6.2.2. Zbatimi i Logjikës Fuzzy në MATLAB për Metodën Roxhers	111
6.3. Zbatimi i Logjikës Fuzzy për interpretimin e rezultateve të Metodës TDGC në programin MATLAB	123
6.3.1. Sasia totale e gazeve të djegshme të tretura në vaj (TDCG).....	123
6.3.2. Zbatimi i Fuzzy TDCG në programin MATLAB	125
6.4. Diagnoza e 15 matjeve me Fuzzy TDCG dhe krahasimi i metodës Fuzzy TDCG me metodën diagnostikuese ANSI/IEEE C57.104	133

KAPITULLI 7. IMPLEMENTIMI I DGA NË SISTEMIN ELEKTROENERGJETIK SHQIPTAR

7.1. Hyrje	139
7.2. Implementimi i DGA në transformatorët e kaskadës së Drinit	142
7.3. Aparati monitorues i lagështirës dhe gazeve të tretura në vajin e transformatorëve....	144
7.4. Aplikacioni “Perception”	145
7.4.1. Përcaktimet e “Perception Desktop”	146
7.4.1.1. Nxjerrja e rezultateve të sistemit të monitorimit dhe diagnostikimit	146
7.4.1.2. Grafikët diagnostikues	147
7.5. Shembull i zbatimit të Logjikës Fuzzy në vlerësimin e gjendjes së transformatorit të bllokut nr. 4 të HEC Vau Dejës	156

PËRFUNDIME, REKOMANDIME DHE PLANET PER TE ARDHMEN	162
---	-----

SHTOJCA	164
---------------	-----

LITERATURA	166
------------------	-----

ABSTRAKT

Transformatorët e fuqisë përdoren si ndërfaqe midis niveleve të ndryshme të tensionit dhe kanë një rëndësi të veçantë për sistemin elektroenergjetik, mbasi duke qënë pajisje të shtrenjta, rezervimi i tyre është i kufizuar. Dëmtimi i një transformatori sjell shqetësime të mëdha në sistem. Kjo është arsyeja kryesore që ka një interes në rritje për teknikat e diagnostikimit, përcaktimit dhe vlerësimit të kushteve dhe gjendjes së izolimit të transformatorëve.

Sistemet e monitorimit, si bazë për diagostikim, mundësojnë zgjatjen e kohës së punës të një transformatori, duke zvogëluar riskun e dëmtimeve të shtrenjta dhe krijimin e strategjive të mirëmbajtjes.

Për diagnostikimin e transformatorëve, përveç metodave tradicionale, përdoren edhe metoda që bazohen në studimin e përqëndrimit të gazeve të ndryshme në vajin e transformatorit, të cilat janë: gazet totale të tretura të djegëshme (Total dissolved combustible gas-TDCG), metoda e Gazit Kryesor, metoda e Raportit të Roxhersit dhe së fundmi Trekëndëshi i Duvalit.

Punimi i paraqitur është një kontribut në kuadrin e përpjekjeve për rrugëzgjdhje konkrete të problemeve të caktuara të sistemit energjetik, të shfaqur në kushtet e decentralizimit të sistemit energjetik dhe modernizimit të tij. Në këtë punim jemi ndalur në diagnostikimin e transformatorëve, bazuar në studimin e përqëndrimit të gazeve të ndryshme në vajin e transformatorit.

Objektivi kryesor i këtij punimi është analiza e metodave të sotme në vlerësimin e gjendjes së transformatorëve me qëllim rritjen e sigurisë së punës së tyre në veçanti dhe sistemit në tërësi. Mënyra e trajtuar në punimet e mëparshme mbetet në vlerësimin empirik të rezultateve të DGA. Në punim trajtohen metodat e përpunuara të marra nga konsultimi i një literature të shumtë, si dhe bëhet përpjekje për të rritur saktësinë e rezultateve të tyre duke i kombinuar me metodat dhe teoritë e reja të përpunimit të të dhënave siç është Llogjika Fuzzy.

Në këtë punim shqyrtohet saktësia dhe qëndrueshmëria e këtyre metodave në interpretimin e gjendjes së transformatorit. Vlerësimi kryhet në bazë të të dhënave të DGA të marra nga IEEE. Të dhënat trajtojnë 92 raste të ndryshme reale, duke i vënë në korespondencë gjendjen e gazeve për secilin rast. Si gaze kryesore konsiderohen: hidrogjeni, metani, etani, etileni dhe acetileni.

Rezultatet e testimit vlerësojnë që metoda e Trekëndëshit të Duvalit është metoda me pajtueshmërinë më të lartë. Më pas vijnë Metoda e Gazit Kryesor, Normografi Logaritmik, Raportet IEC të Gazit, Raportet Roxher të Gazeve dhe e fundit Metoda Doernenburg. Disa metoda kanë shkallë të ulët pajtueshmërie (< 50 %). Nga kjo analizë vlerësohen gjithashtu metodat më të mira për diagnostikimin e defekteve që janë pjesë e grupeve të ndryshme defektesh.

Objektiv tjetër është përdorimi i të dhënave të DGA të instaluar në sistemin tonë elektroenergjetik për vlerësimin e gjendjes së transformatorëve.

Nga një analizë e thelluar e literaturës konstatuam që për kushtet e vendit tonë, kur sasia e të dhëna nga DGA është e limituar për shkak të implementimit të këtyre matjeve vetëm

në vitin e fundit, metoda më e përshtatshme është ajo e Gazeve Kryesore. Por kjo metodë është më pak e saktë se metoda e Trekëndëshit të Duvalit. Një nga mënyrat për të rritur saktësinë e metodave DGA është përdorimi i sistemeve eksperte. Për të rritur saktësinë e metodës së Gazeve Kryesore, kemi kombinuar këtë të fundit me Llogjikën Fuzzy. Logjika Fuzzy njihet si një sistem ekspert që përdoret për diagnostikimin e defekteve në transformatorët. Ky fakt bazohet në sajë të vetive të këtij sistemi për të depozituar informacione dhe këto informacione ti përdorë për të marrë vendime. Programi MATLAB është përdorur për vlerësimin e gjendjes transformatorëve duke kombinuar DGA me metodën Fuzzy.

Në bazë të analizës së kryer, për të dhënat e standartit IEEE, është arritur në përfundimin se përdorimi i logjikës Fuzzy zvogëlon numrin e matjeve të padiagnostikuara (në këtë studim 17 %). Kjo sjell rritjen e saktësisë për të gjitha matjet (nga 45% në 52%) dhe rritjen e pajtueshmërisë (nga 45% në 51%).

Metoda e propozuar, është aplikuar më tej në rastin e matjeve të kryera në transformatorët e Sistemit Elektroenergjetik Shqiptar. Kjo metodë rrit shkallën e saktësisë së vlerësimit të gjendjes së transformatorëve në masën 16.6%.

Në përfundim shtrohet detyra për të aplikuar këto teknologji të cilat krijojnë mundësi për rritjen e sigurisë së punës së transformatorëve në vecanti dhe sistemit në tërësi.

KAPITULLI 1

SISTEMI ELEKTROENERGJETIK SHQIPTAR

1.1. Vështrim i përgjithshëm

Sistemi elektroenergjetik Shqiptar ka filluar të marrë jetë që në vitin 1957 kur për herë të parë u ndërtuan Hidrocentrali i Ulzës dhe linja e parë 110 kV HEC Ulzë-Nënstacioni Selitë. Që nga ajo kohë, sistemi elektroenergjetik shqiptar ka pësuar ndryshime rrënjësore, së pari nëpërmjet zhvillimit të rrjetit 110 kV dhe burimeve të reja të lidhura në të si HEC Shkopet, HEC Bistricë dhe TEC Fier. Në vitin 1971 u vu në shfrytëzim hidrocentrali i Vaut të Dejës, i cili u shoqërua me ndërtimin e linjave të reja 220 kV dhe nënstationeve 220 kV Tiranë dhe Elbasan.

Kërkesa për elektrifikimin e të gjithë vendit shtroi si domosdoshmëri zhvillimin e rrjetit 110 kV, i cili gradualisht u shtri pothuajse në të gjitha zonat urbane të vendit dhe qendrat e mëdha industriale, së bashku me nënstationet transformuese 110/TM kV. Me ndërtimin e hidrocentralit të Fierzës me kapacitet 500 MW, në vitin 1978, u krijua edhe një rrjet i fuqishëm unazor 220 kV që do të lidhte burimet e lumit Drin me qendrat e konsumit në zonën e Tiranës dhe Elbasanit.

Në vitin 1972 u ndërtua linja e parë e interkoneksionit 220 kV Vau i Dejës-Podgoricë, në vitin 1974 u ndërtua linja 154 kV Bistricë-Igumenicë dhe në vitin 1978 u ndërtua linja 220 kV Fierzë-Prizren.

Në vitin 1985 u ndërtua hidrocentrali i Komanit me fuqi 600 MW, i cili u shoqërua me ndërtimin e linjës 220 kV me dy qarqe Koman-Elbasan, e nënstationit 400/220 kV Elbasan 2 dhe linjën e interkoneksionit 400 kV Elbasan-Kardia.

Që nga ajo kohë, sistemi elektroenergjetik shqiptar ka punuar në sinkron paralel me zonën e dytë sinkrone të rrjetit evropian, që përfshinte pjesën lindore të Evropës dhe pas bashkimit të dy zonave sinkrone, me rrjetin e bashkuar të ENTSO-E (European Network of Transmission System Operator for Electricity).

Vitet e fundit, zhvillimi i sistemit elektroenergjetik është përqendruar në zgjerimin e rrjetit 400 kV dhe ndërtimin e hidrocentraleve.

Në vitin 2011 u vu në shfrytëzim nënstationi 400/220/110 kV Tirana 2, linja 400 kV Elbasan-Tiranë, si dhe linja e interkoneksionit 400 kV Tiranë-Podgoricë. Në këtë mënyrë, rrjeti i transmetimit u lidh në unazë me rrjetin 400 kV të Ballkanit, duke rritur ndjeshëm kapacitetet e shkëmbimit me fqinjët dhe sigurinë e operimit të sistemit.

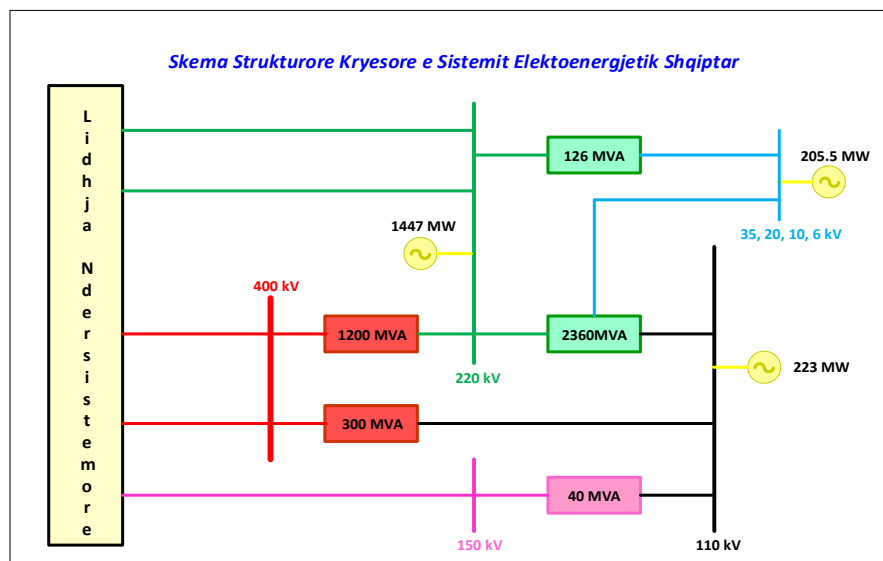


Fig.1.1 Skema strukturore kryesore e Sistemit Elektroenergjetik Shqiptar

1.2. Burimet e prodhimit të energjisë elektrike

Energjia elektrike në Shqipëri aktualisht është 100% e prodhuar nga hidrocentralet. Gjeneruesi më i rëndësishëm është kaskada e lumit Drin me hidrocentralet e Fierzës, Komanit dhe V.Dejës me fuqi totale të instaluar prej 1350 MW, që realizojnë rreth 78% të prodhimit vendës të energjisë elektrike. Pjesa tjetër mbulohet nga hidrocentralet e tjera. Vitet e fundit janë ndërtuar mjaft gjenerues të vegjël, një pjesë e të cilëve janë të lidhur në sistemin e transmetimit dhe që mbulojnë rreth 10% të prodhimit të energjisë elektrike.

Në tabelat e mëposhtme jepen gjeneruesit kryesorë të sistemit elektroenergjetik të lidhur në rrjetin 220 kV dhe 110 kV.

Tab.1.1 Njësitë gjeneruese të lidhura në rrjetin 220 kV

Centrali	Fuqia e instaluar (MW)	Viti i vënies në punë
HEC Vau Dejës	250	1971
HEC Koman	600	1985
HEC Fierzë	500	1978
TEC Vlorë	97	2010

Tab.1.2 Njësitë gjeneruese të lidhura në rrjetin 110 kV

Centrali	Fuqia e instaluar (MW)	Viti i vënies në punë
HEC Ulzë	25.00	1957
HEC Shkopet	24.00	1963
HEC Bistricë	22.50	1966
HEC Dardhë	5.80	2012
HEC Lapaj	13.60	2012
Kaskada e Lurës	16.50	2012
HEC Slabinjë	11.00	2012
HEC Bishnicë	2.40	2012
HEC Ashta1	19.70	2013
HEC Ashta2	28.50	2013
Kaskada e Lumës	30.78	2013
HEC Klosi	12.75	2013
HEC Rapun	8.25	2013
HEC Truen	2.30	2014

Vitet e fundit janë vënë në shfrytëzim mjaft hidrocentrale të vegjël të lidhur në tensionin e mesëm. Fuqia e tyre e instaluar e përgjithshme është 205 MW.

1.3. Ecuria e prodhimit dhe e konsumit të energjisë elektrike

Prodhimi i energjisë elektrike të vendit, duke qenë 100% i bazuar në burimet hidrike të vendit, bën që të jetë shumë i ndjeshëm ndaj kushteve hidrologjike përgjatë gjithë vitit. Për vitet me lagështirë kemi një prodhim prej rreth 6.3 TWh, ndërsa në vitet e thata prodhimi i energjisë shkon deri në rreth 4 TWh. Duke filluar nga viti 1999, me përjashtim

të ndonjë viti jashtëzakonisht të lagësht, Shqipëria është e detyruar të importojë sasira të konsiderueshme të energjisë elektrike për të mbuluar nevojat e saj. Prodhimi mesatar vjetor i burimeve të vendit mbulon rreth 65% të kërkesës për energji elektrike dhe pjesa tjetër importohet nga vendet e rajonit.

Në grafikun e mëposhtëm jepet konsumi vjetor i energjisë elektrike për periudhën 1981-2014.

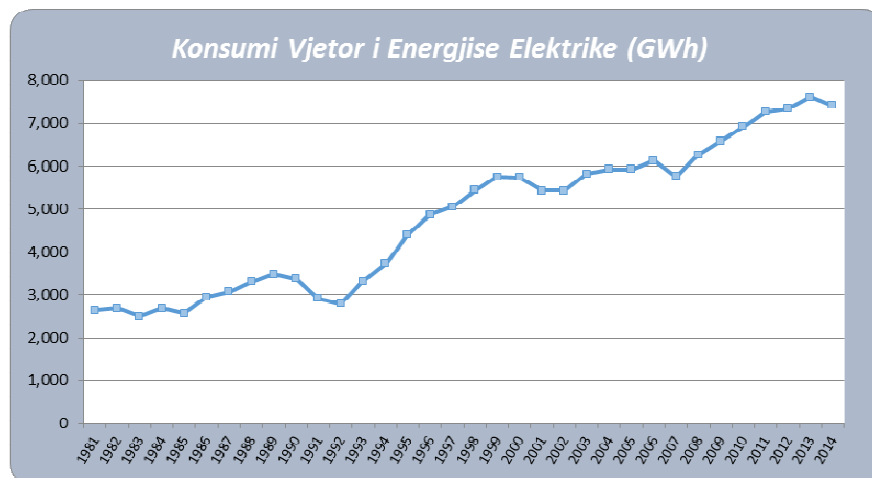


Fig.1.2 Konsumi vjetor i energjisë elektrike 1981-2014

Në grafikun e mëposhtëm jepet mbulimi i konsumit nëpërmjet gjenerimit të vendit dhe shkëmbimit.

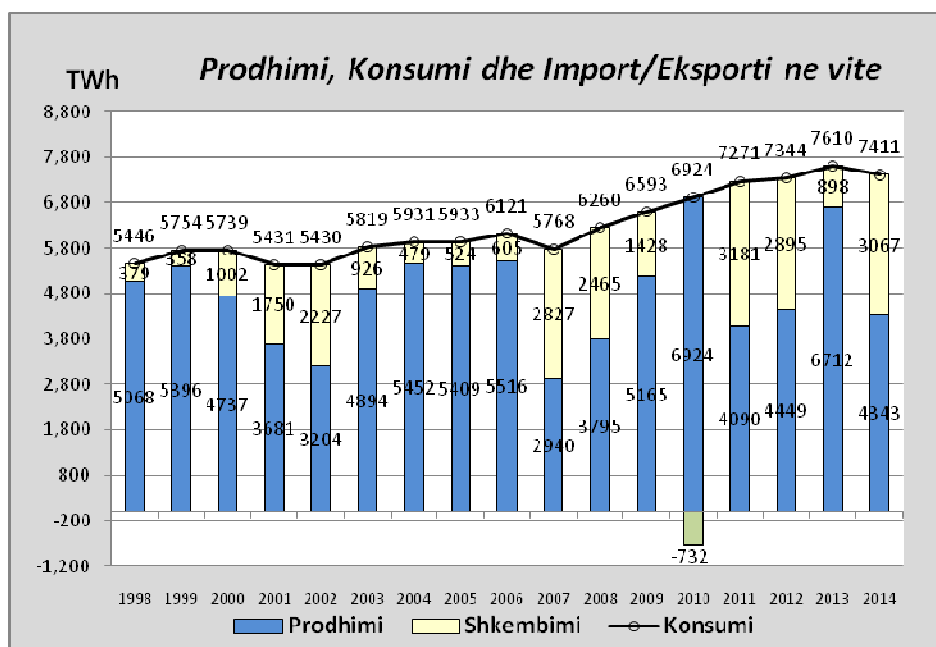


Fig.1.3 Prodhimi, konsumi, importi/eksporti në vite

Siç shihet, vetëm në vitin 2010 nevojat e vendit për energji elektrike janë mbuluar me burimet e brendshme dhe është eksportuar një sasi prej 732 GWh, ndërkohë që në vitin 2011 është importuar një sasi prej 3181 GWh për mbulimin e nevojave (rreth 44% e kërkesës).

1.4. Karakteristikat e ngarkesës

Në figurën e mëposhtme jepet historiku i pikut të ngarkesës për vendin për periudhën 1981-2014.

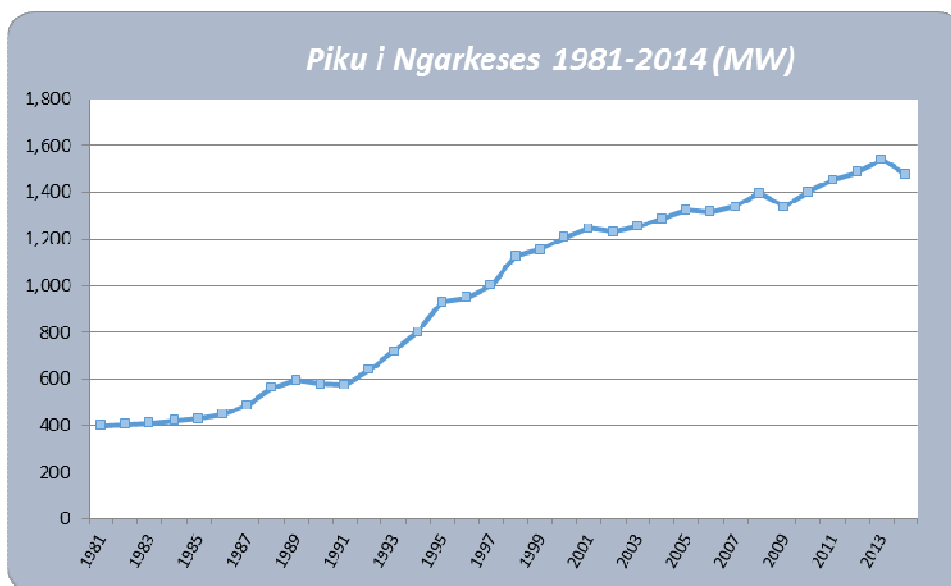


Fig.1.4 Piku i ngarkesës për periudhën 1981-2014

Piku i ngarkesës për vitin 2013 ka qenë 1540 MW. Referuar periudhës 1991-2013, kemi një rritje progresive të pikut të ngarkesës prej 4.58% në vit. Në vitin 2014, konsumi i energjisë elektrike dhe piku respektiv janë ulur për shkak të masave të marra nga operatori i shpërndarjes për disiplinimin e përdorimit të energjisë elektrike (reduktimin e energjisë elektrike të përdorur në mënyrë abuzive).

Kurba e ngarkesës orare dhe grafiku i vijueshmërisë së ngarkesës për vitin 2014 paraqitet në figurat e mëposhtme.

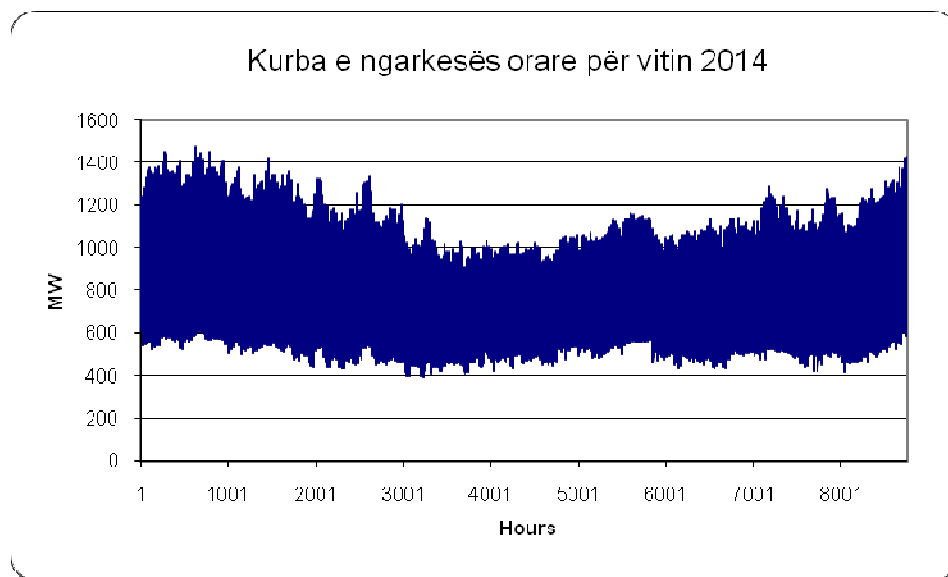


Fig.1.5 Grafiku i ngarkesës orare për vitin 2014

Vërehet që konsumi dhe ngarkesa më e madhe është në periudhën e dimrit, për shkak të përdorimit të energjisë elektrike për ngrohjen e banesave, në mungese pothuajse të plotë të alternativave të tjera. Në periudhën e ngrohtë, konsumi ulet në mënyrë të ndjeshme, me përjashtim të periudhës së nxehte, kur kemi një rritje të lehtë për shkak të përdorimit të kondicionerëve.

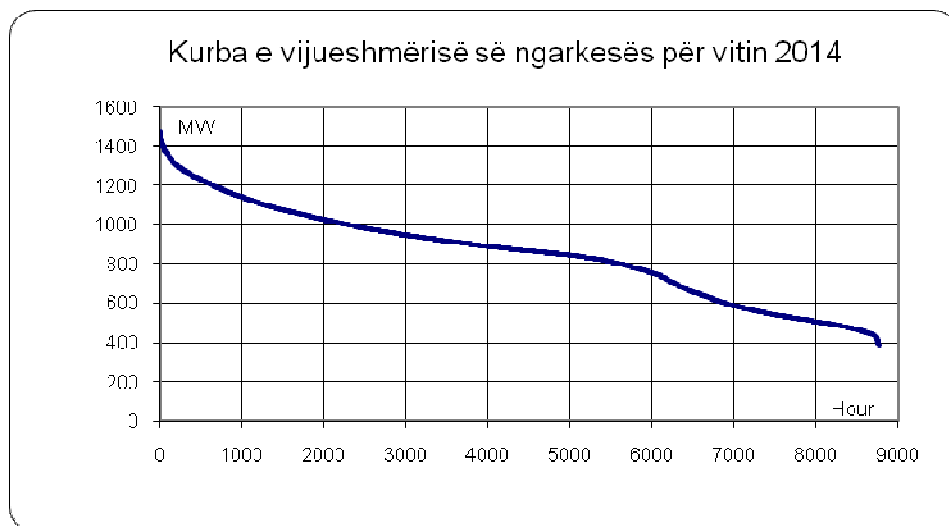


Fig.1.6 Grafiku i kurbës së vijueshmërisë së ngarkesës për vitin 2014

Nga kurba e vijueshmërisë së ngarkesës duket qartë që raporti midis pikut dhe minimumit të ngarkesës është relativisht i lartë. Kjo, pasi pjesën më të madhe të konsumit e përbëjnë klientët familjarë, ndërkohë që konsumi i atyre industrialë që punojnë me bazë 24 orë në ditë është fare i paktë. Për më tepër, mungon aplikimi i çmimit të energjisë elektrike me dy tarifa, çka do të stimulonte përdorimin e energjisë elektrike në orët e natës.

1.5. Sistemi i transmetimit, planifikimi i zhvillimit të tij

Sistemi i transmetimit të energjisë elektrike përbëhet nga linjat e transmetimit me nivel tensioni 110, 154, 220 dhe 400 kV; nga nënstacionet transformuese me nivelin më të lartë të tensionit 400 dhe 220 kV, si dhe nga pajisjet e tjera që shërbejnë për këtë sistem.

1.5.1. Linjat e sistemit të transmetimit

Gjatësitë e linjave të sistemit të transmetimit, sipas nivelit të tensionit, janë si më poshtë:

- Linjat e transmetimit 400 kV, 293.6 km
- Linjat e transmetimit 220 kV, 1150 km
- Linjat e transmetimit 154 kV, 34.4 km
- Linjat e transmetimit 110 kV, 1405 km

Pra, siç shihet, pjesa kryesore e sistemit të transmetimit të energjisë elektrike përbëhet nga linjat me tension 110 kV. Ndërtimi i tyre ka filluar që para 30-50 vjetësh. Si pasojë e kohës së gjatë të shërbimit, e terreneve të vështira nga kalojnë këto linja, si dhe e punimit në kushte të rënduara të ngarkesave elektrike, në shumë elemente të tyre konstatohen amortizime të thella.

Vitet e fundit janë ndërtuar linja të reja 110 kV me kapacitet të lartë transmetues, veçanërisht për mbylljen në unazë të linjave radiale për të mundësuar një shërbim të sigurt për klientët e lidhur në rrjetin e transmetimit (prodhues dhe konsumatorë). Gjithashtu po punohet për ndërtimin e linjave kablore 110 kV në zonat rreth qyteteve, ku trasetë e linjave të vjetra ajrore tashmë janë të okupuara nga ndërtimet ilegale.

Rrjeti me tension 220 kV, që i ka fillesat në vitet '70, lidh burimet kryesore të energjisë elektrike, të cilat ndodhen në pjesën veriore (kaskada e Drinit), me qendrat më të mëdha të konsumit të shtrira në pjesën qendrore. Rrjeti është i ndërthurur dhe përgjithësisht operon me një siguri të lartë.

Rrjeti 400 kV është zhvilluar vitet e fundit, duke u mbyllur në unazë me rrjetin rajonal. Ai ka mundësuar marrjen e importit të nevojshëm për mbulimin e nevojave të vendit dhe ka rritur në mënyrë të ndjeshme besueshmërinë e operimit të të gjithë sistemit elektroenergjetik shqiptar. Në përbërje të linjave të transmetimit përfshihen edhe linjat e interkoneksionit me vendet fqinje, që janë:

- Linja e interkoneksionit 400 kV Zëmlak (Shqipëri) – Kardia (Greqi)
- Linja e interkoneksionit 400 kV Tiranë (Shqipëri) – Podgoricë (Mali i Zi)
- Linja e interkoneksionit 220 kV Fierzë (Shqipëri) – Prizren (Kosovë)
- Linja e interkoneksionit 220 kV Koplik (Shqipëri) – Podgoricë (Mali i Zi)
- Linja e interkoneksionit 150 kV Bistrica 1 (Shqipëri) – Myrtos (Greqi)

Kapaciteti i shkëmbimit me vendet fqinje është i mjaftueshëm për të realizuar shkëmbimet e nevojshme dhe tranzitimet e kërkuara në çdo kohë.

1.5.2. Nënstacionet e sistemit të transmetimit

Fuqia transformuese e nënstacioneve të sistemit të transmetimit sipas nivelit të tensionit është si më poshtë:

- | | |
|--------------------------------|----------|
| • Transformatorë 400/220 kV | 1200 MVA |
| • Transformatorë 400/110 kV | 300 MVA |
| • Transformatorë 220/110/TM kV | 2360 MVA |
| • Transformatorë 220/20 kV | 126 MVA |
| • Transformatorë 150/110 kV | 40 MVA |

Nënstacionet e sistemit të transmetimit paraqiten në gjendje relativisht të mirë, pasi disa prej tyre janë të rinj (400/220 kV dhe 220/110/20 kV Tirana 2, 400/110 kV Zëmlak, 220/110 kV Rashbull, 220/110/35 kV Koplik) dhe të tjerët janë rikonstruktuar plotësisht si në drejtim të zëvendësimit të pajisjeve primare të amortizuara, ashtu edhe në drejtim të zëvendësimit të sistemit të mbrojtjes rele dhe kontrollit e pajisjes me një sistem kontroll monitorimi bashkëkohor.

Transformatorët e rinj janë të tipit me rregullim të tensionit në ngarkesë. Në këtë mënyrë, në nënstacionet e fuqizuara dhe rikonstruktura është eliminuar problemi i mbingarkimit të tyre në kohën e pikut të ngarkesës dhe niveli i tensionit të anës 110 kV është përmirësuar së tepërmi. Sidoqoftë, në sistemin e transmetimit ka akoma disa nënstacione me transformatorë të vjetër dhe pa mundësi të rregullimit të tensionit në ngarkesë si N/st. Sharrë, N/st. Fierzë, N/st. Elbasan 1, N/st Burrel dhe N/st. Koplik.

Tab.1.3 Transformatorët e instaluar në sistemin e transmetimit dhe prodhimit

Nr.	Emërtimi	Fuqia Nominale			Niveli i Tensionit			Prodhuesi	Viti
		TL	TM	TU	TL	TM	TU		
		(MVA)	(MVA)	(MVA)	(kV)	(kV)	(kV)		
1	HEC VAU DEJËS	60		60	242±2x2.5%		10.5	KINEZ	1971
2	HEC VAU DEJËS	60		60	242±2x2.5%		10.5	KINEZ	1971
3	HEC VAU DEJËS	60		60	242±2x2.5%		10.5	KINEZ	1971
4	HEC VAU DEJËS	60		60	242±2x2.5%		10.5	KINEZ	1971
5	HEC VAU DEJËS	60		60	242±2x2.5%		10.5	KINEZ	1971
6	HEC FIERZË	150		150	242±2x2.5%		13.8	KINEZ	1978
7	HEC FIERZË	150		150	242±2x2.5%		13.8	KINEZ	1978
8	HEC FIERZË	150		150	242±2x2.5%		13.8	KINEZ	1978
9	HEC FIERZË	150		150	242±2x2.5%		13.8	KINEZ	1978
10	HEC KOMAN	170		170	242±2x2.5%		13.8		1985
11	HEC KOMAN	170		170	242±2x2.5%		13.8		1985
12	HEC KOMAN	170		170	242±2x2.5%		13.8		1985
13	HEC KOMAN	170		170	242±2x2.5%		13.8		1985
14	TEC VLORË	121		121	220±2x2.5%		11.5		2010
15	Nst.VAU DEJËS	120	120	40	230±8x1.25%	121	10.5	KONÇAR	2008
16	Nst.VAU DEJËS	120	120	40	230±8x1.25%	121	10.5	KONÇAR	2003
17	KOPLIK	90	90	45	220±2x2.5%	115	38.5±5%	KINEZ	1978
18	Nst. FIERZË	30	30	15	242±2x2.5%	121	10.5	KINEZ	1978
19	Nst. FIERZË	30	30	15	242±2x2.5%	121	10.5	KINEZ	1974
20	BURREL	60	60	20	230±2x2.5%	121	11	KINEZ	1978
21	BURREL	60	60	12	230±4x2.5%	121	11	ABB	1996
22	TIRANA 1	120	120	60	220±8x1.25%	115	37.6±2x2.5%	KINEZ	2001
23	TIRANA 1	120	120	60	220±8x1.25%	115	37.6±2x2.5%	KONÇAR	1998
24	TIRANA 1	120	120	60	220±8x1.25%	115	37.6±2x2.5%	KONÇAR	2003
25	TIRANA 1	63			220±2x2.5%		21.6	ITALIAN	1980
26	TIRANA 1	63			220±10x1.5%		21.6	ABB	2005
27	TIRANA 2	300	300	12.5	400	230±12x1.25%	20.0	TAMINI	2010
28	TIRANA 2	300	300	12.5	400	230±12x1.25%	20.0	TAMINI	2010
29	TIRANA 2	120	120	14.32	220±8x1.25%	115	20.8	TAMINI	2010
30	TIRANA 2	120	120	14.32	220±8x1.25%	115	20.8	TAMINI	2010
31	SHARRË	100	100	50	225	130±6x2.5%	15	ITALIAN	1960
32	SHARRË	90	90	45	220±2x2.5%	115	38.5±5%	KINEZ	1978
33	RRASHBULL	100	100	33	220±8x1.25%	115	20	ABB	2003
34	RRASHBULL	100	100	33	220±8x1.25%	115	20	ABB	2003
35	ELBASAN 1	90	90	45	220±2x2.5%	115	38.5±5%	KINEZ	1978
36	ELBASAN 1	90	90	45	220±2x2.5%	115	38.5±5%	KINEZ	1978
37	ELBASAN 1	120	120	60	220±8x1.25%	115	37.6±2x2.5%	KONÇAR	2014
38	ELBASAN 2	300	300	60	410	220±9x1.25%	30	KONÇAR	1985
39	ELBASAN 2	300	300	60	410	220±9x1.25%	30	HONDAI	2001
40	FIERI	120	120	60	220±8x1.25%	115	37.6±2x2.5%	KONÇAR	2004
41	FIERI	120	120	60	220±8x1.25%	115	37.6	KONÇAR	2004
42	FIERI	120	120	60	220±8x1.25%	115	37.6±2x2.5%	KONÇAR	2003
43	BABICA	100	100	30	220±12x1.25%	115	37	HYOSUNG	2006
44	BABICA	100	100	30	220±12x1.25%	115	37	HYOSUNG	2006
45	ZËMBLAK	150	150	30	400±12x1.25%	115	20	ABB	2003
46	ZËMBLAK	150	150	30	400±12x1.25%	115	20	KONÇAR	2015
47	BISTRICA 1	40	40	13	170±2x2.5%-3x2.5%	115	6	ENERGO	1979

Në tabelën e mëposhtme jepet fuqia totale transformatorike e instaluar në MW në sistemin e transmetimit dhe prodhimit që prej fillësës së tij deri në vitin 2015.

Tab.1.4 Fuqia transformatorike e instaluar në sistemin e transmetimit dhe prodhimit

Vitet	1970	1971	1975	1978	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Vau Deja			30	30	30	30	30	60	120	180	180	180	180	240	240	240	240	240	240	240
Koplik														90	90	90	90	90	90	90
Komani																				
Fierza					30	30	30	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Burrell					120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Tirana 1			180	180	180	180	180	180	210	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360
Tirana 1								63	63	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
Tirana2 (400)																	600	600	600	600
Tirana2 (220)																240	240	240	240	240
Sharra								100	100	100	100	100	190	190	190	190	190	190	190	190
Prashbulli									200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Ebasan1			180	180	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	300	300
Ebasan2					300	300	300	300	300	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Zemblak (400)										150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	300
Fier				180	180	180	180	180	270	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360
Babica												200	200	200	200	200	200	200	200	200
Bistrica1					40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
TR e Centraleve																				
HEC V.Dejes		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
HEC V.Dejes		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
HEC V.Dejes		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
HEC V.Dejes		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
HEC V.Dejes		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
HEC Fierze					150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
HEC Fierze					150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
HEC Fierze					150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
HEC Fierze					150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
HEC Koman							170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
HEC Koman							170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
HEC Koman							170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
HEC Koman							170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
TEC Vlore															121	121	121	121	121	121
Fuqia TOTALE e SE		300	690	1290	1750	2730	2730	2853	3133	4146	4146	4346	4496	4586	4707	5547	5547	5547	5577	5727
TR e Centraleve		300	300	900	900	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1701	1701	1701	1701	1701	1701
154/110 kV					40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
220/110/MV kV			390	390	810	810	810	870	1150	1650	1650	1850	2000	2090	2090	2330	2330	2330	2360	2360
220/20 kV								63	63	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
Gjithsej 220 kV			390	390	810	810	810	933	1213	1776	1776	1976	2126	2216	2216	2456	2456	2456	2486	2486
400/110 kV									150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	300
400/220 kV						300	300	300	300	600	600	600	600	600	600	1200	1200	1200	1200	1200
Gjithsej 400 kV			0	0	0	300	300	300	300	750	750	750	750	750	750	1350	1350	1350	1350	1500
Vitet	1970	1971	1975	1978	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015

Për të dhënë një pasqyrë më të qartë të saj është ndërtuar grafiku që tregon trendin në rritje të fuqisë transformatorike të instaluar në sistem.

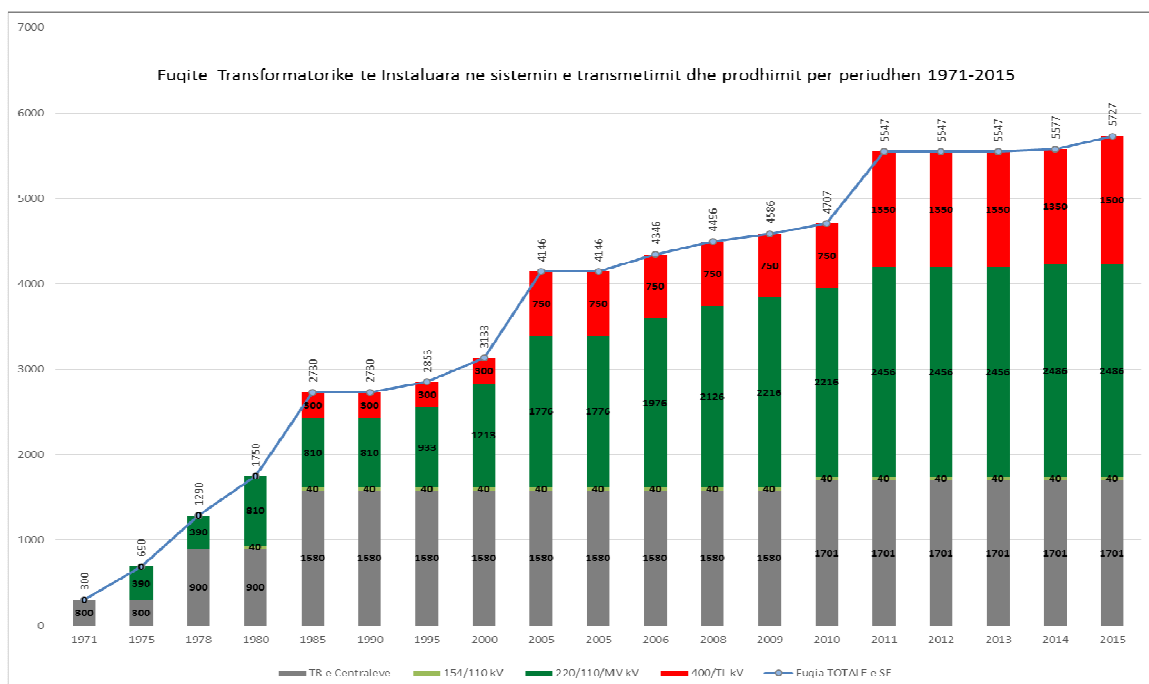


Fig.1.7 Fuqitë transformatorike në sistemin e transmetimit dhe prodhimit

Me ngjyrë gri jepet fuqia e transformatorëve ngritës, e instaluar në centralet kryesore të vendit, ato të kaskadës së lumit Drin dhe TEC Vlorë; me ngjyrë jeshile jepet fuqia e transformatorëve të nënstacioneve me tensionin më të lartë 220 kV dhe me ngjyrë të kuqe tregohet fuqia e transformatorëve të nënstacioneve me tensionin më të lartë 400 kV.

Nga grafiku duket qartë që kemi një rritje graduale të fuqisë së transformatorëve të nënstacioneve me tensionin më të lartë 220 kV dhe vitet e fundit një dyfishim të transformatorëve të nënstacioneve me tension më të lartë 400 kV. Këta të fundit janë transformatorët më të rëndësishëm të sistemit të transmetimit, pasi nëpërmjet tyre futet në rrjetin 220 kV dhe 110 kV fluksi i fuqisë së importuar që vjen nga linjat e interkoneksionit 400 kV.

1.5.3. Planifikimi i zhvillimit të sistemit të transmetimit

Në sistemin e transmetimit, gjatë viteve të fundit janë realizuar dhe janë në operim projekte të rëndësishme që kanë rritur në mënyrë të konsiderueshme besueshmërinë e sistemit elektroenergjetik, kapacitetet e shkëmbimit me vendet fqinje dhe cilësinë e shërbimit për konsumatorët e sistemit të transmetimit. Përmendim këtu:

- Linja e interkoneksionit 400 kV Tirana 2 (Shqipëri) - Podgoricë (Mali i Zi), me gjatësi 155 km (125.3 km në territorin shqiptar dhe 28.5 km në territorin e Malit të Zi).
- Nënstacioni 400/220/110 kV Tirana 2, me fuqi 2x300 MVA 400/220 kV dhe 2x120 MVA 220/110 kV.
- Linja 400 kV Tirana 2-Elbasan 2, me gjatësi 48 km.

Ndërkohë, projekte të tjera të rëndësishme janë në fazë implementimi, si:

- Fuqizimi i rrjetit të transmetimit 110 kV të Jugut të Shqipërisë, që përfshin:
 - (i) Linjën 110 kV Vlorë – Sarandë, rreth 105 km e gjatë
 - (ii) Linjën 110 kV Ersekë – Përmet, rreth 56 km e gjatë
 - (iii) Rikonstrukcionin e linjës 110 kV Korçë – Ersekë, 36 km e gjatë
 - (iv) Rikonstrukcionin e linjës 110 kV Përmet – Këlcyrë – Memaliaj, rreth 39 km
 - (v) Qarkun e dytë të linjës 110 kV Zëmlak – Korçë, 13.4 km
 - (vi) Fuqizimin e nënstacionit 400/110 kV Zëmlak, me një transformator të dytë 150 MVA

Siç shihet, projekti ka një shtrirje mjaft të gjerë, duke përfshirë pjesën perëndimore dhe atë lindore të Jugut të Shqipërisë.

- Ndërtimi i linjës së interkoneksionit 400 kV Tirana 2 – Kosova B

Linja 400 kV do të ketë një gjatësi prej 242 km, nga të cilat 155.5 km në territorin e Shqipërisë (75 km linjë e re dhe 80.5 km plotësim i qarkut të dytë në pjesën e parë të linjës së përfunduar Tirana 2 - Podgoricë). Pjesë e këtij projekti është edhe instalimi i një shunt-reaktori me fuqi 120 MVAr në zbarat 220 kV të Nënstacionit Tirana 2 (për të shmangur kalimin e nivelit maksimal të lejuar të tensionit në anën 400 kV në orët e

minimumit), si dhe instalimi i pajisjeve përkatëse për t'i ofruar Sistemit të Transmetimit të Kosovës shërbimin e rregullimit sekondar (LFC) dhe tercial, në kushtet kur Kosova do të shkëputet nga blloku i kontrollit me Serbinë.

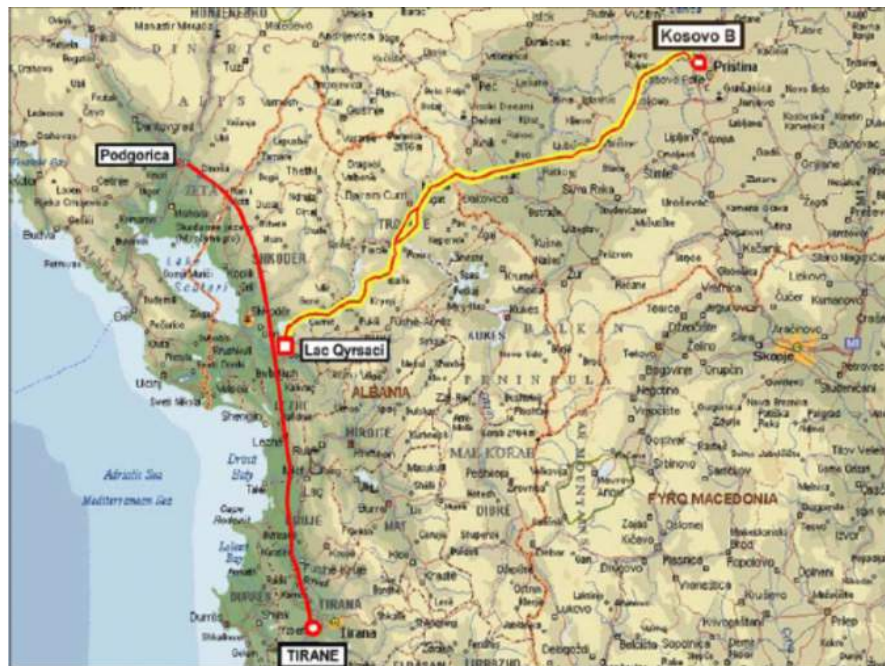


Fig.1.8 Gjurma e linjës së interkoneksionit 400 kV Tirana 2-Kosova B

- Ndërtimi i qendrës së re kombëtare dispeçer

“Sistemi i Ri i Kontrollit SCADA/EMS i Qendrës Kombëtare Dispeçer, si dhe ndërtesa e re e OST dhe Qendrës Kombëtare Dispeçer” është një nga projektet më të rëndësishme të Operatorit të Sistemit të Transmetimit.

Sistemi i Menaxhimit të Rrjetit SCADA/EMS është një zgjidhje optimale për qendrën e kontrollit, pasi mundëson një operim të sigurt dhe efikas të sistemit të transmetimit, i cili përdoret në mënyrë të vazhdueshme nga operatorët në QDS. FunkSIONET e tij kryesore janë:

1. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)
2. EMS (Energy Management System)
3. Generation Management System (GMS)

1.5.4. Projektet kryesore të planifikuara deri në vitin 2025

Bazuar në parashikimet për rritjen e kërkesës për energji elektrike dhe burimet e reja të planifikuara për t'u ndërtuar, OST ka hartuar një program të zhvillimit të sistemit të transmetimit për periudhën 10-vjeçare 2015-2025.

Projektet kryesore të parashikuara në këtë program janë:

- Linja 220 kV me dy qarqe Tirana 2 – Rrashbull dhe fuqizimi i N/st. 220/110 kV Rrashbull

Projekti përfshin:

- (i) Ndërtimin e linjës ajrore 220 kV me dy qarqe Tirana 2 – Rrashbull, rreth 20 km
- (ii) Punime zgjeruese për dalje linje në Nënstacionet Tirana 2 dhe Rrashbull
- (iii) Fuqizimin e Nënstacionit Rrashbull me zëvendësimin e autotransformatorëve ekzistues 220/110 kV, 2x100 MVA me dy të rinj me fuqi 2x150 MVA.

- Ndërtimi i N/st. 400/110 kV Tirana 3 dhe fuqizimi i rrjetit 110 kV të Unazës së Tiranës

Projekti përfshin demontimin e linjave ekzistuese 110 kV Tiranë – U.Traktora, U.Traktora – Selitë dhe ndërtimin e tyre në trase të reja (rreth 23 km linjë ajrore me përcjellës ACSR-300 mm² dhe linjë kablore me përcjellës XLPE AL-1000 mm²), si më poshtë:

- (i) Linja kablore 110 kV Tirana 1 – U.Traktora, 5.7 km
- (ii) Linja ajrore 110 kV U.Traktora – Tirana 3, 9.2 km
- (iii) Linja 110 kV Tirana 3 – Selitë, 5 km ajrore + 1 km kablore
- (iv) Ndërtimin e nënstationit 400/110 kV, 2x150 MVA Tirana 3
- (v) Lidhjen e nënstationit të ri me rrjetin ekzistues të transmetimit.

- Ndërtimi i linjës së interkoneksionit 400 kV Elbasan 2 (Shqipëri) – Manastir (Maqedoni) dhe Elbasan 2 – Fier, si dhe zgjerimi i nënstacioneve Elbasan 2 dhe Fier.

Ky projekt përfshin:

- (i) Ndërtimin e linjës së re ajrore 400 kV, Elbasan 2 - Manastir, afërsisht 151 km, 56 km në territorin shqiptar
- (ii) Zgjerimin e nënstationit 400 kV Elbasan 2 me zbarë dyfishe 400 kV, një dalje të re linje 400 kV dhe një shunt-reaktor 120 MVar
- (iii) Ndërtimin e linjës së re ajrore 400 kV, Elbasan 2 – Fier, rreth 70 km, si dhe dy dalje linje 400 kV në nënstacionin Elbasan 2 dhe nënstacionin Fier
- (iv) Zgjerimin e nënstationit Fier me një autotransformator 400 MVA 400/220 kV dhe lidhjen e tij me rrjetin e transmetimit.

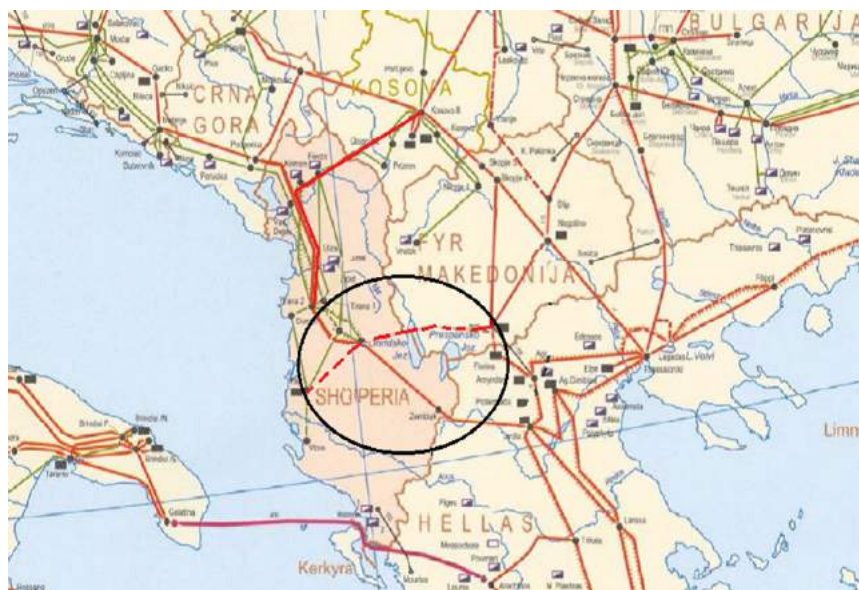


Fig.1.9 Gjurma e linjës së interkoneksionit 400 kV Elbasan 2 - Manastir

- Fuqizimi i N/stacionit HEC Koman

- (i) Projekti përfshin zgjerimin e Nënstacionit HEC Koman me një autotransformator 400 MVA 400/220 kV dhe lidhjen e tij me rrjetin e transmetimit.

Të gjitha projektet e mësipërme janë të lidhura me shërbimin e sistemit të transmetimit, i cili nuk mund të kryhet plotësisht pa realizuar investimet e nevojshme për fuqizimin dhe modernizimin e tij.

Është e rëndësishme të theksojmë që, në vitet e ardhshme do të ketë një zhvillim të mëtejshëm të rrjetit 400 kV dhe fuqia e përgjithshme e transformatorëve me tensionin më të lartë 400 kV do të rritet nga 1600 MVA në 2700 MVA brenda vitit 2025. Këta transformatorë përfaqësojnë nyjat më të rëndësishme të sistemit elektroenergjetik të Shqipërisë dhe kontroll-monitorimi i tyre në kohë reale është i domosdoshëm për operimin e sigurt të sistemit elektroenergjetik.

KAPITULLI 2

IZOLIMI I TRANSFORMATORËVE DHE PROBLEMATIKAT QË LIDHEN ME TO

2.1. Izolimi i transformatorëve të fuqisë

2.1.1. Hyrje

Transformatori është një pajisje statike që shërben për ndryshimin e parametrave të rrymës dhe tensionit. Ai është disa llojesh, ndër të cilët mund të përmendim: transformatorët e fuqisë, të tensionit, të rrymës etj. Pavarësisht llojit të transformatorit, dukuritë kryesore që vihen re gjatë punës së tyre në parim janë të njëjta. Pjesët kryesore të transformatorit janë: bërthama magnetike, pështjellat parësore e sekondare, izolimi, si dhe pjesët konstruktive.

Eksperimentet e para për transformatorët i ka bërë Majkell Faradei. Në vitin 1831, ai zbuloi induksionin elektromagnetik. Ky zbulim bënte lidhjen midis madhësive elektrike dhe magnetike. Eksperimenti i Faradeit ishte shumë i thjeshtë. Ai mori një unazë prej hekuri të butë. Në gjysmën e saj vendosi një pështjellë me një numër të caktuar spirash. Në gjysmën tjetër vendosi një tjetër pështjellë me një numër më të madh spirash se e para. Në pështjellën me më shumë spira vendosi një gjilpërë magnetike. Pështjellën tjetër e lidhi me një bateri. Në momentin kur u lidh bateria, ai vuri re se gjilpëra magnetike ndryshoi pozicion. Ky ndryshim lindi për shkak të veprimit të induksionit elektromagnetik. Ky ishte paraardhësi i transformatorit elektrik modern. Shpikja e Faradeit përmbante të gjitha elementet themelore të transformatorëve; dy pështjella të pavarura dhe një bërthamë hekuri të mbyllur.



Fig.2.1 Transformatori i parë i Faradeit, dy pështjella dhe një toroid hekuri

Ndërmjet viteve 1831 dhe 1885 u bënë përpjekje të shumta për të ndërtuar pështjella me përcjellshmëri sa më të lartë, dhe duke i përmirësuar këto metoda e duke mësuar nga eksperimentet e shumta, dalëngadalë u zbuluan principet bazë të transformatorëve.

Transformatori i parë i përdorur në praktikë u shpik nga William Stanley në vitin 1885. Ai u përdor për elektrifikimin e Great Barrington, Massachusetts, në vitin 1886.



Fig.2.2 Transformatori i parë i shpikur nga William Stanley në vitin 1885

Inxhinieri i ri rus, Mikhail Dolivo-Dobrovolsky, në vitin 1889 shpiku transformatorin e parë trefazor në Gjermani. Në vitin 1891, shkencëtari nga Serbia, Nikola Tesla, shpiku

bërthamën Tesla, një transformator rezonant për të gjeneruar tensione shumë të larta në frekuenca të larta.

Një ndër elementet më të rëndësishme të transformatorit është dhe izolimi i tij.

Izoluesi është një material, i cili nuk ndikohet nga fusha elektrike dhe nuk e përcjell rrymën elektrike. Në praktikë, izolues perfektë nuk ekzistojnë. Materialet dielektrike me konstante dielektrike të lartë quhen izolues. Qëllimi i tyre është që të bëjnë ndarjen ndërmjet pjesëve përcjellëse, në mënyrë që të mos lejojnë kalimin e rrymës në të. Izolimi i transformatorëve është pjesa joaktive e tij.

Te transformatorët e fuqisë ka disa lloje të ndryshme izolimi. Mund të jenë izolues të ngurtë (letra), të lëngët (vaji) ose të gaztë (SF_6).

Sikurse e theksuam edhe më sipër nuk mund të kemi dielektrikë perfektë, dhe si rrjedhojë në të gjitha pajisjet elektrike për një arsye apo tjetër do të kemi dëmtim të izolimit dhe si rrjedhojë dëmtim të pajisjeve elektrike.

Gjithashtu, materialet izoluese duke qenë gjithmonë nën një stres të vazhdueshëm mund të degradojnë. Zakonisht, avaritë që vijnë nga degradimi i materialeve izoluese në fillim janë të lehta dhe nuk paraqesin ndonjë rrezikshmëri të lartë, por ne duhet të marrim masa që ato të mos degradojnë më tepër dhe të mos shkaktojnë nxjerrjen jashtë funksionimit të pajisjeve elektrike.

Në rastin konkret, ne do të merremi me transformatorët e fuqisë, të cilët si material izolues përdorin vajin.

2.1.2. Materialet izoluese në transformator

Materialet izoluese që përdoren në transformatorët e fuqisë janë vaji i transformatorit, letra e përforcuar, kartoni elektroteknik etj. Qëndrueshmëria e izolimit rritet nga kombinimi i vajit me letrën e përforcuar apo i kombinimit me kartonin elektroteknik. Këto dy kombinime përdoren për izolim në transformatorin e fuqisë.

Transformatorët e sotëm janë pothuajse plotësisht të mbushur me vaj, por transformatorët e hershëm përdornin asbest, pambuk dhe letër të presuar. Përdorimi i llakut dhe i letrës si izolim në shekullin XIX ishte një hap përpara; vaji mineral ka filluar të përdoret si izolim dhe si ftohës te transformatorët në vitin 1906. Vajrat e naftës janë përdorur në pajisjet elektrike që në pjesën e dytë të shekullit të XIX. Studiuesi Ferrati njohu përfitimet e tyre për transformatorët shumë kohë më parë në vitin 1891. Këto vavra mineralë janë ende në përdorim dhe sigurisht me një rafinim dhe përzgjedhje më të mirë. Materialet izoluese janë pjesët më delikate të transformatorit, sepse ato me kalimin e kohës i humbasin vetitë e tyre elektrike, fizike dhe mekanike, si për shkak të ngrohjes, ashtu edhe për shkak të fushës elektrike.

Transformatori përbëhet nga pjesë përcuese dhe jopërcuese, si rrjedhojë duhet që të bëhet izolimi ndërmjet pjesëve të cilat ndodhen nën tension dhe atyre që nuk janë nën tension.

Izolimi i brendshëm i transformatorëve ndahet në izolim kryesor dhe izolim gjatësor:

1. Izolimi kryesor është ai midis pështjellave me klasa të ndryshme tensioni, midis fazave, si dhe i pështjellave kundrejt pjesëve të tokëzuara (bërthamës magnetike, kazanit).
2. Izolimi gjatësor përfshin atë midis spirave, bobinave, daljeve dhe elementëve të tjerë të së njëjtës fazë.

Në transformatorët e fuqisë përdoren disa lloje izolimesh për të parandaluar lidhjet e shkurtra dhe rrymat e rrjedhjes, përdoren forma të izolimit: të ngurtë, të lëngët dhe të gaztë. Performanca e këtyre izolatorëve varet nga temperatura në të cilën ato ndodhen.

Materialet izoluese që përdoren në transformatorët e fuqisë, sipas temperaturave për të cilat ato janë projektuar të punojnë, ndahen në shtatë klasa nga Komisioni Ndërkombëtar Elektroteknik (IEC). Klasat e izolimit, temperaturat dhe materialet që përdoren, tregohen në tabelën e mëposhtme (tabela 2.1).

Tab.2.1 Klasat e izolimit

Klasa	Temp. maksimale në °C	Materialet
Y	95 °C	Letër, pambuk, mëndafsh, gomë natyrale, polivinil klori etj. pa ngopje.
A	105 °C	Si klasa Y, por të ngopura, plus najlon.
E	120 °C	Tereftalat polietileni (fibra terilene, shtresë melineks), celulozëriacetate, poliuretane, polivinilacetati.
B	130 °C	Mika, fibra qelqi (borisilikate të aluminit), asbest i bitumizuar, bakelitë, poliesteri llak.
F	155 °C	Si klasa B, por i bazuar te rrëshira.
H	180 °C	Si klasa B, por me rrëshirë silikon, gomë silikon, poliamide aromatike (letër nomeks dhe fibër), shtresë poliamide dhe llak ester.
C	>180 °C	Si klasa B, por jo me lidhje organike, teflon (politetrafluoroetilen).

Izolimi i transformatorëve ndahet si më poshtë:

1. Izolimi ndërmjet bobinave të pështjellës
2. Izolimi ndërmjet pështjellave
3. Izolimi ndërmjet pështjellës së tensionit të ulët dhe bërthamës
4. Izolimi ndërmjet pështjellës së tensionit të lartë dhe tensionit të ulët
5. Izolimi ndërmjet pështjellës së tensionit të lartë dhe bërthamës

Në tabelën e mëposhtme tregohen izolimet që përdoren në pjesë të ndryshme të transformatorit, lloji i izolimit dhe mënyra si ai realizohet.

Tab.2.2 Izolimi në pjesët e ndryshme të transformatorit

Pështjella e tensionit të ulët me tokën dhe pështjella e tensionit të lartë me pështjellën e tensionit të ulët.	Tuba të kombinuar me lëng ose me gaz.	Lëngu ose gazi ndihmojnë në largimin e nxehtësisë nga bërthama, pështjella dhe gjithashtu ndihmojnë për të përmirësuar izolimin në pikat kryesore.
Izolimi ndërmjet bobinave.	Llak organik në transformatorët e vegjël, letër ose nasto xhami për të veshur pështjellat në transformatorët e mëdhenj.	Letra dhe produktet e saj thithin lagështinë shumë shpejt nga atmosfera, dhe prandaj ky lloj izolimi duhet të jetë i mbajtur pa lagështi gjatë punës së tij në një transformator.
Pështjella ndërmjet pështjellave, pështjella ndërmjet tokës.	Në transformatorët e vegjël është përdorur letër kraft në formë radiale e prodhuar nga letër e presuar, pluhur qelqi ose porcelan është përdorur në transformatorët e mëdhenj.	

Më poshtë tregohet një përshkrim i materialeve që përdoren në transformatorët e fuqisë.

Vaji mineral natyror: Përdoret në transformatorë për izolimin dhe transmetimin e nxehtësisë. Gjithashtu edhe për impregnimin e materialeve të ngurta për përmirësimin e vetive të tyre izoluese.

Vetitë e vajt varen shumë nga temperatura dhe papastërtitë. Ka temperaturë maksimale të pranueshme 90°C dhe temperaturën e djegies të ulët.

Vaji artificial: Me qëllim që të mënjanohej të metat e vajit mineral, janë prodhuar vajra artificialë. Këto kanë qëndrueshmëri elektrike e termike më të lartë, janë të qëndrueshëm kundrejt oksidimit dhe nuk digjen. Ndër të metat e tyre mund të përmendim:

1. Dendësi të madhe
2. Avullimi i tyre është i madh (gjë që sjell nevojën e rifurnizimit të shpeshtë të pajisjes)
3. Formimi i acidit klorhidrik (i cili është i dëmshëm për materialet e tjera izoluese që janë në kontakt me të)

Vaji i transformatorit fitohet zakonisht nga distilimi i shkallëzuar i naftës. Duke nxehur naftën, në fillim ndahen fraksionet e lehta: benzina, ligroina dhe kerozina. Lënda që mbetet është mazuti, i cili duke u nxehur përtej 300°C, kthehet në një lëndë të quajtur solar. Prej solarit mund të merren vajrat e ndryshëm mineralë, si p.sh. ai i transformatorit, në qoftë se veprohet sipas një skeme parimore teknologjike. Për të larguar lidhjet e paqëndrueshme reaktive të hidrokarbureve, vaji solar përzihet me solucion acidi sulfurik ($8 \div 15 \% \text{H}_2\text{SO}_4$), i cili shkakton polimerizimin e tyre, duke bërë që ato të bien në fund të enës në formë të gudronit të thartuar. Pas përpunimit me acid, vaji solar kalon në përzierjen bazike me solucion hidroksid natriumi (NaOH). Ky proces shërben për të neutralizuar mbeturinat e acidit sulfurik. Vaji i fituar në këtë mënyrë shpëlahet në përzierësen pastruese me ujë të ngrohtë të distiluar. Pasi largohet uji, vaji i shpëlarë thahet me ndihmën e ajrit të ngrohtë. Më tej bëhet pastrimi i imët i papastërtive të mbetura në vaj në fazat e ndryshme të procesit teknologjik. Për këtë qëllim përdoren masa në forma rëre (argjil natyror). Këto thërmija rëre thithin ujin, mbeturinat e vogla të acideve, bazave dhe rrëshirave. Së fundi këto thërmija absorbuese ndahen nga vaji me ndihmë të filtrave. Vaji i fituar në këtë mënyrë është ai i transformatorit.

Vaji i transformatorit përfaqëson një përzierje hidrokarburesh të lëngëta të serisë së metanit, naftënikëve etj. Në fund të procesit teknologjik, në vajin e gatshëm ka gjurmë të vogla të produkteve me lidhje të dyfishta (C = C) dhe të trefishta (- C - C -) reaktive, të cilat gjatë procesit të shfrytëzimit mund të kthehen në ujë, rrëshirë, okside, acide etj. Këto produkte shkaktojnë vjetrimin e vajit. Përmbajtja e produkteve reaktive në vajrat teknikë të transformatorëve nuk duhet të kalojë 0.2% deri 0.6%.

Vaji i transformatorit është jopolar, prandaj konstanten dielektrike e ka të vogël $\epsilon_r=2.2$ deri 2.3 për temperaturën 20°C. Me ndryshimin e temperaturës, konstantja dielektrike ndryshon shumë pak. Ai duhet të ketë qëndrueshmëri elektrike sa më të madhe. Kur është i pastër, kualiteti i tij është 200÷240 kV_{et}/cm. Vaji i transformatorit duhet të jetë sa më i rrjedhshëm, d.m.th. të ketë viskozitet sa më të vogël. Për të pasur sigurinë e kërkuar kundrejt zjarrit, ai duhet të ketë temperaturë djegieje sa më të lartë të avujve të tij (jo më të vogël se 135°C). Vaji i transformatorit pikën e ngrirjes duhet ta ketë -25°C ose -40°C, sipas llojit të vajit.

Temperatura maksimale e punës e lejuar për vajin e transformatorit është 90÷95°C. Temperatura e vazhdueshme 110°C shkakton gradualisht zbërthimin e vajit.

Problem i rëndësishëm për vajrat mineralë është vjetrimi i tyre, me të cilin kuptohen ndryshimet kimike që lindin gjatë shfrytëzimit (oksidimi dhe polimerizimi). Nga vjetrimi lindin përbërje të ngurta dhe rritet aciditeti i vajrave. Shpejtësia e vjetërimit varet nga shkalla e rafinimit të vajit, e llojit të tij, nga rritja e temperaturës, si dhe kontakti me ajrin. Metalet veprojnë si katalizatorë të këtij procesi, sidomos bakri dhe hekuri. Veprimi i rrezeve të diellit gjithashtu ndikon në shpejtimin e vjetërimit të vajrave. Pamja e jashtme e vajit ndryshon kur shkalla e vjetërimit rritet; ai bëhet më i errët, më i kuqërremtë dhe humbet tejdukshmërinë. Vaji, i cili ka keqësuar cilësitë e tij dielektrike, mund të rikthehet në gjendjen fillestare. Kur vaji përmban lagështi dhe papastërti të ndryshme, si fije organike, thërmija të karbonizuara etj., mund të ripërtërihet me ndihmën e filtrimit, të centrifugimit, si dhe përpunime absorbente, bazë-absorbent ose acid-bazë-absorbent.

Një nga të metat më të rëndësishme të vajit të transformatorit të vajrave mineralë është mundësia e ndezjes dhe ndonjëherë e eksplodimit të tyre. Gazet e krijuara gjatë dekompozimit të vajit, p.sh. nga harku elektrik, në qoftë se bien në kontakt me ajrin, mund të ndizen, po qe se temperatura e tyre në këtë kontakt është $135\div 140^{\circ}\text{C}$.

Letrat e forcuar janë shumë të përdorshme si lëndë izoluese, p.sh. në ndërtimin e transformatorëve, të makinave rrotulluese, të aparateve elektrike etj. Përdoren në formë pllakash, tubash etj. Megjithatë është material shtresor, cilësitë janë të ndryshme për drejtime të ndryshme. Në drejtim të shtresave, cilësitë mekanike janë më të mira, kurse ato elektrike janë më të mira në drejtim pingul me shtresat. Letra e forcuar është mjaft e qëndrueshme kundrejt nxehtësisë, kundrejt veprimit të vajrave minerale dhe përpunohet lehtë. Mund të prodhohet me përmasa mjaft të mëdha, p.sh. cilindra me diametër deri në 2 m dhe gjatësi 3 m. Mund të përdoren edhe në ajër, por me lagështi jo shumë të madhe. Për prodhimin e letrës së forcuar përdoret bakeliti A i krezolit. Forcimi bëhet në temperaturën 160°C , me presion $100 \div 150 \text{ atm}$. Letra e forcuar njihet në teknikë edhe me emrin hetinaks.

Kartoni elektroteknik prodhohet duke presuar disa shtresa letre në gjendje të lagur. Kur duhet të punojë në ajër, ai luçidohet.

Qëndrueshmëria elektrike e kartonëve provohet në gjendjen e tyre të thatë. Ajo varet nga trashësia e kartonit. Për trashësi $0.1\div 0.5 \text{ mm}$, qëndrueshmëria është $11\div 12 \text{ kV}_{\text{ef}}/\text{mm}$; kurse për trashësi $2.5\div 3 \text{ mm}$, $7.5\div 8.5 \text{ kV}_{\text{ef}}/\text{mm}$. Kartoni elektroteknik përdoret si material izolues në kanalet e makinave elektrike me tension të ulët dhe të lartë, për prodhimin e guarnicioneve, si dhe rrothave izoluese. Në përgjithësi kartonët përdoren të imprenjuar.

Mika është mineral kristalor shtresor, i cili mund të ndahet në fletë shumë të holla elastike me qëndrueshmëri termike e mekanike të lartë. Gjithashtu ka qëndrueshmëri të lartë elektrike, rezistencë specifike vëllimore të lartë dhe humbje dielektrike të vogla. Mika nuk shkrihet dhe nuk digjet. Në mikanitin mbushës zakonisht përdoret letra, duke formuar fletë ose shiritat që përdoren për izolimin e pëstjellave.

Xhami ka gjetur përdorim si izolues në formimin e pëlhurave ose shiritave të thurur me fije xhami, me diametër të rendit $0,005 \text{ mm}$, të imprenjuar me rrëshira inorganike. Në varësi të llojit të rrëshirës merren izolime të klasës B, F ose H.

Celuloza përdoret për izolim kryesisht në formën e letrës dhe kartonit. Përftohet nga përpunimi i drurit, pambukut ose materialeve të tjera. Përdoret për izolim të transformatorëve të klasave A dhe E. Vetitë elektrike të saj ndryshojnë në kufij të gjerë në varësi të lagështisë, temperaturës dhe të frekuencës.

Materialet plastike. Përveç materialeve të përmendura më sipër, në izolimin e transformatorëve përdoret edhe një numër i shumëllojshëm materialesh sintetike, të cilat kohët e fundit kanë gjetur përdorim më të madh.

Llaku izolues është një element, i cili pasi vendoset në një sipërfaqe, thahet me avullim ose nga veprimi i një agjenti kimik të përshtatshëm, derisa formon një shtresë të qëndrueshme elastike. Llaku mund të jetë disa llojesh:

1. Llaku vajor është tretësirë e rrëshirave (natyrore ose artificiale) në vajra që thahen (vaj liri, vaj soje etj).
2. Llaku në alkool është tretësirë e bitumeve ose e rrëshirave në tretës avullues si acetoni, alkool, trementinë etj.

Tharja e llakut bëhet nëpërmjet avullimit të tretësit, oksidimit të vajit apo polimerizimit të rrëshirës dhe vajit në temperaturën e mjedisit ose nëpërmjet nxehjes në furrë.

Gjithashtu prodhohen edhe transformatorë të mbushur me gaz SF_6 , i cili nuk digjet, as nuk eksplodon, por problemi i ftohjes në këta transformatorë vështirësohet shumë, gjë që

kufizon fuqinë e tyre. Për të reduktuar këtë të metë janë bërë përpjekje për të realizuar ftohjen, duke përdorur lëngje që avullojnë në temperatura të ulëta.

Janë propozuar dhe provuar shumë teknologji të reja për izolimin. Disa shembuj përmendim fletët plastike dhe shirita në vend të letrave, si dhe fijet sintetike në vend të vajit. Çuditërisht, këto kombinime materiale kanë dështuar në rritjen e cilësisë, sesa materialet natyrore, siç janë vaji mineral dhe fibrat e celulozës.

Në vetitë e materialeve izoluese veprojnë edhe faktorë të tjerë si lagështia, rrezatimi i diellit etj.

Nga të gjitha vetitë e materialeve izoluese duhet të kihet parasysh:

1. Qëndrueshmëria elektrike
2. Përcjellshmëria elektrike
3. Vetitë mekanike
4. Jetëgjatësia.

Në raste të veçanta, në zgjedhjen e materialeve izoluese mund të kërkohen veti të tjera si:

1. Rezistenca elektrike vëllimore
2. Konstantja dielektrike
3. Humbjet dielektrike etj.

2.1.3. Qëndrueshmëria elektrike e hapësirave me vaj

Intensiteti i shpimit të vajrave izolues mineralë, të pastruar me kujdes të veçantë, si dhe në dielektrikë të tjerë të lëngët të pastër, arrin deri në 10^6 V/cm, d.m.th. në vlera të cilat janë karakteristike për qëndrueshmërinë e dielektrikëve të ngurtë. Qëndrueshmëria elektrike e vajrave jo të pastër teknikisht është mjaft më e ulët dhe varet në radhë të parë nga lloji dhe koncentrimi i papastërtive, që luajnë rol të rëndësishëm në proceset e shpimit. Grimcat e ndryshme, të cilat përfshihen në ato që i quajmë papastërti në vaj, shkaktojnë deformimin e fushës elektrike dhe në kushte të caktuara formojnë "ura", gjatë të cilave lehtësohet zhvillimi i shkarkimit.

Lëvizja e grimcave ndodh në fusha të njëtrajtshme, kur konstantja dielektrike e tyre ϵ_0 ndryshon nga konstantja dielektrike e vajit. Në këto raste, grimcat, duke u polarizuar në fushën elektrike, formojnë dipole, të cilat orientohen sipas vijave të forcës së fushës. Në ngarkesat e secilit dipol $q_1=q_2$ veprojnë forca të barabarta në kahe të kundërta E_1q_1 dhe E_2q_2 , ku E_1 dhe E_2 janë intensitetet në pikat ku janë vendosur ngarkesat e dipolit. Kur E_1 është e ndryshme nga E_2 , d.m.th. kur fusha elektrike është jo e njëtrajtshme, ekuilibri i këtyre forcave prishet. Grimcat e ngurta zakonisht kanë $\epsilon_g > \epsilon_v$, kështu që rezultantja e forcave do të jetë e drejtuar nga ana e intensiteteve më të mëdha. Në këtë mënyrë, kur vaji ndodhet nën veprimin e fushës elektrike, grimcat e ngurta grumbullohen në zonën me intensitet të lartë.

Pranë çdo grimce, për $\epsilon_g > \epsilon_v$ ekziston jonjëtrajtshmëria lokale e fushës elektrike, si rrjedhim i së cilës ato do të synojnë të grumbullohen në zinxhir dhe kështu të tërhiqen gjatë vijave të forcës së fushës. Në kushte të caktuara nga zinxhirët formohen "urëzat", të cilat mbulojnë të gjithë hapësirën e shkarkimit ose pjesën më të madhe të saj, dhe më në fund nëpër "urëzat" ndodh shpimi.

Procesi i formimit të "urëzave" dhe të shpimit të vajit vështirësohet nga fakti që zhvendosja paralele e grimcave shkakton një lëvizje intensive të vetë vajit, gjë që pengon formimin e "urëzave". Në hapësirat e mëdha, veçanërisht në rastin e fushave të theksuara jo të njëtrajtshme, lëvizja e vajit bëhet e fuqishme, prandaj formimi i "urave" vështirësohet dhe ndikimi i grimcave në tensionin e shpimit zvogëlohet.

Një papastërti e rëndësishme në vajrat teknike është lagështia. Në sasi shumë të vogla ajo mund të tretet në vaj, duke formuar përzierje molekulare. Në temperaturën 25°C, tretshmëria e lagështisë në vaj është gati 50 milionë pjesë (sipas vëllimit), ndërsa në 80°C ajo rritet afërsisht deri në 500 milionë pjesë. Lagështia në trajtën e përzierjes molekulare praktikisht nuk ndikon në qëndrueshmërinë elektrike të vajit. Rritja e koncentrimin të lagështisë mbi aftësinë tretëse të vajit çon në formimin e emulsioneve, d.m.th. bulëzave të vogla të ujit me diametër 0.01–0.1 mikron. Lagështia në gjendje emulsioni zvogëlon në mënyrë të ndjeshme tensionin e shpimit (figura 2.3).

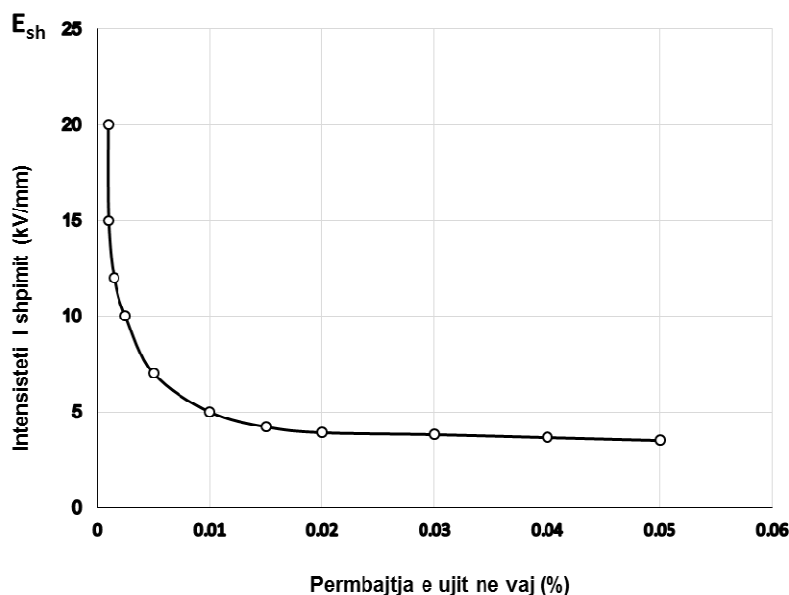


Fig.2.3 Varësia e tensionit të shpimit të vajit të transformatorëve nga koncentrimi i lagështisë

Matje të kryera në enën standarde për tension 50 Hz. Lagështia në trajtë emulsioni ndikon më shumë në uljen e qëndrueshmërisë, mbasi bulëzat e ujit nën ndikimin e fushës elektrike, si dhe grimcat e ngurta tërhiqen në zonat me intensitet të lartë. Ato deformohen duke u zgjatur sipas vijave të forcës. Për një tension të caktuar, i cili varet nga koncentrimi i lagështisë, ndodh bashkimi i bulëzave dhe formohen kanale të holla uji. Si rezultat, fusha elektrike deformohet shumë, sepse konstantja dielektrike e ujit është shumë më e madhe se e vajit. Në vajin ndërmjet grupeve të bulëzave të ujit të deformuara dhe të bashkuara, intensiteti i fushës rritet dhe qëndrueshmëria elektrike e vajit zvogëlohet. Sa më i madh të jetë koncentrimi i lagështisë në trajtë emulsioni, aq më e vogël distanca mesatare ndërmjet bulëzave të ujit dhe, rrjedhimisht, bashkimi i tyre bëhet më lehtë. Për këtë arsye, rritja e lagështisë në vaj shoqërohet me zvogëlimin e qëndrueshmërisë elektrike të tij. Qëndrueshmëria elektrike e vajit zvogëlohet shumë, sidomos kur në vajin me lagështi ka edhe materiale fijore. Me hidroskopicitet të lartë, këto absorbojnë lagështi dhe rritin konstanten e tyre dielektrike, si rrjedhim procesi i tërheqjes së materialeve fijore në zonat me intensitet të lartë të fushës elektrike dhe i formimit të "urave" bëhet aktiv.

Vajrat mineralë kanë aftësi të tretin gazet. Në temperaturën 20°C dhe presion normal, ajri i tretur në vaj përbën rreth 10% të vëllimit të tij. Gazet e tretura, si dhe lëndët e tjera ulin tensionin e shpimit të vajit. Kur koncentrimi i gazeve është i lartë, formohen mikrofilluska, në të cilat janë shumë të favorshme kushtet për formimin e shkarkimit, veçanërisht në stadin e parë. Në figurën 2.4 tregohet varësia e tensionit të shpimit të vajit të padegazuar nga presioni. Me rritjen e presionit, tretja e gazit në vaj rritet, numri i mikrofilluskave

zvogëlohet dhe tensioni i shpimit rritet. Qëndrueshmëria elektrike e vajit të degazuar praktikisht nuk varet nga presioni.

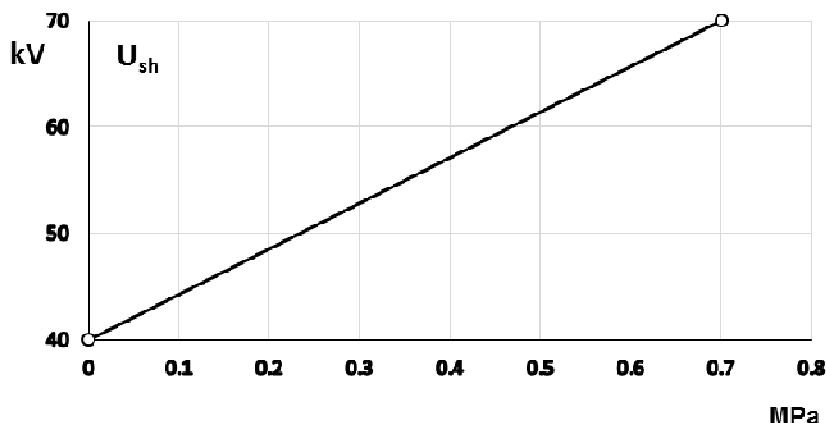


Fig.2.4 Varësia e tensionit të shpimit të vajit të padegazuar nga trysnia.

Natyra e ndërlikuar e shpimit të vajit i jep një pamje të veçantë karakteristikës voltsekondë të hapësirave me vaj (figura 2.5). Cilësia e vajrave izolues përcaktohet duke matur qëndrueshmërinë e tyre elektrike sipas metodikave të përcaktuara nga standardet.

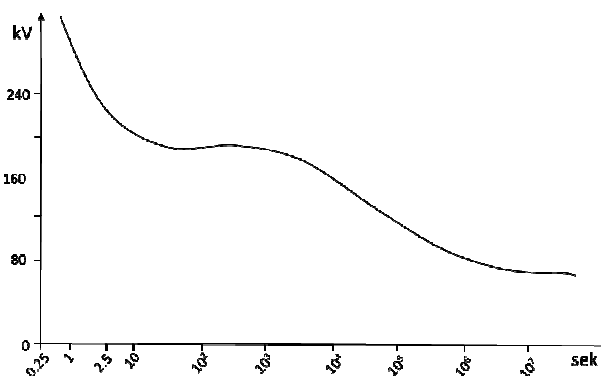


Fig.2.5 Karakteristika voltsekondë e hapësirave në vajin e transformatorëve

Duhet vënë në dukje që, në rastin e fushave të theksuara jo të njëtrajtshme, shkalla e pastrimit të vajit ndikon në tensionin e shpimit me frekuencë industriale. Në hapësirat me vaj, me fushë pothuajse të njëtrajtshme, shkalla e pastrimit të vajit ndikon shumë në qëndrueshmërinë elektrike. Për tensione impulsive dhe largësi të mëdha të hapësirave me vaj, cilësia e vajit ndikon pak si për fushat shumë jo të njëtrajtshme, ashtu edhe për ato pothuajse të njëtrajtshme.

2.1.4. Qëndrueshmëria elektrike e izolimit të mbushur me vaj

Qëndrueshmëria elektrike për kohë të shkurtër e hapësirave me vaj është relativisht jo e lartë, sidomos në rastin e fushave jo të njëtrajtshme. Intensiteti mesatar i shkarkimit në vaj për frekuencën 50 Hz, për hapësirat me fushë të theksuar johomogjene, është 5÷7.5 kV/cm. Prandaj, izolimi vetëm me vaj në konstruksionet e tensioneve të larta është i papërshtatshëm nga ana ekonomike.

Për rritjen e qëndrueshmërisë elektrike të hapësirave me vaj përdoret mbulimi dhe izolimi i elektrodave me izolim të ngurtë, sidomos me shtresa letre kabloje, ose barrierat prej dielektrikësh të ngurtë. Mbulimi bëhet me trashësi të vogël, zakonisht jo më të madhe se

1-2 mm, prandaj fusha elektrike në hapësirën me vaj praktikisht nuk ndryshon. Efekti i mbulimit qëndron në faktin se zvogëlohet shumë probabiliteti i formimit të "urave" të qëndrueshme në vaj. Mbulimi jep efektin më të madh për tensione me frekuencë industriale në hapësirat me vaj, me pastërti dhe në fusha pak johomogjene. Në këto kushte, mbulimi zmadhon tensionin e shkarkimit me 70÷100 %. Me zmadhimin e shkallës së jonjëttrajtshmërisë të fushës elektrike, formimi i "urave" në hapësirën me vaj vështirësohet, si rrjedhim zvogëlohet edhe efekti i mbulimit. Në fusha shumë jo të njëtrajtshme, mbulimin e rrit qëndrueshmëria elektrike në rreth 10÷15%. Në qëndrueshmërinë impulsive dhe për tension të vazhduar, mbulimi nuk jep efekt.

Izolimi i elektrodave në hapësirat me vaj bëhet me trashësi disa dhjetëra milimetra. Përderisa konstantja dielektrike e dielektrikëve të ngurtë është zakonisht më e madhe se ajo e vajit, me izolimin e elektrodave zvogëlohet shumë intensiteti i fushës pranë elektrodave me kurbaturë të vogël. Për këtë arsye, izolimi në dallim nga mbulimi jep efektin më të madh në hapësirat me fushë shumë johomogjene.

Kur elektrodën izolojnë, shkarkimi lind në vaj. Pas shpimit të hapësirës me vaj, praktikisht gjithë tensioni i zbatohet dielektrikut të ngurtë, fusha elektrike në dielektrik deformohet dhe bëhet shumë johomogjene afër kanalit të shkarkimit. Në rast se trashësia e dielektrikut të ngurtë nuk është e madhe, atëherë ndodh shpimi i tij menjëherë dhe procesi përfundon në shpimin e plotë të izolimit.

Kur qëndrueshmëria elektrike e izolimit të ngurtë është mjaft e madhe, atëherë nuk ndodh shpimi i plotë. Në këtë rast, shkarkimet në vaj do të shkaktjnë menjëherë ose pas disa shkarkimesh shkatërrimin e sipërfaqes së dielektrikut të ngurtë. Këto dëmtime të izolimit e nxjerrin jashtë pune konstruksionin izolues.

Prandaj, në konstruksionet që kanë hapësirën me vaj dhe elektroda të izoluara, zakonisht si tension shpimi pranohet tensioni për të cilin ndodh shpimi i hapësirës me vaj, pavarësisht nëse ndodh shpimi i plotë i izolimit ose jo.

Barrierat rritin shumë tensionin e shpimit dhe përdoren në fushat pak a shumë johomogjene. Mirëpo, ndikimi i tyre në fushat me konfiguracione të ndryshme është i ndryshëm.

Në fushat shumë johomogjene, kur barrierat vendosen pranë elektrodës me rreze të vogël, në të grumbullohen ngarkesa (grimca të ngarkuara). Këto ngarkesa shpërndahen në një pjesë të konsiderueshme të sipërfaqes së barrierës, duke i dhënë asaj rolin e një elektrode të thjeshtë. Si rrjedhojë, fusha elektrike ndërmjet barrierës dhe elektrodës me rreze kurbaturë të madhe uniformizohet dhe qëndrueshmëria elektrike zmadhohet.

Sikurse vihet re nga figura 2.6, barriera jep efektin maksimal (për rastin e tensioneve me frekuencës 50 Hz) kur vendoset afër elektrodës me rreze të vogël lakimi, në largësi 15÷25% të largësisë ndërmjet elektrodave. Kur barriera vendoset në pozicion optimal, tensioni i shpimit zmadhohet 2÷2.5 herë.

Në fushat pak jo të njëtrajtshme, barriera e rrit qëndrueshmërinë elektrike, mbasi pengon formimin e "urave". Edhe në këtë rast, pozicioni më i mirë i vendosjes së barrierës është si për fushat shumë johomogjene, dhe tensioni i shpimit zmadhohet 25 – 50 %. Për tensione impulsive, edhe fusha është pak johomogjene; barriera nuk ndikon në rritjen e qëndrueshmërisë elektrike.

Në pajisjet e tensionit të lartë, ku si izolim përdoret edhe vaji, shpesh përdoren disa barriera. Në këto raste barriera, e cila ndodhet pranë elektrodës me një kurbaturë më të vogël, njëtrajtëson fushën elektrike, ndërsa të tjerat veprojnë si në rastin e fushës pak johomogjene.

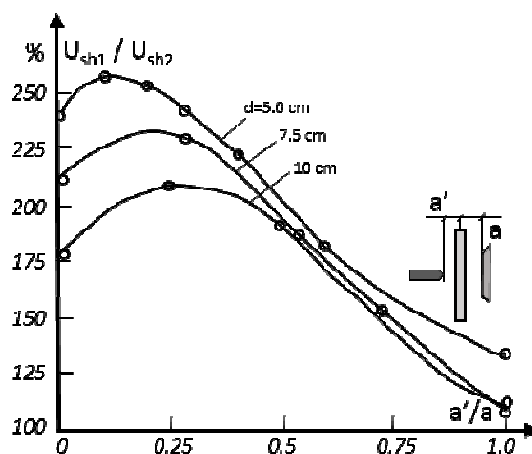


Fig.2.6 Ndikimi i barrierës në tensionin e shpimit të hapësirës me vaj

Në eksperiment janë përdorur barriera-karton elektroteknik me trashësi 2.5 mm, tensioni i shpimit të vajit në kushte standarde 18 kV, U_{sh1} -tensioni i shpimit me barriera dhe U_{sh2} -pa barriera. Tensioni i shpimit të izolimit të mbushur me vaj dhe me barriera në fushat pak johomogjene varet gjithashtu nga qëndrueshmëria elektrike e barrierave dhe rritet afërsisht përpjesëtimor me shumën e trashësive të barrierave, në rast se kjo nuk kalon 25÷30% të largësisë ndërmjet elektrodave. Me rritjen e mëtejshme të trashësisë së barrierave ose numrit të barrierave, rritja e qëndrueshmërisë elektrike është e papërfillshme, mbasi shkarkimet fillojnë të zhvillohen në sipërfaqen e barrierave.

2.1.5. Izolimi i transformatorëve të fuqisë

Izolimi i brendshëm i transformatorëve ndahet në izolim kryesor dhe gjatësor.

- Izolimi kryesor është ai midis pështjellave me klasa të ndryshme tensioni, midis fazave, si dhe i pështjellave kundrejt pjesëve të tokëzuara (bërthamës magnetike, kazanit).
- Izolimi gjatësor përfshin atë midis spirave, bobinave, daljeve dhe elementeve të tjera të së njëjtës fazë.

Deri në kohën e sotme, mjedis kryesor izolues që përdoret në transformatorët është vaji i transformatorit, në kombinim me materiale të ngurta. Këto të fundit përdoren në formë mbulesash, për izolim dhe për barriera.

Izolacioni i transformatorëve të fuqisë, deri në tensionin nominal 35 kV, realizohet mjaft thjeshtë.

Në skajet e pështjellave, për tensione 110 kV e sipër, shkalla e theksuar e jonjështetshmërisë së fushës elektrike detyron intensitete të konsiderueshme të fushës, të cilat mund të zvogëlohen në kufij të lejuar, vetëm duke marrë masa plotësuese, p.sh. duke vendosur barriera rrore, të cilat mbulojnë në mënyrë të kujdesshme hapësirat midis barrierave cilindrike, hapësirat midis fazave dhe kundrejt bërthamës.

Bobinat e para dhe daljet e tensionit të lartë kanë izolim të përforcuar dhe përmasa sa më të vogla, (që të zvogëlohet intensiteti i fushës dhe), për rrjedhim, të zmadhohet qëndrueshmëria në skajet e pështjellave. Unaza kapacitive përmirëson shpërndarjen e tensionit gjatë pështjellës, kur veprojnë mbitemione; njëkohësisht, zvogëlon shkallën e jonjështetshmërisë së fushës elektrike në skajet e pështjellave të tensionit të lartë.

Për tensione nominale 220 kV e sipër, zbatimet konstruktive të transformatorët vështirësohen më tej. Vështirësi më të mëdha lindin për izolimin e skajeve të pështjellave. Për ta zbutur këtë problem, daljet e fazave bëhen nga mesi i pështjellës, pasi në atë

pjesë fusha elektrike ka shkallë njëtrajtshmërie më të madhe se në skaje, për rrjedhojë, pështjella e tensionit të lartë ndahet në dy degë paralele. Të dyja fundet, që përfundojnë në skaje, bashkohen me ato të fazave të tjera, për të formuar neutralin e transformatorit, që ka shkallë izolimi shumë më të vogël.

Izolimet e transformatorëve, të lartpermendur, janë të tipit barrierë-vaj.

Përdorimi i izolimeve letër-vaj është një teknologji më e avancuar, e cila kërkon një realizim kompakt të shtresave të letrës. Për të zvogëluar në minimum boshllëqet, fusha elektrike duhet të bjerë pingul me shtresat e letrës, duhet të zgjidhen problemet e ftohjes, me qëllim që të largohet nxehtësia nga pështjellat. Në këtë lloj izolimi, kërkesa të forta ka për tharjen, imprenjimin dhe degëzimin e izolimit.

Izolimi gjatësor i pështjellave të transformatorëve realizohet me po ato materiale si dhe ai i izolimit kryesor. Përcjellësit e pështjellave mbushen me letër ose letër pambuku, të cilat izolojnë spirat nga njëra-tjetra.

Pështjellat e transformatorëve me tension 6-35 kV, me fuqi të vogël, shpesh realizohen në formë cilindrike me disa shtresa, përmirësimi i kushteve të ftohjes realizohet duke krijuar kanale ku qarkullon vaji në brendësi të pështjellës. Për fuqi më të mëdha të transformatorëve me tension 3 deri në 35 kV, si dhe për tensione 110 kV e sipër, përdoren pështjella të realizuara me bobina të lidhura në seri njëra me tjetrën. Spirat e bobinave realizohen me përcjellës, me seksion katërkëndorë dhe të izoluar me letër.

Midis bobinave, izolimi krijohet me shtresa prej kartoni elektroteknik, si dhe prej kanaleve të vajit, të cilat, njëkohësisht, përmirësojnë kushtet e ftohjes së pështjellës. Krahës pështjellave me bobina, përdoren edhe pështjella me disqe që realizohen me izolim të përforcuar jo vetëm midis spirave që krijon disku, por edhe midis disqeve.

Në regjimet normale të punës, intensiteti i fushës elektrike, që vepron në pika të ndryshme të izolimit kryesor dhe gjatësor të pështjellës, ka vlera të vogla dhe nuk paraqet asnjë problem për izolimin. Por në rast se në pështjellë hyjnë valë mbitensionit të karakterit atmosferik, që kanë front shumë të pjerrët dhe amplitudë të konsiderueshme, në pika të ndryshme të izolimit të pështjellës, si në atë kryesor, ashtu edhe në atë gjatësor, lindin gradiente të mëdhenj tensioni, që rrezikojnë izolimin e saj, sidomos prerja e valës së mbitensionit menjëherë pas kalimit të amplitudës rrezikon edhe më shumë izolimin gjatësor të pështjellave, prandaj, janë pikërisht këto kushte që përcaktojnë nivelin e nevojshëm konstruktiv të izolimit të pështjellave të transformatorëve.

Me masa të rregullta konstruktive, mund të zvogëlohet mjaft rreziku i mbitensioneve në elementët përbërës të izolimit kryesor dhe *gjatësor*.

2.2. Komponentët kryesorë dhe kontrollet që u duhen bërë transformatorëve të mbushur me vaj

2.2.1. Komponentët kryesorë të transformatorëve

Organizata të standardeve si Instituti i Standardeve Kombëtare Amerikane dhe Instituti i Inxhinierëve Elektrikë dhe Elektronikë (ANSI/IEEE), e konsiderojnë jetëgjatësinë e një transformatori rreth 20 deri në 25 vjet. Kjo llogaritje është bazuar në faktin se transformatori punon me fuqinë e tij nominale në një temperaturë ambienti prej 40°C (104°F), dhe mund të ketë rritje të temperaturës deri në 65°C. Kjo përlllogaritje gjithashtu është bazuar në faktin se, transformatorët gjatë kohës që janë në punë do t'u nënshtrohen riparimeve të ndryshme. Normalisht, në rast se transformatori punon në temperaturë ambiente më të ulët dhe me ngarkesë më të vogël, atëherë jetëgjatësia e tij mund të shkojë rreth 40 vjet, por ka jo pak fakte që transformatorët e viteve 1940, 1950 e deri 1970, (edhe pse disa prej tyre kanë dalë jashtë pune), një pjesë e mirë vazhdojnë të

punojnë akoma dhe sot. Kjo rritje e jetëgjatësisë vjen nga një mirëmbajtje e përshtatshme, si dhe kryerja e analizave të vazhdueshme dhe cilësore. Në mënyrë figurative, komponentët kryesorë tregohen në figurën 2.8.

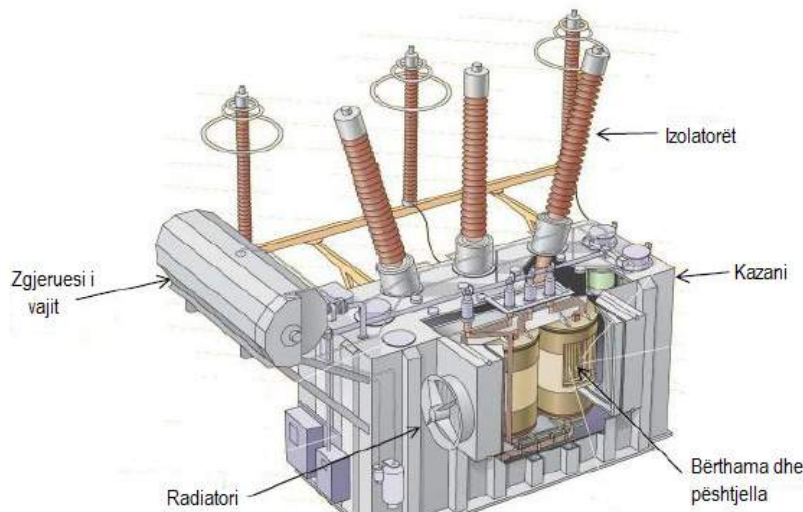


Fig.2.8 Komponentët kryesorë të transformatorëve

Pjesa më e madhe e transformatorëve përbëhen nga komponentët e mëposhtëm:

1. Bërthama. Bërthama e transformatorit është e ndërtuar nga fleta shumë të holla çeliku (zakonisht 0.3-0.5 mm) për të minimizuar humbjet. Dy tipat bazë të bërthamës janë drejtkëndësh dhe të kryqëzuar.
2. Pështjellat. Përcjellësit e pështjellave janë në formë drejtkëndëshe. Çdo përcjellës është i izoluar nga letra prej celuloze. Ekzistojnë tri kategori kryesore të ndërtimit të pështjellave, që përdoren dhe që vendosen në bërthamën e transformatorit. Ato janë forma spirale, disk dhe në formë shtresore. Ndërmjet këtyre tri kategorive ka shumë ndryshime. Disa pjesë të pështjellave janë të ndërtuara për të rritur ose për të ulur numrin e dredhave, në mënyrë që tensioni i daljes të mund të rregullohet.
3. Kazani. Kazanët e transformatorëve janë të ndërtuar për lloje të ndryshme të bërthamave dhe transformatorë të ndryshëm. Të gjithë kazanët e transformatorëve janë të projektuar për t'i bërë ballë një vakumi të plotë dhe një presioni të brendshëm për të lehtësuar punën e bërthamës dhe të pështjellave. Kazanët janë të mbushur me vaj. Ata gjithashtu duhet të përballojnë presione maksimale gjatë punës, si dhe duhet të përballojnë peshën e vajit brenda transformatorit.
4. Pjesa e ndryshimit të koeficientit (OLTC). OLTC është një pajisje që përmban një rrugë kalimi të rrymës, që është e lidhur në pështjellën e rregullimit të transformatorit. Qëllimi i tij është për të ndryshuar koeficientin e transformimit. Në këtë mënyrë, tensioni ndryshohet nën ngarkesë pa ndërprerje të furnizimit me energji elektrike. Raporti i pështjellave ndryshohet duke shtuar ose pakësuar numrin e dredhave.
5. DETC (ndryshimi i koeficientit kur transformatori është i de-energizuar). Ky lloj tipi i ndryshimit operon kur transformatori është i de-energizuar, ndryshe nga OLTC që operon nën ngarkesë. Qëllimi i DETC është që të ndryshojë tensionin e daljes, duke ndryshuar raportin e dredhave të transformatorit. DETC-të standarde kanë pesë pozicione, duke përfshirë edhe pozicionin neutral.
6. Izolatorët kalimtarë. Dy llojet më të zakonshme të izolatorëve kalimtarë janë: izolatorët kalimtarë me porcelan të ngurtë në transformatorët e vegjël dhe izolatorët kalimtarë të mbushur me vaj në transformatorët e mëdhenj. Izolatorët kalimtarë përfaqësojnë lidhje kritike midis pështjellave dhe daljes jashtë për transmetimin e energjisë. Për aplikime në tensione të larta, izolatorët kalimtarë në përgjithësi janë të

mbushur me vaj. Ky lloj i izolatorëve kalimtarë ka një përcjellës kryesor rrethuar nga vaji, që është i mbështjellë nga izolatori i sipërm dhe i poshtëm, si dhe një fillanxhë metalike.

7. Pajisjet ftohëse. Transformatorët në përgjithësi kanë një sistem vetëftohës (ftohje me konvesion dhe rrezatim) dhe sistem ftohje nga jashtë (ventilator dhe/ose pompa). Transformatorët me vetëftohje në shumicën e kohës së tyre nuk janë të ngarkuar plotësisht. Procesi i ftohjes brenda transformatorit realizohet nga rrjedhja e vajit nga pjesa e sipërme e transformatorit, përmes shkëmbimit të ngrohjes, përmes pompave dhe në fund të transformatorit.

2.2.2. Kontrollat që u duhen bërë transformatorëve

Gjatë kontrollit që i bëjmë transformatorit, duhet të shikojmë me kujdes të dhënat për temperaturën dhe për nivelin e vajit. Në rast se temperatura, presioni ose niveli i vajit nuk ndryshon edhe me ndryshimin sezonal të temperaturave dhe me ndryshimet e ngarkesës, atëherë diçka nuk shkon me këtë transformator. Ka mundësi që treguesit të jenë prishur dhe kanë ngecur në një vlerë të caktuar, ose të dhënat e plotësuara nuk janë të sakta.

Kazani i transformatorit duhet të kontrollohet për korrozion të mundshme dhe për rrjedhje të vajit. U duhet kushtuar vëmendje e veçantë izolatorëve kalimtarë, valvulave, radiatorëve, si dhe pjesëve më të ulëta të transformatorit. Pjesët e korroduara duhet të lyhen me bojë.

Termometrat e vajit të transformatorëve zakonisht janë me pjesë spirale, e cila vendoset brenda në vaj. Me rritjen e temperaturës së vajit, ky i fundit do të zgjerohet dhe si rrjedhojë do të hapë spiralen e instrumentit. Këto kanë edhe shigjeta treguese, që janë me kontakte elektrike për të dhënë alarme dhe për të filluar punën e ventilatorëve në rast të rritjes së temperaturës.

Treguesit e nivelit të vajit duhet të inspektohen pas çdo muaji në punën e çdo transformatori, si dhe pas çdo 3 deri në 5 vjet duhet të kontrollohen. Këto janë pajisje me mekanizma notuese, të cilat edhe këto kanë mekanizma të çiftuara magnetikisht. Me rritjen e nivelit të vajit, mekanizmi notues rrotullon njërin nga magnetet në brendësi të kazanit. Një magnet tjetër i jashtëm ndjek këtë të fundit dhe tregon nga ana vizuale nivelin e vajit. Niveli normal është vendosur për temperaturën 25°C. Duke parë nivelin e temperaturës, duhet të kemi një nivel të caktuar të vajit. Nëse transformatori është në ngarkesë të plotë, atëherë temperatura e tij do të jetë më e lartë dhe si rrjedhojë edhe niveli i vajit do të jetë më i lartë. Në rast se transformatori është i de-energizuar, atëherë niveli duhet të tregojë nivelin që i korrespondon temperaturës 25°C.

Pajisjet e presionit janë mbrojtja e fundit kundër presioneve të larta të brendshme. Në rast avarie apo të një lidhje të shkurtër, vaji që rrethon pikën e lidhjes së shkurtër do të avullojë, duke krijuar një rritje të menjëhershme të presionit. Nqs. se pajisja e presionit nuk vepron dhe presioni nuk shkarkohet brenda disa milisekondash, atëherë kazani i transformatorit do të shpërthejë dhe do të shpërndajë në një zonë të madhe vajin e transformatorit, i cili do të jetë në flakë. Këto pajisje nuk duhet të lyhen, pasi boja mund të bëhet pengesë për lëvizjen e shigjetave.

2.3. Defektet në transformatorët e fuqisë

Për të kuptuar arsyet e përdorimit të DGA-së si metodë që diagnostikon defekte në transformator, duhen analizuar defektet që ndodhin, kushtet në të cilat lindin këto defekte dhe pasojat e tyre.

2.3.1. Defektet nga kushtet anormale të operimit të transformatorëve në rrjet

Transformatorët punojnë në rrjet me kushtet anormale si më poshtë:

1. *Mbitensionet në rrjet.* Pavarësisht se cili mund të jetë shkaku i një vale mbitensionit, ajo është një valë bredhëse me amplitudë të madhe tensioni, që transmetohet nëpërmjet rrjetit energjetik dhe godet transformatorët e fuqisë. Kur transformatori goditet nga kjo valë mbitensionit, izolimi midis dredhave mund të dëmtohet dhe mund të shkaktohet lidhje e shkurtër midis spirave. Mbitensionet në rrjet mund të jenë mbitensionet e proceseve kalimtare nga fenomeni i ferrorrezonancës, mbitensionet e shkaktuara nga komutimet në rrjet dhe mbitensionet nga shkarkimet atmosferike. Masat që merren për të reduktuar këto mbitensione janë instalimi i shkarkuesve dhe i rrufepritësve në nënstacionet elektrike.
2. *Mbingarkesat në rrjet.* Shkaktojnë rritjen e temperaturës në pështjellat e transformatorit nga rritja e humbjeve në bakër. Transformatorët mund të punojnë përkohësisht në kushtet e mbingarkesës. Kohëzgjatja e gjendjes së mbingarkesës që përballon transformatori varet nga temperatura fillestare dhe nga kushtet e ftohjes në transformator.
3. *Mbieksitimi.* Kur tensioni i hyrjes në transformator rritet mbi vlerën nominale ose frekuenca e rrjetit bie nën vlerën nominale, amplituda e fluksit që përshkon bërthamën e transformatorit rritet dhe transformatori kalon në kushtet e mbieksitimit. Këto kushte shkaktojnë rritjen e rrymës së magnetizimit të transformatorit dhe rritjen e humbjeve në çelik. Përveç kësaj, rryga që ndjek fluksi devijon nga bërthama e transformatorit. Fluksi përshkon pjesët metalike, përfshirë dhe kazanin e transformatorit. Në kushtet e mbieksitimit, rritet vlera e komponentes që përshkon bulonat e bërthamës, çka shkakton rritjen e temperaturës së bulonave. Për pasojë, dëmtohet izolimi i vetë bulonave dhe nëse përshkallëzohet mbieksitimi, dëmtohet izolimi i pështjellave të transformatorit.
4. *Lidhja e shkurtër në rrjet.* Shkakton rritjen e temperaturës në pështjellat e transformatorit nga rritja e humbjeve në bakër. Humbjet në bakër janë në përpjesëtim të drejtë me katrorin e rrymës së lidhjes së shkurtër. Tabela 2.3 tregon kohën që mund të durojë një transformator pa u dëmtuar kur ndodh një lidhje e shkurtër. Si rezistencë ndaj rrymës merret vetëm rezistenca induktive.

Tab.2.3 Koha që duron transformatori pa u dëmtuar

Reaktanca e transformatorit në përqindje (%)	Amplituda e rrymës së lidhjes së shkurtër (shumëfishi i rrymës nominale)	Koha që duron transformatori pa u dëmtuar (sec)
4	25	2
5	20	3
6	16.6	4
7	14.2	5

Rymat e lidhjes së shkurtër me amplitudë të lartë shkakton mbingarkesa të mëdha në transformator. Këto mbingarkesa konkretisht janë forcat elektrodinamike që ushtrohen ndërmjet pështjellave me njëra-tjetrën.

2.3.2. Defektet e brendshme në transformator

Transformatorët e mbushur me vaj në punën e tyre normale janë të ndikuar nga ngarkimi i tyre, nga veprimi i rritjes së temperaturës etj., duke i bërë ata më të prirur për t'u dëmtuar. Ka disa faktorë që ndikojnë në performancën e transformatorit, gjë e cila mund të çojë në dëmtimin e tij.

Disa nga shkaqet më të zakonshme janë prishja e izolimit të letrës, ndotja e vajit, lagështia, mbingarkesat, lidhjet e dobëta; faktorë të jashtëm si ndriçimi, zjarri, përmytja, ndërtimi dhe materialet me probleme.

Pasojat e dëmtimit të transformatorit në aspektin e kostos mund të kuptohen nga shpërndarja e të gjitha dëmtimeve, siç tregohet në figurën e mëposhtme.

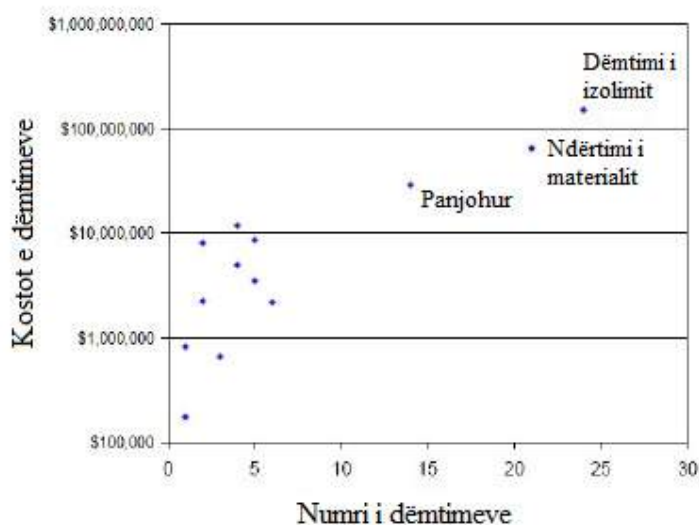


Fig.2.9 Frekuenca e dëmtimit të transformatorit në aspektin e kostos

Dëmtimi i izolimit të letrës ka frekuencën më të lartë dhe impaktin më të madh të kostos, e ndjekur nga ndërtimi i materialit. Interesant është dëmtimi i panjohur, që është kontribuesi i tretë më i madh nga dy të parat në aspektin e kostos.

Faktorët kryesorë që çojnë në dëmtimin e transformatorit të fuqisë janë si më poshtë:

1. Dëmtimi i izolimit të letrës

Ashpërsia e izolimit të letrës dhe degradimi i saj është vështirë të përcaktohet. Sforcimet mekanike dhe elektrike të materialit izolues të letrës natyrisht e zvogëlojnë jetëgjatësinë e saj. Transformatori ka dy lloje izolimi kryesor të letrës, që janë letra Kraft dhe letër e presuar. Izolimi midis pështjellave, i ndërtuar për t'u mbrojtur kundër shkarkimit midis pështjellave të transformatorit, është bërë nga letra Kraft, izolimi ndërmjet bobinave të një pështjelle të transformatorit është e bërë zakonisht prej letrës së presuar.

Shumë faktorë kontribuojnë në prishjen e izolimit të letrës, të cilët eventualisht mund të çojnë në dëmtimin e saj.

Këto përfshijnë, por nuk kufizohen vetëm në to: ngrohjen, oksidimin, aciditetin, lagështinë, forcat mekanike, mbitemensionet dhe formimin e flukseve. Izolimi i letrës është i

nënshtuar nga ndikimet termike për shkak të ngrohjes së shkaktuar nga kalimi i rrymës nëpër pështjella, si dhe nga ndikimet për shkak të reaksioneve kimike që ndodhin brenda materialit.

Këto zvogëlojnë vetitë izoluese të letrës, dhe pas dobësimit të izolimit të pështjellave mund të shkaktohet dëmtimi i transformatorit.

2. Ndotja e vajit

Në transformatorët e mbushur me vaj, ndotja e këtij të fundit është një faktor kryesor në vjetrimin e tij.

Dy janë shkaqet e ndotjes së vajit, prania e grimcave dhe lagështia.

Ndotja në vaj mund të çojë në formimin e flluskave, ato shkaktojnë oksidimin dhe zvogëlojnë forcën dielektrike të vajit.

Ndotja dhe grimca të tjera gjithashtu mund të grumbullohen në vaj, duke ulur forcën izoluese, përveç kësaj, për shkak të shkarkimeve elektrike dhe termike që ndodhin brenda në transformator, molekulat e hidrokarbureve treten në vaj, gjë që çon në përkeqësim të mëtejshëm të vetive izoluese të vajit. Duke matur nivelet e gazeve të veçanta të tretura në vaj, mund të identifikohen llojet e dëmtimeve që ndodhin brenda në transformator.

3. Lagështia

Rritja e lagështisë në kazanin e transformatorit të mbushur me vaj është një tregues se midis terminalit të tensionit dhe kapakut kemi një dëmtim. Vlerësimi i përmbajtjes së lagështisë në vaj duhet të bëhet gjithashtu duke marrë në konsideratë edhe përmbajtjen e lagështisë në materialin izolues të letrës. Ky vlerësim konkludohet zakonisht nga tabelat e ekuilibrit të lagështisë.

4. Mbingarkesat

Mbingarkesa përfaqëson një gjendje në të cilën transformatori i nënshtrohet një ngarkese të specifikuar për periudha të zgjatura kohe. Kjo shkaktën dëmtime termike dhe elektrike në transformator, duke zvogëluar në këtë mënyrë cilësinë e tij. Degradimi është më i përshpejtuar në transformatorët e vjetër.

5. Lidhjet e dobëta

Lidhjet e dobëta mund të shkaktohen nga lidhjet jo të mira midis përcjellësve. Ato krijojnë dëmtime termike dhe lëkundje, të cilat mund të çojnë në formimin e copave prej metali në vaj.

6. Ndërtimi i materialeve

Ka shumë faktorë që mund të lindin nga ndërtimi i dobët ose përdorimi i materialeve me cilësi të ulët, duke përfshirë lidhjet jo të mira, saldim jo të mirë, izolim të pamjaftueshëm, forcat e lidhjeve të shkurta dhe objekteve të huaja në kazanin e transformatorit.

Një dëmtim i izolimit të transformatorit shkaktën lidhje të shkurtra në të. Këto lidhje të shkurtra (me tokën, midis fazave apo midis spirave) mund të shkaktojnë shkallë të mëdha dëmtimi në pështjellat dhe në bërthamën e transformatorit. Për më tepër, nëse amplituda e rrymës së lidhjes së shkurtër arrin vlera të larta, shkaktohet rritja e presionit të vajit izolues, gjë e cila mund të shkaktojë dëmtimin e kazanit të transformatorit.

7. Lidhjet e shkurtra

- a) *Lidhjet e shkurtra me tokën.* Një kontakt metalik ose një shkarkim elektrik ndërmjet një pështjelle dhe një pjese të tokëzuar, siç janë bërthama ose kazani, shkakton lidhje të shkurtër me tokën.
- b) *Lidhjet e shkurtra.* Një lidhje e shkurtër midis fazave do të shkaktojë një rritje kritike të rrymës. Vlera e kësaj rryme varet nga rezistenca e plotë e burimit dhe nga rezistenca reaktive e transformatorit.
- c) *Lidhjet e shkurtra midis spirave.* Transformatorët e lidhur në rrjetin e transmetimit janë më të ekspozuar nga valët e mbitensionit atmosferik me amplitudë shumë të lartë, si dhe me front të pjerrët. Këto valë godasin transformatorin dhe tensioni midis spirave të pështjellës së tij rritet aq shumë, sa mund të shkaktojë shpimin e izolimit midis tyre. Ky fenomen mund të ndodhë edhe në pështjellën e tensionit të ulët, sepse vala e mbitensionit transmetohet dhe tek ajo pështjellë.
- Lidhjet e shkurtra midis spirave ndodhin edhe si pasojë e lidhjeve të shkurtra jashtë transformatorit. Në këtë rast lindin forca të mëdha elektrodinamike (për shkak të mbirrymave që rrjedhin në pështjellat e transformatorit), të cilat dëmtojnë izolimin në transformator. Një shkallë e lartë e dëmtimit të izolimit shkakton lindjen e lidhjeve të shkurtra midis dredhave të një pështjelle.

8. Defektet në bërthamën e transformatorit

Prishja e strukturës së petëzuar në cilëndo zonë të bërthamës do të shkaktojë rrjedhjen e rrymave fuko, me vlerë të mjaftueshme për të shkaktuar mbinxehjen e kësaj zone të bërthamës. Ndonjëherë ndodh që të dëmtohet izolimi i bulonave (që përdoren për të shtrënguar fletët e çelikut me njëra-tjetrën), gjë që shkakton rrjedhjen e rrymave fuko në bulona. Kjo shkakton mbinxehje si në rastin e parë. Këto dy fenomene që shkaktojnë mbinxehje rrisin humbjet e fuqisë në çelik, por nuk shkaktojnë ndryshime në rrymat e pështjellës parësore dhe dytësore. Kjo e bën të pamundur detektimin e tyre nga skemat normale të mbrojtjes. Është e rëndësishme që të detektohen këto zona të nxehura në transformator përpara se të përshkallëzohet dëmtimi dhe të ndodhin lidhje të shkurtra në transformator. Mbinxehja e këtyre zonave shkakton dëmtimin e vajit izolues dhe shkaktojnë çlirimin e gazrave që treten në vaj.

2.3.3. Llojet e dëmtimeve në transformator

Në rastin e transformatorëve, llojet e dëmtimeve mund të klasifikohen si defekte elektrike, termike, mekanike dhe kimike, siç tregohet në tabelën 2.4. Ka parametra të ndryshëm që lidhin llojet e defekteve. Një diagnozë e saktë për një lloj defekti të veçantë është detyrë e vështirë për t'u përcaktuar me përdorimin e parametrave të matur, për shkak të mbivendosjes së tyre për lloje të ndryshme dëmtimesh. Përveç kësaj, mungesa e njohurive të vendndodhjes së këtyre defekteve brenda transformatorit bën që diagnostikimi i një problemi të jetë më i vështirë.

Tab.2.4 Llojet e dëmtimeve të transformatorit

Klasifikimi	Dëmtimi
Elektrike	Shkarkimet e pjesshme
	Harku elektrik
	Elektriciteti statik
	Shkarkimet kurorë
	Avari në dielektrik

Mekanike	Grimca në vaj
	Përkeqësim i izolimit
	Vibrime të bërthamës dhe pështjellës
	Veshje e pompës së vajit
	Filluska ajri në vaj
	Dëmtimi i OLTC
Termike	Rritje e temperaturës mbi 500°C
	Mbinxehje e celulozës
	Goditje nga rrufeja
	Filluska lagështie
Kimike	Ndryshkje e hekurit
	Kontakt i ujit me shtresat e zinkut
	Lagështi në vaj
	Formimi i acideve dhe llumrave
	Dipolimerizimi i celulozës

2.3.4. Fenomenet dëmtuese në transformator

Si pasojë e defekteve të përmendura më sipër, në transformator lindin fenomene dëmtuese si:

1. Mbinxehja

- Lidhjet e shkurtra jashtë dhe brenda transformatorit shkaktojnë rritjen e temperaturës së pështjellave. Një tjetër arsye janë kontaktet e këqija mekanike, që shkaktojnë rritjen e rezistencës aktive, rritjen e humbjeve dhe mbinxehjen e përcjellësve. Në transformator mund të mbinxehen edhe pjesët metalike jopercjellëse për shkak të fenomeneve të lartpërmendura. Mbinxehja e transformatorit dëmton izolimin e tij, shkurton jetëgjatësinë e izolimit dhe atë të transformatorit.
- *Rrymat qarkulluese të pështjellave.* Këto rryma lindin kur janë të lidhur dy ose më shumë transformatorë në paralel me fuqi të barabartë, por me tension të l.sh. të ndryshëm ose kur dy transformatorë me fuqi të ndryshme s'kanë të shpërndarë njëtrajtësisht ngarkesat midis tyre.
- *Rrymat qarkulluese në bërthamë dhe kazanin e transformatorit.* Shkaqet e lindjes së këtyre rrymave janë shpjeguar më lart. Lindja e këtyre rrymave shkakton mbinxehje në bërthamë dhe kazanin e transformatorit, çka dëmton izolimin e transformatorit.

2. Humbjet kurorë

Nëse fenomeni i shkëputjes së elektroneve përshkallëzohet dhe formohet një ortek elektronesh, atëherë në transformator ndodhin shkarkime elektrike.

3. Hark elektrik

Shkarkimi elektrik në formë harku përfaqëson një shkarkim të pavarur. Ai karakterizohet nga një dendësi e lartë rryme, si dhe nga një temperaturë jashtëzakonisht e lartë në transformator.

4. Shkarkimet e pjesshme

Në izolimin e pajisjeve të tensionit të lartë, *shkarkimet e pjesshme (SHP)* lindin në mbylljet gazore të izolimeve të ngurta ose në shtresat e dielektrikut të lëngët. Mbylljet gazore mund të shfaqen në izolim në procesin e përgatitjes së tij ose gjatë shfrytëzimit si pasojë e veprimit të ngarkesave mekanike, veprimit të SHP etj. Zakonisht, përmasat e mbylljes gazore nuk janë më të mëdha se disa pjesë të milimetrit dhe përbëjnë një pjesë jashtëzakonisht të vogël të trashësisë së përgjithshme të dielektrikut. Megjithatë, ato përfaqësojnë në vetvete pika të dobëta të izolimit, pasi gazet kanë qëndrueshmëri elektrike më të vogël se dielektrikët e ngurtë dhe të lëngët. Për shkak të ndryshimit të konstanteve dielektrike ndërmjet gazit dhe dielektrikut të ngurtë ose të lëngët, intensiteti i fushës në mbylljen gazore është më i lartë se në pjesën tjetër të dielektrikut. Për këto arsye, gjatë zbatimit të tensionit në izolim, SHP lindin më parë në mbylljet gazore.

Veprimet shkatërruese të SHP. Shkatërrimi i izolimit nën veprimin e SHP ndodh kryesisht nga bombardimi i dielektrikëve me elektrone të shpejta, që çlirohen nga kanalet e shkarkimeve. Vlera absolute e energjisë, që çlirohet nga shkarkimet, është shumë e vogël, por ajo, duke vepruar në një sipërfaqe shumë të vogël të mbylljes gazore, bën që aty të ndodhë një rritje e menjëhershme e temperaturës, nganjëherë prej disa qindra gradësh. Për rrjedhojë, ndodhin shkatërime të dielektrikut në vëllime shumë të vogla dhe kur shkarkimet vazhdojnë, vëllimi i dëmtuar zmadhohet, duke krijuar kanale të ngushta, të cilat zvogëlojnë qëndrueshmërinë elektrike derisa mund të ndodhë shpimi i dielektrikut sipas rrugëve të parapërgatitura nga shkarkimet e pjesshme.

Shpejtësia e shkatërrimit të izolimit varet si nga intensiteti i shkarkimeve, ashtu edhe nga vetitë fiziko-kimike të dielektrikëve që përbëjnë izolimin. Disa dielektrikë si mika dhe porcelani kanë qëndrueshmëri të lartë ndaj shkarkimeve të pjesshme dhe mund t'u rezistojnë atyre për një kohë të gjatë pa u dëmtuar, ndërsa shumica e dielektrikëve shkatërrohen shpejt nga shkarkimet. Për këtë arsye, puna për një kohë të gjatë e izolimit mund të sigurohet vetëm kur shkarkimet e pjesshme zhvillohen me një intensitet të kufizuar. Duhet theksuar se shkaku kryesor i vjetërimit elektrik të izolimit janë shkarkimet e pjesshme.

Dëmtimet në transformatorët e fuqisë mund të klasifikohen në kategoritë e mëposhtme: harku elektrik, kurora elektrike, mbinxehje e celulozës dhe mbinxehje e vajit. Këto defekte ose dëmtime mund të jenë shkak për një ose më shumë dëmtime të tjera, të cilat tregohen në tabelën 2.5. Ky klasifikim është standard, por jo i vetmi në përdorim.

Tab.2.5. Lidhja midis shkaqeve dhe dëmtimeve në transformatorin e fuqisë

Shkaku	Dëmtimet			
	Harku	Kurora	mbinxehje e celulozës	Mbinxehje e vajit
Lidhje e shkurtër midis spirave të pështjellës	X		X	
Lidhje e shkurtër midis pështjellave	X		X	
Mosfunksionim i OLTC	X			
Shtrembërim apo zhvendosje e pështjellës		X	X	
Shtrembërim apo zhvendosje e metaleve		X	X	
Lidhje të dobëta midis terminaleve	X	X		
Lagështi ose ujë në vaj	X	X		
Grimca metalike	X	X		

Lidhje të dobëta nga mburoja e kurorës		X		
Bashkimet e dobëta, ndarësit, lidhja e bërthamës me tokën, mbajtësit e bërthamës në një kënd		X		
Dëmtim i drejtpërdrejt			X	
Mbingarkesat			X	X
Dëmtimi i izolimit të zgjedhës				X
Ndryshkja ose dëmtime të tjera në bërthamë				X
Dëmtim i kazanit				X
Bllokim i qarkullimit të vajit				X
Mosfunksionimi i sistemit të ftohjes				X

Sipas tabelës 2.5, një lloj dëmtimi mund të ketë më shumë se një shkak. Kjo e bën gjetjen e vendit të dëmtimit shumë të vështirë. Prandaj, praktikat e sotme shpesh janë ndaluar në diagnozën e dëmtimit dhe rrallë arrijnë në vendndodhjen e defektit duke përdorur vetëm DGA-në.

Teste të tjera bëhen për të gjetur zonën e defektit dhe shkaqet me saktësi. Diagnostikimi i transformatorëve të fuqisë kërkon pajisje speciale dhe të cilësisë së mirë. Në disa raste ekspertiza e transformatorit mund të jetë e nevojshme për të bërë diagnostikimin gjatë punës ose jo, i cili kërkon pajisje më të fundit dhe eksperiencë. Në figurën 2.10 tregohet metodologjia për vlerësimin e përgjithshëm që i bëhet transformatorit, që lidh mirëmbajtjen dhe diagnostikimin.

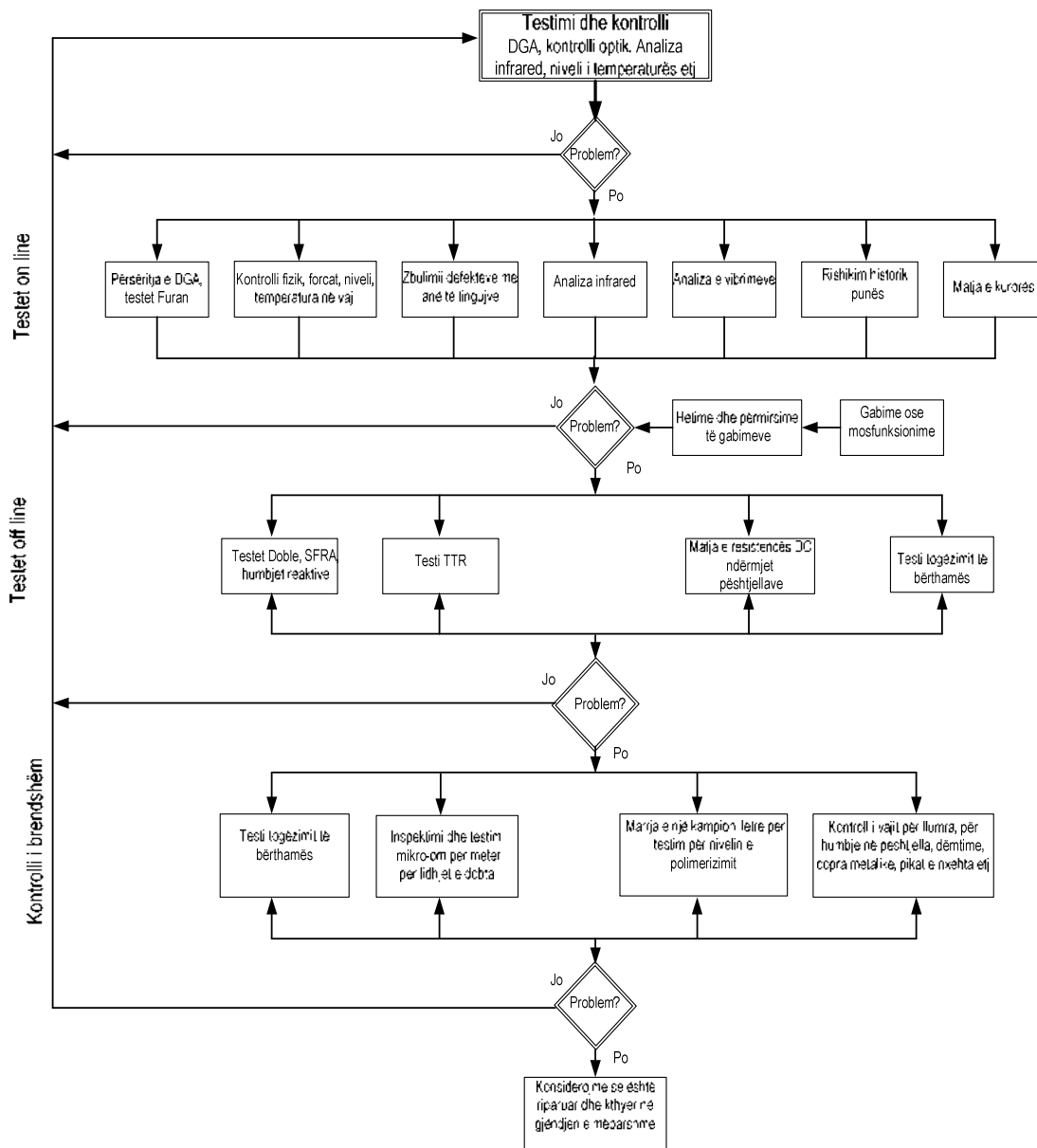


Fig.2.10 Metodologjia e diagnostikimit të transformatorit

Ka shumë lloje të ndryshme të transformatorëve, parimet themelore të projektimit, operimit dhe mirëmbajtjes zbatohen në të gjitha llojet e transformatorëve, ekzistojnë dallime të konsiderueshme në disa fusha të aplikimeve të tyre..., megjithatë, diagnoza e dëmtimit është mjaft e mirë për të siguruar informacion e nevojshëm, e cila shërben si bazë për ndjekjen e një strategjie për mirëmbajtje. Për këtë qëllim, DGA ka qenë mjet kyç për diagnostikimin e dëmtimeve të transformatorit të fuqisë. DGA përfshin tri kategori të mëdha tepër të suksesshme: metoda e raporteve të gazeve, metoda e gazit kryesor dhe metodat inteligjente.

KAPITULLI 3

GAZET QË FORMOHEN NË TRANSFORMATORËT E FUQISË DHE VLERËSIMI ME DGA

3.1. Hyrje

Për të analizuar gazet në vajin e transformatorëve të fuqisë përdoret metoda e quajtur DGA (analiza e gazeve të tretura). Vëmë në dukje se kjo analizë nuk është e besueshme në rast se transformatori ka qenë i de-energizuar dhe është ftohur, kur transformatori është i ri ose kur ky i fundit ka më pak se 1 deri në 2 javë në shërbim pas një procesimi më parë me vajin e tij.

Të gjithë transformatorët gjenerojnë gazra në një masë të caktuar në temperatura normale gjatë punës së tyre. Dy shkaqet kryesore të formimit të gazeve brenda në transformator janë dëmtimet elektrike dhe termike.

Transformatorët janë shumë kompleksë. Vjetrimi, veprimet dhe reaksionet kimike, fushat elektrike, fushat magnetike, tkurrjet dhe bymimi si rezultat i ndryshimit të temperaturës, ndryshimet e ngarkesës dhe forca të tjera ndërveprojnë në brendësi të kazanit të transformatorit. Nga ana e jashtme kemi luhatje të mëdha të temperaturave të ambientit, fusha magnetike e tokës, avaritë e ndryshme, graviteti etj.

Konsultimi me të tjerët, eksperiencia, studimet, krahasimi i analizave të mëparshme, mbajtja e historisë së transformatorit etj. do bëjnë të mundur rritjen e jetëgjatësisë së tij.

Në vajin e transformatorëve, përveç ujit dhe papastërtive të tjera, gjenden edhe gaze të llojeve të ndryshme. Defektet e ndryshme japin gaze të ndryshme. Gjithashtu këto gaze varen edhe nga energjia, e cila çlirohet gjatë dëmtimit (p.sh. energjia e një lidhjeje të shkurtër ndërmjet spirave). Kemi procese, të cilat çlirojnë pak energji sikurse janë shkarkimet e pjesshme, që prodhojnë hidrogjen (H_2), si dhe gjurmë metani dhe etani, por nga ana tjetër kemi edhe procese, të cilat çlirojnë shumë energji, p.sh. sikurse janë harqet e qëndrueshme, që janë të aftë të prodhojnë të gjitha llojet e gazeve, duke përfshirë edhe acetilenin (C_2H_2) i cili kërkon energjinë më të lartë për t'u krijuar.

Nga degradimi i vajit të transformatorit dhe i letrës izoluese na formohen gazet si: hidrogjeni (H_2), metani (CH_4), etani (C_2H_6), etileni (C_2H_4), acetileni (C_2H_2), monoksidi i karbonit (CO) dhe oksigjeni (O_2). Përveç monoksidit të karbonit dhe oksigjenit, të gjitha gazet e tjera formohen nga vetë degradimi i vajit. Monoksidi i karbonit (CO), dyoksidi i karbonit (CO_2) dhe oksigjeni (O_2) formohen nga degradimi i celulozës (letrës). Dyoksidi i karbonit, oksigjeni, nitrogjeni (N_2) dhe papastërtitë e ndryshme mund të vijnë gjithashtu edhe si rezultat i kontaktit të vajit me ajrin (në rast se p.sh. kemi një dëmtim në kazanin e transformatorit).

Gazet e krijuara janë të matura në pjesë për milion nga vëllimi (ppmv/v). Kjo njësi matëse përdoret zakonisht për nivele të vogla të lëndëve që duam të matim. Njësia ppm (pjesë për milion) është raporti ndërmjet komponentit që duam t'i matim lëndës dhe sasisë së lëndës. Ajo jepet $ppm = 1000000 mc/ms$, ku mc është masa e komponentit dhe ms është masa e lëndës. Në sistemin metrik ppm mund të shprehet në termat e miligramit (mg) kundrejt kilogramit (kg), $1mg/kg = 1ppm$. Pra, një miligram në një kilogram është 1ppm (nga masa). Një litër (L) ujë i pastër në $4^{\circ}C$ dhe një presioni standard atmosferik peshon 1kg, kështu që $1mg/L$ është 1ppm. Njësia ppm mund të përdoret edhe në njësitë e vëllimit, e cila matet si masë për njësi të vëllimit, si mg/litër, mg/dm^3 etj. Një litër uji peshon 1000 gramë ose 1 milion miligramë. Prandaj, 1mg në 1 litër është 1 milion miligramë ose 1 pjesë për milion. Njësia ppm mund të shprehet edhe në %. P.sh $1ppm = 0.0001\%$, $1000 ppm = 0.1\%$.

Përbërjet karakteristike të gazeve të formuara në përqindje nga harku dhe shkarkimet e pjesshme tregohen në figurën 3.1. Përbërja karakteristike e gazeve për shkak të mbinxehjes të vajit dhe të letrës, shkarkimi kuror dhe harku tregohen në figurën 3.2. Përqindja e shpërndarjes së gazeve mund të ndryshojë në varësi të vëllimit të vajit dhe temperaturës. Prandaj, krijimi i standardeve të krijimit të gazeve për lloje të ndryshme të

transformatorëve do të lehtësonte punën në studimin e tyre. Figura 3.2 tregon se harku dhe kurora krijojnë një përqindje të madhe të hidrogjenit (H_2), por përqindjet më të larta të krijimit të acetenit (C_2H_2) janë nga harku sesa nga kurora.

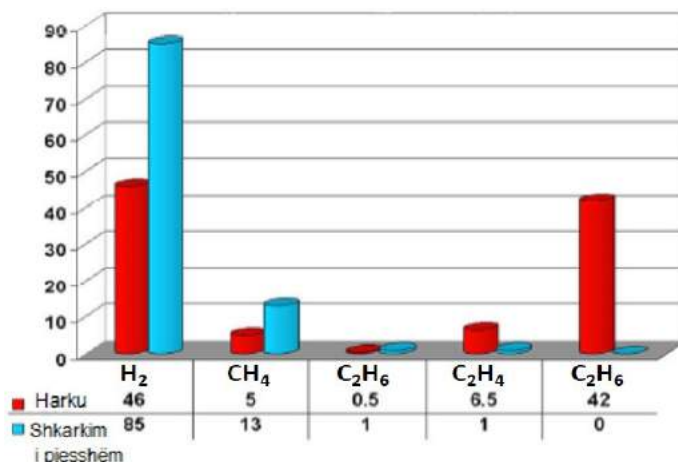


Fig.3.1 Shpërndarja e gazeve në % të krijuar nga dëmtimet e harkut dhe shkarkimeve të pjesshme

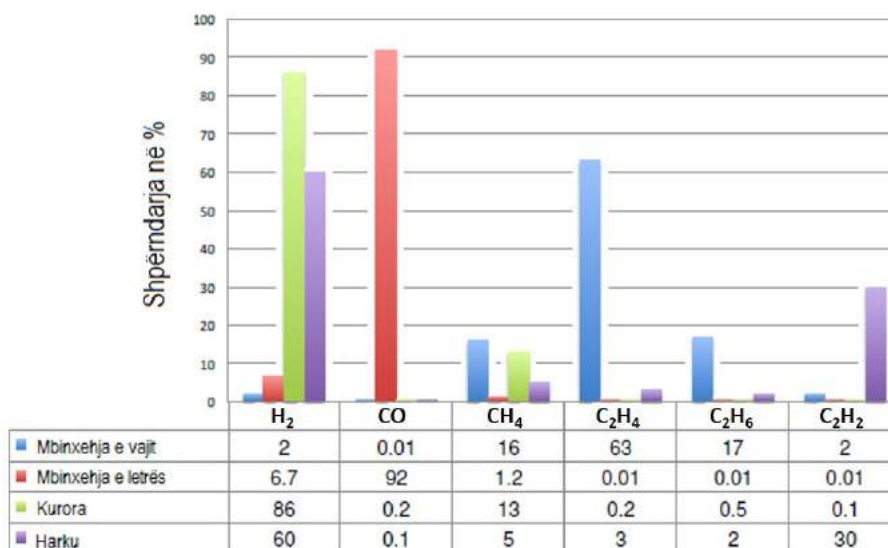


Fig.3.2 Përbërja karakteristike e gazeve të gjeneruara për shkak të mbinxehjes së vajit dhe letres, kurora dhe harkut

3.2. Arsyet e përdorimit të DGA

Analiza e Gazave të Tretura në vajin e transformatorit shërben për të monitoruar gjendjen operuese të transformatorit në rrjet dhe është e aftë të detektojë defektet në transformator në fazën e tyre fillestare. Në këtë mënyrë, operatori mund të marrë masa për parandalimin e përshkallëzimit të defektit, pra shmanget dëmtimi i transformatorit dhe ndërprerja me energji e konsumatorëve. Metoda DGA përdor si informacion gazet që çlirohen në vaj si pasojë e rritjes së temperaturës në vaj. Temperatura e vajit rritet kur ka defekt në transformator.

Rëndësia që ka transformatori si nyje lidhëse në sistem, e bën të domosdoshëm aplikimin e metodës DGA. Siç e thamë, DGA analizon gjendjen e transformatorit duke monitoruar

periodikisht sasinë e gazeve të tretura në vaj. Kjo ka ndihmuar në identifikimin e defekteve në fazën e tyre fillestare. Pas identifikimit të këtyre defekteve merren masat parandaluese ndaj zhvillimit të mëtejshëm të tyre dhe shmanget gjendja e avarisë në transformator. Në rastet kur nuk është aplikuar metoda DGA, defektet në transformator shpeshherë s'janë detektuar dhe transformatori ka pësuar avari. Ky fenomen shoqërohet me pasoja të rënda financiare për kompaninë që ka këtë aset në pronësi të saj. Nëse dëmtimi në transformator ka pasoja të rënda dhe transformatori mund të dalë jashtë funksionit, kompania ka humbur një aset shumë të shtrenjtë. Një pasojë tjetër është ndërprerja e furnizimit me energji elektrike e konsumatorit, e cila shoqërohet me humbje monetare ndaj kompanisë; por dëmin më të madh monetar mund ta pësojnë klientët, sepse mungesa e energjisë shkakton ndërprerjen e aktivitetit normal të një institucioni apo kompanie.

Kështu, DGA është një teknikë parandaluese që shërben për detektimin e shpejtë të defekteve në transformator dhe shmanget gjendjen e avarisë. Shembulli i dëmtimit të një transformatori ilustron në figurën 3.3. Dëmtimi ka ndodhur në një transformator transmetues, që ka shpërthyer dhe ka marrë flakë. Kjo ka shkaktuar ndërprerjen e furnizimit me energji të konsumatorëve, e cila është shoqëruar me një dëm të madh financiar për kompaninë transmetuese.



Fig.3.3 Shpërthimi i një transformatori të sistemit të transmetimit

Për shkak të kërkesës së pandërprerë të furnizimit me energji, transformatorët e fuqisë janë gjatë gjithë kohës të lidhur në rrjet. Ata mund të shkyçen nga rrjeti vetëm kur dëmtohen ose gjatë periudhës së mirëmbajtjes.

Procesi i mirëmbajtjes kryhet me qëllim sigurimin e kushteve të mira të operimit të tyre në rrjet. Dhe për procesin e mirëmbajtjes shpenzohet **një shumë e madhe parash**. Megjithatë, kur transformatori operon në rrjet për një kohë të gjatë, ai është i ekspozuar ndaj ngarkesave termike dhe elektrike. Këto lloj defektesh mund të shkaktojnë dëmtimin e materialit izolues dhe do të shkaktohej çlirimi i produkteve gazore. Nëse sasia e këtyre të fundit e kalon kufirin normal, rrezikohet shpërthimi i transformatorit. Edhe nëse nuk shpërthen transformatori, dëmtimi i izolimit shkurton jetëgjatësinë e tij, që përsëri përkthehet në kosto financiare për kompaninë.

Pajisja që aplikon metodën DGA është e instaluar në transformator. Kjo kryen monitorimin në kohë reale të gjendjes së transformatorit. Nga rezultatet që nxjerr kjo pajisje mund të ndërmerren veprimet e duhura për kryerjen e mirëmbajtjes apo riparimin

e transformatorit. Duhet theksuar se, në terma ekonomikë, kostoja e monitorimit ia vlen të justifikohet nëse është më e ulët se kostoja e avarisë që do të ndodhë tek transformatorët, dhe është e sigurt që e para është më e ulët se e dyta.

DGA është pjesë integrale e operimit të Rrjetave Inteligjente (Smart Grid). Këto rrjeta janë rrjeta elektrike të modernizuara, që përdorin teknologjinë e informacionit dhe të komunikimit në mënyrë automatike, me qëllim përmirësimin e eficiencës, qëndrueshmërisë dhe sigurisë së prodhimit dhe shpërndarjes së energjisë elektrike. Për ndërtimin e këtyre rrjetave duhen mjete monitoruese për vlerësimin në kohë reale të gjendjes së pajisjeve që operojnë në rrjet. Monitorimin në kohë reale të transformatorit e kryen pajisja që aplikon DGA-në.

Në mënyrë të përmbledhur paraqesim arsyet e përdorimit të metodës DGA:

1. Paralajmërim i shpejtë kur po zhvillohen defekte në transformator.
2. Sinjalizon kur pajisja përdoret në kushte të papërshtatshme.
3. Kontrollon statusin e pajisjeve të reja dhe të riparuar.
4. Përcakton një program të përshtatshëm për riparimin e pajisjes.
5. Monitoron pajisjen në kushtet e mbingarkesës.

3.3. Vlerësimi me DGA

Transformatorët më të rëndësishëm të fuqisë janë të mbushur me vaj për dy arsye. Vaji luan rolin e një materiali dielektrik (i cili është një izolator) dhe rolin e një mjeti transmetues të nxehtësisë. Zakonisht, fluidet e vajit izolues janë përbërje të hidrokarbureve të ngopura që quhen parafinë, molekula bazë e së cilës është $C_{2n+2}H_{4n+4}$, ku n -ja është në intervalin nga 20 deri në 40. Materiali izolues i celulozës është një substancë polimere. Këto molekula lidhen me njëra-tjetrën për të formuar lidhje në formë zinxhiri prej hidrogjeni dhe karboni. Struktura kimike e vajit izolues është treguar në figurën 3.4.

Gazet	Struktura molekulare
Vaji mineral/Parafina C_nH_{2n+2}	$ \begin{array}{cccccccc} H & H & H & H & H & H & H & H \\ & & & & & & & \\) & C & C & C & C & C & C & C & II \\ & & & & & & & \\ H & H & H & H & H & H & H & H \end{array} $
Hidrogjen H_2	$H-H$
Metan CH_4	$ \begin{array}{c} H \\ \\ H-C-H \\ \\ H \end{array} $
Etan C_2H_6	$ \begin{array}{cc} H & H \\ & \\ H-C & -C-H \\ & \\ H & H \end{array} $
Etilen C_2H_4	$ \begin{array}{cc} H & H \\ & \\ C & =C \\ & \\ H & H \end{array} $
Acetilen C_2H_2	$H-C \equiv C-H$
Dioksid Karboni CO_2	$O=C=O$
Monoksid Karboni CO	$C \equiv O$
Oksigjen O_2	$O=O$
Azot N_2	$N \equiv N$

Fig.3.4 Struktura molekulare e vajit dhe e gazeve të tretura

Në kushte normale ndodh gjithmonë një degradim i ngadaltë i vajit, gjë që çon në çlirimin e gazeve që treten në vaj. Megjithatë, kur ndodh një defekt elektrik brenda transformatorit, vaji fillon të degradojë dhe temperatura e tij rritet përtej parametrave normale. Kjo do shkaktojë gjenerimin e disa gazeve me një ritëm të shpejtë. Tipat e ndryshëm të lidhjeve të shkurtra në transformator çlirojnë energji me intensitete të ndryshme, gjë që shkakton çlirimin e llojeve të ndryshme të gazeve. Ky fenomen ndodh për shkak të këputjes së zinxhirit të strukturës kimike të vajit izolues, si pasojë molekula e shkëputur do të formojë një strukturë të re, që është e njohur si gazet hidrokarbure ose gazet e lidhjes së shkurtër.

Shkaqet e formimit të këtyre gazeve ndahen në 3 kategori: kurora ose shkarkim i pjesshëm, pirolizë ose nxehje termike dhe hark elektrik. Intensiteti më i lartë i energjisë së çliruar i përket harkut elektrik, më të vogël e ka intensitetin nxehja termike dhe e fundit është kurora. Figura 3.5 ilustron këputjen e zinxhirit të strukturës molekulare të vajit për shkak të fenomeneve të lartpërmendura.

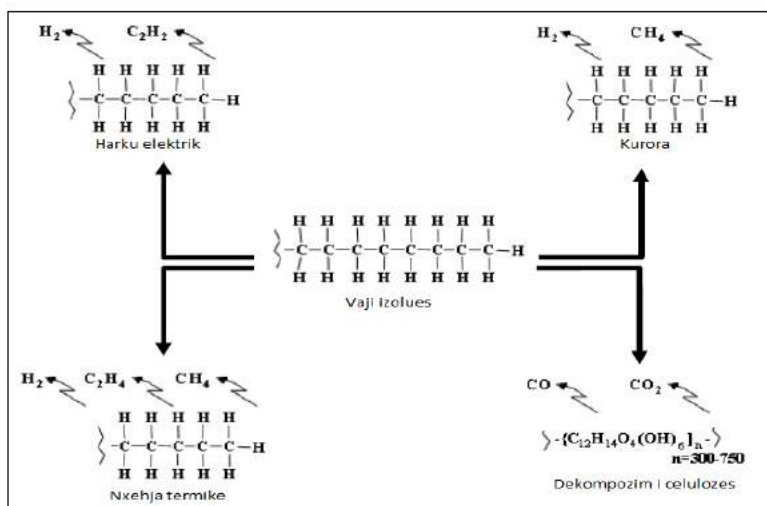


Fig.3.5 Procesi i këputjes së zinxhirit të strukturës molekulare, i shkaktuar nga harku elektrik, kurora, nxehja termike dhe dekompozimi i celulozës.

Më poshtë janë renditur shkaqet që shkaktojnë rritjen e temperaturës së vajit e cila shkakton degradimin e vajit:

- Mbingarkesa;
- Shkarkim elektrik;
- Proceset kalimtare që lindin gjatë kyçje-shkyçjeve të çelësave;
- Dekompozimi kimik i vajit ose i materialit izolues;
- Zonat e mbinxehura të pështjellave të transformatorit;
- Lidhjet e këqija mekanike që kanë rezistencë të lartë elektrike.

Prania e tipit të gazit në provëzën e marrë nga vaji i transformatorit bën të mundur gjetjen e fenomenit dëmtues që po ndodh në transformator. Kjo realizohet duke analizuar tipin dhe sasinë e gazeve që gjenden në vaj.

Fenomenet e dëmtimeve në transformator përshkruhen më poshtë:

- Harku elektrik.

Harku elektrik është fenomeni më i rëndë për transformatorin. Prodhoen sasi të mëdha hidrogjeni dhe acetileni të shoqëruar me sasi të vogla metan dhe etilen. Harku elektrik ndodh kur ka rryma të larta dhe shoqërohet me temperatura të larta. Nëse preket dhe celuloza, nga harku elektrik formohet gjithashtu dyoksid karboni dhe monoksid karboni. Në disa raste vaji mund të karbonizohet.

- Nxehja termike/Piroliza.

Çlirohen etilen dhe metan së bashku me sasi të vogla të hidrogjenit dhe etanit. Nëse lidhja e shkurtër ka efekt të rëndë ose nëse mbinxehen kontakte elektrike, çlirohet dhe acetilen.

- Kurora.

Kurora është dëmtim elektrik me intensitet të ulët energjie. Shkarkimet me energji të vogël shkaktojnë çlirimin e molekulave hidrogjen dhe metan të shoqëruar me sasi të vogla të etanit dhe etilenit. Nëse ndodh shkarkim në celuloze çlirohen sasi të konsiderueshme të dyoksidit të karbonit dhe monoksidit të karbonit.

- Mbinxehja në celulozë.

Nga mbinxehja e celulozës shkaktohet çlirimi i sasive të mëdha të monoksidit dhe dyoksidit të karbonit. Nëse dëmtimi përfshin dhe vajin e transformatorit, atëherë çlirohen dhe gaze hidrokarbure.

Për të aplikuar metodën DGA duhet marrë provëza e vajit nga brenda transformatorit. Më pas, në provëzën e vajit do të kryhet analiza e kromatografit për të përcaktuar përqendrimin e gazeve të tretura. Më pas gazet e shkëputura nga vaji ndahen, identifikohen dhe përcaktohet sasia e secilit prej tyre dhe mund të aplikohet metoda DGA për të përfutur diagnoza të besueshme. Gazet e marra nga provëza për analizë janë Hidrogjeni (H_2), Metani (CH_4), Etani (C_2H_6), Etileni (C_2H_4), Acetileni (C_2H_2), Monoksid Karboni (CO), Dyoksid Karboni (CO_2), Azot (N_2), Oksigjen (O_2). Këto gaze mund të klasifikohen në 3 grupe, siç tregohet në tabelën e mëposhtme.

Tab.3.1 Klasifikimi i gazeve

Grupi	Hidrogjeni dhe Hidrokarburet	Oksidet e Karbonit	Gazet që s'kanë lidhje me dëmtimin
Gazet	$H_2, CH_4, C_2H_6, C_2H_4, C_2H_2$	CO, CO_2	N_2, O_2

Në varësi të gazit të çliruar mund të gjendet lloji i dëmtimit në transformator ndërsa në varësi të sasisë së çliruar të gazit mund të gjendet shkalla e dëmtimit të transformatorit. Kjo bën të mundur për ekspertin të identifikojë llojin e lidhjes së shkurtër, duke u bazuar në tipin e gazeve të çliruara dhe përqendrimin e tyre. Për shembull, harku elektrik mund të shkaktojë rritje të përqendrimit të gazit acetilen të tretur në vaj. Detajet për llojet e defekteve dhe lidhjen e tyre me gazet e tretura në vaj tregohen në tabelën 3.2.

Tab.3.2 Llojet e defekteve, materialet e përfshirë dhe gazet e çliruara

Defekti	Materiali i përfshirë	Gazet e çliruara
Kurorë/Shkarkimi i Pjesshëm	Vaji	H_2
	Celuloza	H_2, CO, CO_2
Nxehje Termike/Pirolizë	Vaj-temperaturë e ulët	CH_4, C_2H_6
	Vaj-Temperaturë e lartë	$C_2H_4, H_2 (CH_4, C_2H_6)$
	Celulozë-temperaturë e ulët	$CO_2 (CO)$
	Celulozë-Temperaturë e lartë	$CO_2 (CO)$
Hark Elektrik	Vaj/Celulozë	$C_2H_2, H_2 (CH_4, C_2H_6, C_2H_4)$

3.4. Studimi i karakteristikave të gazit për zbulimin e defekteve të transformatorit

Studimi i karakteristikave të gazit të letrës dhe të vajit nga dëmtimet elektrike dhe termike ka filluar pas viteve 1930. Një punë të madhe ka bërë Halsted në studimin e gazeve. Më pas studime të ngjashme vazhduan, sidomos në degradimin e letrës. Para Halsted, ishte studiuar se nga ndikimet elektrike dhe termike, mbi molekulat e hidrokarbureve të vajit mineral, mund të dekompozohen dhe të formojnë hidrogjen e fragmente hidrokarburesh dhe se këto fragmente mund të kombinohen me njëri-tjetrin për të formuar gazet hidrogjen (H_2), metan (CH_4), etan (C_2H_6), etilen (C_2H_4), acetilen (C_2H_2) etj.

Gjithashtu është gjetur se çdo gaz është i varur nga temperatura e krijimit të tij. Halstedi propozoi një model termodinamik që përshkruan marrëdhënien midis temperaturës së dëmtimit dhe karakteristikës së gazit, i cili supozon se të gjitha hidrokarburet e vajit janë të dekompozuar në të njëjtin produkt dhe çdo produkt është në ekuilibër me të tjerët.

Shkalla e zhvillimit të çdo gazi mund të llogaritet në çdo temperaturë, kështu që marrëdhënia midis prodhimit të gazit dhe temperaturës mund të merret për secilin gaz. Në figurën 3.6 tregohen këto marrëdhënie. Studimi i këtyre marrëdhënieve zbulon se gazet kriohen në rendin rritës të temperaturës: $H_2 \rightarrow CH_4 \rightarrow C_2H_6 \rightarrow C_2H_4 \rightarrow C_2H_2$. Hidrogjeni është gjeneruar në temperatura të ulëta, ndërsa acetileni është gjeneruar në temperatura të larta.

Degradimi i izolimit të ngurtë të transformatorit është diagnostikuar sipas shumës dhe raportit të monoksidit të karbonit (CO) dhe dyoksidit të karbonit (CO_2). Shuma e tyre është gjetur për të vlerësuar nëse temperatura është rritur në mënyrë drastike mbi $140^\circ C$ - $150^\circ C$. Megjithatë, kjo gjetje nuk është e mjaftueshme për ta përcaktuar si teknikë përfundimtare për diagnostikimin, sepse CO dhe CO_2 mund të jenë të pranishëm në transformatorët e thjeshtë si pasojë e veprimit afatgjatë të temperaturës. Studiuesit kanë gjetur se CO dhe CO_2 mund të absorbohen nga materiali izolues i letres pasi është gjeneruar.

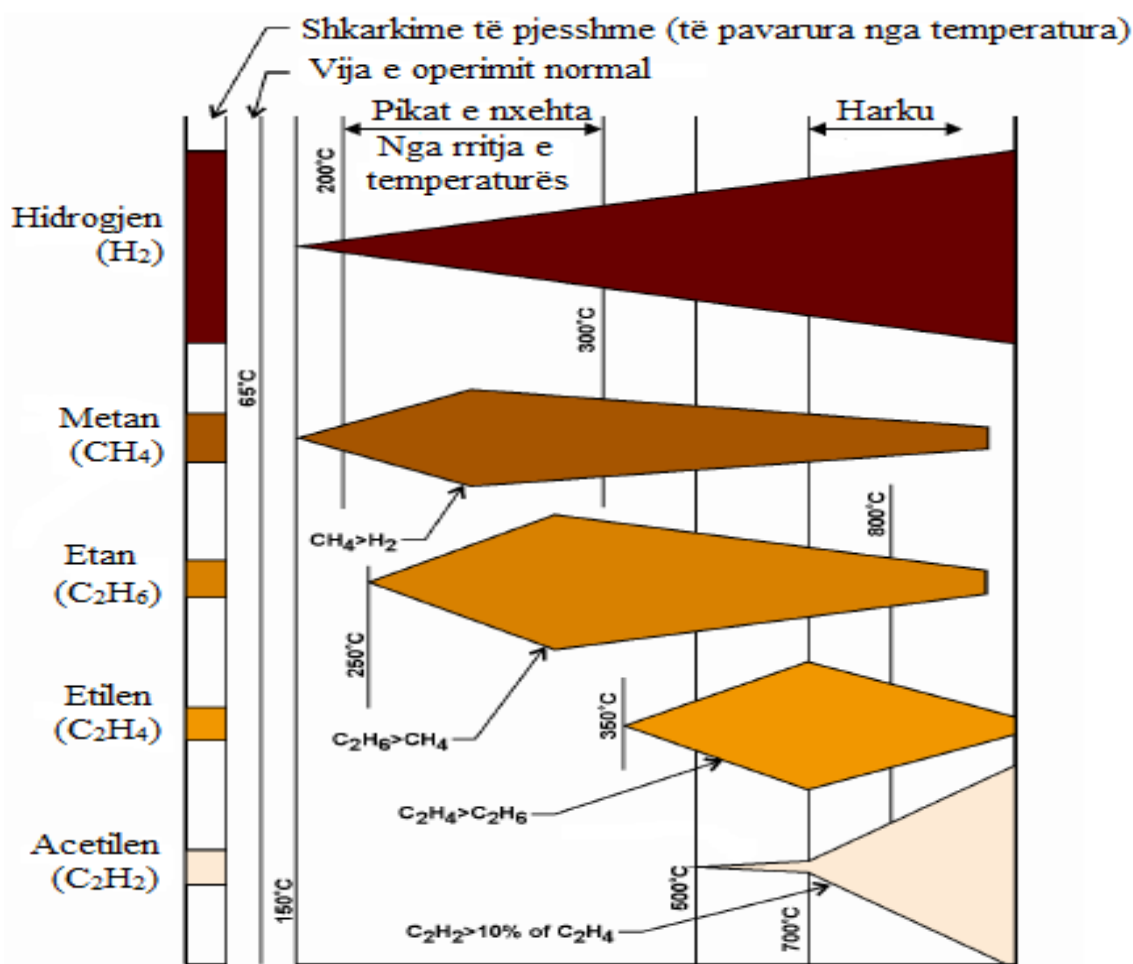


Fig.3.6. Temperaturat dhe gazet e formuara gjatë avarive

Sikurse mund ta shikojmë edhe nga figura e mësipërme, hidrogjeni dhe metani fillojnë të formohen në sasi të vogla rreth temperaturës $150^\circ C$. Në temperaturën rreth $250^\circ C$ fillon prodhimi i gazit etan (C_2H_6). Në temperaturat rreth $350^\circ C$ fillon dhe prodhohet gasi etilen (C_2H_4). Gazi acetilen fillon të prodhohet rreth temperaturave $500^\circ C$ e $700^\circ C$. Në të shkuarën, ekzistenca e një sasive të vogël të gazit të acetilenit (C_2H_2) merrej si një indikator për ekzistencën e temperaturës të paktën prej $700^\circ C$. Megjithatë, zbulimet e

kohëve të fundit kanë treguar se për shkak të nxehtësisë (pikat e nxehta 500°C) mund të krijohen gjurmë të gazit acetilen (ppm).

Sasi e madhe e acetilenit mund të prodhohet në rastet kur kemi harqe të brendshme, të cilat kalojnë temperaturat prej 700°C. Duhet theksuar se ndërmjet temperaturave 200°C dhe 300°C, prodhimi i metanit e kalon atë të hidrogjenit. Duke filluar nga temperatura 275°C e sipër, prodhimi i etanit e kalon atë të metanit. Në temperaturat rreth 450°C, prodhimi i hidrogjenit i kalon të gjithë elementët e tjerë deri në temperaturën rreth 750°C-800°C, pasi në këtë temperaturë prodhohet acetilen.

Duhet të theksohet se sasi të vogla të gazeve si hidrogjen, metan dhe dyoksid karboni prodhohen edhe gjatë kalimit të kohës. Dekompozimi i vajit me të cilin imprenjohet celuloza prodhon monoksid karboni (CO), dyoksid karboni (CO₂), hidrogjen (H₂), metan (CH₄) dhe oksigjen (O₂).

Dekompozimi i celulozës fillon nga temperatura 100°C ose dhe në temperaturë më të ulët. Si rezultat është thelbësore që transformatori i fuqisë duhet që të punojë në temperaturë më të ulët se 90°C. Avaritë e brendshme do të prodhojnë “pikat e nxehta” dhe normalisht temperaturë shumë herë më të larta se 90°C.

Në tabelën e mëposhtme 3.3 jepen normat e gazeve në vajin e transformatorëve, të dhëna të cilat janë marrë nga International Electrotechnical Commission (Komisioni Ndërkombëtar i Elektroteknikës) IEC 60599.

Tab.3.3. Llojet e gazeve dhe limitet e tyre

Gazi	L1 limitet	G1 limitet (ppm për muaj)	G2 limitet (ppm për muaj)
H ₂	100	10	50
CH ₄	75	8	38
C ₂ H ₂	3	3	3
C ₂ H ₄	75	8	38
C ₂ H ₆	75	8	38
CO	700	70	350
CO ₂	7000	700	3500

Në qoftë se njëri nga gazet prodhohet me vlera sa G1 (10 % e limitit të muajit) ose dhe më shumë, atëherë këtij transformatori duhet t'i kushtohet vëmendje. Duhet të reduktohet ngarkesa e tij, të parashikohen intervale të tjera analizash etj.

Në qoftë se ndonjëri nga gazet e prodhuara është në sasi sa limitet G2 (50 % e limitit të muajit), atëherë ky transformator duhet të konsiderohet se është në gjendje kritike. Në këtë rast duhet të planifikohet një remont i transformatorit.

Në qoftë se kemi prezencën e një harku (prodhim të gazit C₂H₂), ose kur kemi nivele të larta të gazeve të tjera (kur kalohen limitet e G2), atëherë transformatori duhet të nxirret nga përdorimi.

Gazet etan (C₂H₆) dhe etilen (C₂H₄) zakonisht quhen gaze të metaleve të nxehta.

Kur kemi prodhim të këtyre gazeve, por jo të acetilenit, problemi në transformator zakonisht ka të bëjë me nxehjen e metaleve. Në këtë mund të përfshihen: kontaktet e dobëta, ose një lidhje e dobët diku në qark.

Duhet të përmendim se defekte (si ato që kanë shkaqe elektrike dhe ato termike) mund të ndodhin në të njëjtën kohë ose njëra mund të shkaktojë tjetrën.

Në tabelën e mëposhtme 3.4 do të tregojmë shkaqet e mundshme dhe pasojat e mundshme të gazeve në vajin e transformatorit të dhëna të marra nga IEC 60599. Transformatorët janë aq kompleks, sa nuk është e mundur që të paraqiten të gjitha shkaqet dhe pasojat në një tabelë të vetme, por më poshtë do të tregohen ato më kryesoret.

Tab.3.4 Llojet e gazeve dhe shkaqet e krijimit

Gazet	Avaritë e mundshme të cilat mund ta kenë shkaktuar.	Arsyeja e mundshme e ndodhjes.
H ₂ , gjurmë të mundshme të CH ₄ dhe të C ₂ H ₆ . Ndoshta edhe CO.	Shkarkime të pjesshme (kurora)	Dobësim izolimi nga vjetrimi dhe nga lodhja elektrike.
H ₂ , CH ₄ (disa CO në qoftë se shkarkimi përfshin edhe letrën izoluese). Gjurmë të mundshme të C ₂ H ₆ .	Shkarkime të cilat kanë një energji të vogël	Mundësi të ekzistencës të pjesëve përbërëse të karbonit në vaj. Ekzistencë e gjurmëve të karbonit në letrën izoluese.
H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄ si dhe C ₂ H ₂ në sasi të konsiderueshme. Në qoftë se C ₂ H ₂ vazhdon të gjenerohet atëherë harku vazhdon akoma të digjet. CO do të jetë prezent në qoftë se po nxehet letra izoluese.	Shkarkime me energji të lartë (harqet elektrike)	Shkrirje të metaleve (lidhje të dobëta), izolimi i dobët si dhe lodhje elektrike. Vaj i karbonizuar. Letra izoluese shkatërrohet n.q.s ndodhet në rrugën e shkarkimit ose mbinxehet.
H ₂ , CO	Avari termike me temperaturë më pak se 300°C në një zonë afër letrës izoluese (ose kur kjo e fundit po nxehet).	Mbingarkim dhe/ose problem në ftohjen e transformatorit.
H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄ , CO	Avari termale me temperatura ndërmjet 300°C dhe 700°C.	Letra izoluese është shkatërruar. Vaji është totalisht i karbonizuar.
Të gjitha gazet e mësipërme, si dhe acetileni janë në sasi të larta.	Harqe me energji shumë të lartë me temperatura 700°C e sipër.	Harku mund të ketë shkaktuar një defekt termik.

Gazet prodhohen në përpjesëtim të drejtë me rritjen e temperaturës. Me largimin nga pika ku ka ndodhur avaria, temperatura fillon e ulet, por në pikën e avarisë vlera e saj është më e larta dhe këtu vaji e letra do të prodhojnë sasi të mëdha të gazeve. Gjithashtu kjo sasi gazesh varet nga qarkullimi i vajit dhe nga koha.

3.5. Tretshmëria e gazeve në vaj

Tretshmëria e gazeve në vaj varet shumë nga temperatura dhe presioni. Kjo tretshmëri varet në përpjesëtim të drejtë me presionin, ndërsa varësia nga temperatura është shumë komplekse. Tretshmëria e hidrogjenit, nitrogjenit, monoksidit të karbonit dhe oksigjenit rritet dhe zvogëlohet në mënyrë proporcionale me temperaturën. Tretshmëria e dyoksidit të karbonit, acetilenit, etilenit dhe etanit ndryshojnë në mënyrë shumë të

zhdrejtë me ndryshimet e temperaturës. Me rritjen e temperaturës, tretshmëria e këtyre gazeve ulet dhe anasjelltas.

Në tabelën 3.5 janë marrë vlerat e temperaturës dhe të presionit standard 25°C (77°F) dhe 14.7psi (760.33704 mmHg, e cila është një presion barometrik standard në nivelin e detit). Në këtë tabelë tregohen vetëm ndryshimet relative se si ndryshon tretshmëria e gazeve në vajin e transformatorëve.

Tab.3.5 Tretshmëria për çdo gaz

Gazet e tretur	Formula	Tretshmëria në vajin e transformatorit në% të volumit	Ekuivalentimi (ppm për volum)	Burimi i dëmtimit
Hidrogjen	H ₂	7	700000	Shkarkim i pjesshëm, kurora, elektrolizimi i H ₂ O
Nitrogjen	N ₂	8.6	86000	Gaz inert në kazan, atmosfera.
Monoksid karboni	CO	9	90000	Mbinxehje e celulozës, ndotja e ajrit
Oksigjen	O ₂	16	160000	Atmosfera
Metan	CH ₄	30	300000	Mbinxehje e vajit
Dyoksid karboni	CO ₂	120	1200000	Mbinxehje e celulozës, atmosfera
Etan	C ₂ H ₆	280	2800000	Mbinxehje e vajit
Etilen	C ₂ H ₄	280	2800000	Mbinxehje e vajit
Acetilen	C ₂ H ₂	400	4000000	Harku elektrik

Sikurse mund ta shohim edhe nga tabela e mësipërme, po të krahasojmë hidrogjenin me një tretshmëri prej 7% dhe acetilenin me një tretshmëri prej 400%, arrijmë në konkluzionin se vaji i transformatorëve ka aftësi më të lartë të tretjes së acetilenit sesa të hidrogjenit. Megjithatë, me një volum prej 7%, hidrogjeni përmban 70,000 ppm dhe 400% i acetilenit përmban 4,000,000 ppm. Tabela e mësipërme na tregon vlerat maksimale të gazeve, të cilat janë të afta të treten në vaj në temperaturë dhe presion standard. Në këto nivele të paraqitura mund të themi se vaji është i ngopur.

Normalisht, transformatorëve u duhen bërë inspektime ditore/javore, në mënyrë që të mbledhim të dhëna për nivelet e vajit dhe të temperaturave. Monitorime të tilla mund të bëhen nëpërmjet përdorimit të sistemit të kontrollit, supervizimit dhe të mbledhjes së të dhënave (SCADA). Por ky kontroll nuk mund të zëvendësojë monitorimin e kryer nga ndërhyrjet e drejtpërdrejta.

KAPITULLI 4

METODAT PËR VLERËSIMIN E GJENDJES PËRMES GAZEVE TË TRETURA

4.1. Informacion i përgjithshëm mbi diagnozën e transformatorit

Analiza e gazeve të tretura në vaj (DGA) është një teknikë e prekshme dhe e sigurt për zbulimin e defektit fillestar në transformatorë të mbushur me vaj. Prania e disa gazeve kryesore është e monitoruar dhe e matshme. Ka një sërë metodash të zhvilluara për analizimin e këtyre gazeve dhe shpjegimin e domethënies së tyre:

1. Metoda e Gazit Kryesor
2. Metoda e Raportit të Roxhersit
3. Metoda IEC e Raportit të Gazeve
4. Metoda Doernenburg e Raporteve të Gazeve
5. Metoda e Normografit Logaritmik
6. Metoda e Trekëndëshit të Duvalit etj.

Më poshtë do të shqyrtohet saktësia dhe përputhja e këtyre metodave në interpretimin e gjendjes së transformatorit. Ky paragraf bazohet në një studim shkencor, titulli i të cilit gjendet te *“Referencat”*. Vlerësimi bëhet nga të dhënat e DGA-së të siguruar dhe nga dokumente të botuara. Të dhënat konsistojnë në 92 raste të ndryshme. Gazet kryesore të marra parasysh janë hidrogjeni, metani, etani, etileni dhe acetileni. Nëpërmjet programit MATLAB është zhvilluar automatizimi i vlerësimit të metodave, si dhe është vlerësuar saktësia e çdo metode në parashikimin e avarisë dhe përputhjes me realitetin.

Vajrat izolues nën ndikimin e një anomalie elektrike ose termike çlirojnë sasi të vogla gazi. Përbërja e këtyre gazeve varet nga tipi i avarisë. Nëpërmjet analizës së gazeve të djegshme të tretura (DGA) është e mundur të dallosh probleme si shkarkim i pjesshëm (kurora), tejnxehje dhe harqe elektrike në një transformator me vaj.

E ngjashme me një analizë gjaku apo skaner të trupit të njeriut, DGA-ja mund të ofrojë diagnoza të hershme dhe të rrisë shanset për gjetjen e kurës së përshtatshme.

Metodat e lartpërmendura janë provuar të shpjegojnë 92 grupe të dhënash të 5 avarive të gazeve. Këto pesë gaze kryesore janë H_2 , CH_4 , C_2H_6 , C_2H_4 dhe C_2H_2 . Tabela 4.1 tregon grupin e të dhënave të përdorura.

Tab.4.1 Grupimi i të dhënave të përdorura në analizë

Lloji i Defektit	Kodi i defektit	Numri i rasteve
Defekt termik i shoqëruar me temperatura të ulëta	F1	10
Mbinxehje dhe shkarkim elektrik	F2	33
Hark elektrik	F3	22
Shkarkim i pjesshëm dhe humbjet kurorë	F4	14
Gjendje normale	F5	13

MATLAB është përdorur për të zhvilluar një program për testimin e secilës metode. Kjo përfshin disa simulime bazë dhe interpretim të bllok-diagramës në Simulink, duke u bazuar në rregullat e çdo metode për përcaktimin e anomalive. Përgjithësisht, këto bllok-skema ndërtohen në tri seksione kryesore:

Seksioni i parë është për kontrollin e vlerës limite të anomalive të gazeve, nëse është e aplikueshme.

Seksioni i dytë është për përlogaritjen e raportit dhe gjetjen e kodimit të raportit, nëse është e aplikueshme.

Seksioni i tretë jep diagnozën mbi bazën e raportit të përlogaritur ose kodet e Raporteve të Gazeve.

Secila metodë përdoret në mënyrë që të parashikojë defektet që mund të ndodhin në transformatorë. Kjo vjen nga analiza e llojeve të gazeve dhe të sasisë së tyre nga analizat DGA.

4.2. Diagnostikimi i transformatorit me anë të Gazeve Totale të Djegshme të tretura në vaj

Një përmbledhje me katër kushte, e cila na ndihmon të klasifikojmë rreziqet e transformatorit që nuk ka pasur më parë probleme, na jepet nga IEEE.

Kjo metodë përdorë kombinimet e gazeve individuale dhe të përqendrimit total të gazeve të djegshëm të tretur në vaj. Kjo guidë nuk është universale dhe është vetëm njëra nga mjetet për të analizuar transformatorët.

Më poshtë do të japim një tabelë, e cila përmban limitet (në ppm) e gazeve të djegshme të tretura në vajin e transformatorit (individuale dhe totale) dhe më tej do të analizojmë katër gjendjet.

Tab.4.2 Limitet për secilin gaz

	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	CO	CO ₂	TDCG
Gjendja 1	100	120	35	50	65	350	2500	720
Gjendja 2	101-700	121-400	36-50	51-100	66-100	351-570	2500-4000	721-1920
Gjendja 3	701-1800	401-1000	51-80	101-200	101-150	571-1400	4001-10000	1921-4630
Gjendja 4	>1800	>1000	>80	>200	>150	>1400	>10000	>4630

Shënim: Gazi CO₂ nuk llogaritet në numrin total të gazeve të tretur, pasi ky nuk është një gaz i cili digjet.

Katër kushtet që përdor kjo përmbledhje janë:

Gjendja e parë: Në qoftë se numri total i gazeve të djegshëm të tretur (TDCG- Total Dissolved Combustible Gas) është poshtë nivelit të treguar në tabelë, tregon se transformatori po punon brenda normave në mënyrë të kënaqshme. Kur kemi tejkalime të vlerave për gazet individuale, duhet të bëhen investigime të tjera shtesë.

Gjendja e dytë: Kur TDCG arrin këto nivele, do të thotë se niveli i gazeve është më i madh se normalja. Në këtë rast duhet të bëhen investigime shtesë. Një avari mund të jetë prezente në transformator.

Gjendja e tretë: Në rast se analiza TDCG tregon nivele të tilla të gazeve të tretura në vaj, kjo do të thotë se kemi një dekompozim të lartë të celulozës dhe/ose të vajit. Çdo gaz individual, i cili kalon këto nivele, do t'u nënshtrohet analizave të mëtejshme. Ka mundësi që një defekt ose disa defekte të jenë prezente në transformator. Duhet të bëhen analizat dhe të përcaktohen nivelet e gjenerimit të gazeve për çdo ditë për secilin gaz.

Gjendja e katërt: Në këto nivele kemi dekompozim shumë të madh të letrës izoluese dhe/ose të vajit. Vazhdimi i punës së transformatorit në këtë gjendje mund të çojë në daljen jashtë funksionimit të tij për shkak të avarive.

Nivelet e gazeve të dhëna më sipër nga IEEE C-57-104-1991 janë shumë konservative. Ka transformatorë të cilët kanë të tretur në vajin e tyre gaze në nivelet e gjendjes së katërt dhe akoma vazhdojnë të punojnë pa problem. Kjo ndodh në rast se gazet janë në vlera të qëndrueshme pra nuk rriten më, ose rriten në nivele shumë të ulëta. Në rast se

gazet individuale dhe ato totale rriten më shumë se 30 ppm në ditë, atëherë kjo do të thotë se në transformator kemi një defekt aktiv dhe transformatori duhet të stakohet.

Rritja e menjëhershme e gazeve kryesore, si dhe shkalla e prodhimit të tyre është më e rëndësishme sesa sasia totale e gazeve të tretura në vaj. Përrjashtim bën acetileni (C_2H_2). Një gjenerim i këtij gazi në nivele shumë të vogla në ppm tregon prezencën e një burimi të fuqishëm energjie, e cila vjen nga harqet elektrike. Gjurmë të këtij gazi (pak ppm) mund të vijnë nga një avari termale shumë e nxehtë ($500^{\circ}C$). Një hark i shkaktuar nga një shkarkim atmosferik i afërt ose një mbingarkesë në tension të lartë mund të gjenerojë acetilenin.

Në qoftë se nga analiza DGA gjenden gjurmë të acetilenit, nga vaji duhet të merren analiza një herë në javë për të parë nëse shtohet më acetilen apo jo. Në rast se nuk shtohet dhe niveli është poshtë gjendjes së katërt të dhënë nga IEEE, transformatori mund të vazhdojë të punojë. Kur niveli i acetilenit vazhdon të rritet, transformatori ka një hark aktiv me energji të lartë dhe duhet të nxirret menjëherë jashtë pune. Operimi në këtë gjendje është tepër i rrezikshëm dhe mund të ketë pasoja katastrofike për transformatorin.

4.2.1. Veprimet që duhet të merren në bazë të nivelit të gazeve të djegshme të tretura

Tab.4.3 Gjendjet e transformatorëve

Kushtet	Nivelet TDCG (gazet totale të djegshme të tretura) ose gazi me nivelin më të lartë	Shkalla e gjenerimit të TDCG (ppm/në ditë)	Intervalet e analizave dhe veprimet operative për shkallën e gjenerimit të gazeve	
			Intervalet e analizave	Procedurat e operimit
Gjendje 1	≤ 720 ppm të TDCG	< 10	Analiza vjetore. Për transformatorët me tension super të lartë një herë në 6 muaj	Vazhdon operimin normal
		- 30	Një herë në tre muaj	
		>30	Çdo muaj	Duhet pasur kujdes. Analizohen gazet individuale për të gjetur shkakun.
Gjendje 2	721-1,920 ppm të TDCG	< 10	Çdo tre muaj	Duhet pasur kujdes. Analizohen gazet individuale për të gjetur shkakun. Të përcaktohet varësia që kanë këto gaze nga ndryshimi i ngarkesës.
		10 - 30	Çdo muaj	
		>30	Çdo muaj	
Gjendja 3	1,921-4,630 ppm të TDCG	< 10	Çdo muaj	Duhet pasur shumë kujdes. Analizohen gazet individuale për të gjetur shkakun. Të parashikohet një ndërprerje e punës së transformatorit
		10 - 30	Çdo javë	
		>30	Çdo javë	

Gjendja 4	>4,630 ppm të TDCG	< 10	Çdo javë	Duhet pasur shumë kujdes. Analizohen gazet individuale për të gjetur shkaktues. Të parashikohet një ndërprerje të punës së transformatorit
		10 - 30	Çdo ditë	
		>30	Çdo ditë	Duhet të hiqet nga puna transformatori i fuqisë.

Duhet theksuar se tabela e mësipërme është marrë për ata transformatorë, të cilëve nuk u janë bërë teste të mëparshme dhe kur nuk ka një histori të kohëve të fundit. Në qoftë se kjo do të ekzistonte, atëherë duhet të studiohet për të përcaktuar nëse gjendja është stabil (niveli i gazeve nuk po rritet shumë) ose gjendje jo stabil (niveli i gazeve po rritet në mënyrë të theksuar). Kjo bëhet duke krahasuar analizën e bërë tani me analizën e fundit që është bërë transformatorit.

4.3. Studimi me anë të Metodës së Gazit Kryesor

Metoda e Gazit Kryesor Identifikon një gaz kryesor (kyç) për çdo lloj defekti dhe përdor përqindjen e këtij gazi për diagnostikimin e defektit. Ajo interpreton rezultatet e DGA-së bazuar në një grup të thjeshtë faktesh. Për shembull, shkarkimi i pjesshëm me intensitet të ulët apo kurora prodhojnë kryesisht hidrogjen H_2 në një sasi të caktuar nga gazet e tjera hidrokarbure, kështu që gazi kryesor i shkarkimit të pjesshëm ose i kurorës është hidrogjeni H_2 . Shkarkimi i pjesshëm ose kurora mund të zbulohen nëse përqindja e hidrogjenit është më e madhja në një mostër të vajit.

Bazuar në standardin e IEEE C57.104, në tabelën 4.4 tregohen kriteret diagnostikuese me anë të metodës së gazit kryesor. Përqindja e gazit është bazuar në shumën totale të gazeve të tretura në vaj dhe kjo përqindje është një vlerë e përafërt.

Tab.4.4 Kriteret e diagnostikimit me anë të Metodës së Gazit Kryesor

Dëmtimi	Gazi kryesor	Kriteri	Përqindja e gazit
Harku	Acetileni (C_2H_2)	Sasi e madhe H_2 dhe C_2H_2 , dhe sasi të vogla të CH_4 dhe C_2H_4 . CO dhe CO_2 mund të ekzistojnë edhe nëse celuloza është e përfshirë.	H_2 :60% C_2H_2 :30%
Kurora (PD)	Hidrogjen (H_2)	Sasi e madhe H_2 , disa CH_4 , me sasi të vogla të C_2H_6 dhe C_2H_4 . CO dhe CO_2 mund të jenë të krahasueshme në qoftë se celuloza është e përfshirë.	H_2 :86% CH_4 :13%
Mbinxehje e vajit	Etilen (C_2H_4)	Sasi e madhe C_2H_4 , disa sasi të C_2H_6 , sasi të vogla të CH_4 dhe H_2 . Gjurmë të CO.	C_2H_4 :63% C_2H_6 :20%
Mbinxehje e celulozës	Monoksid karboni (CO)	Sasi të mëdha të CO dhe CO_2 . Gazet e hidrokarbureve mund të jenë të pranishëm.	CO:92%

Në figurën 4.1 tregohen proporcionet relative të katër gazeve kryesore. Proporcion relativ i një gazi është përqindja që zë sasia e tij në raport me shumën totale të sasisë së gazeve të çliruara. Në çdonjërin prej katër grafikëve, shuma e proporcioneve relative të katër gazeve është 100 %.

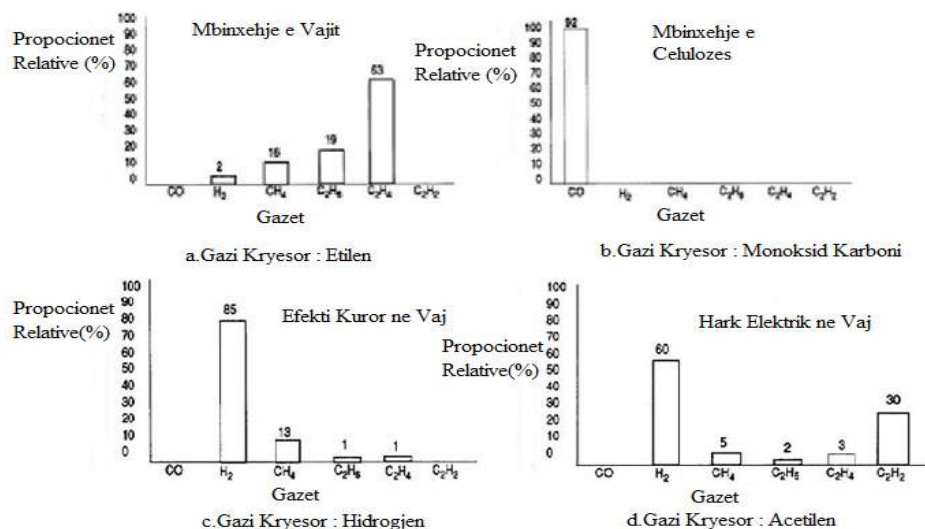


Fig.4.1 Diagnoza e Gazeve Kryesore

4.4. Metoda e Raportit Roxhers për DGA (Analiza e Gazeve të Tretura)

Metoda e Raportit Roxhers e DGA është një metodë, e cila na ndihmon në analizimin e gazeve të tretura në vaj. Ajo bën krahasimin e gazeve kryesore, duke i pjesëtuar me njëri-tjetrin. Kjo jep një raport të një gazi me një gaz tjetër. Në një temperaturë të caktuar njëri gaz mund të prodhohet më shumë se një gaz tjetër.

Metoda e raporteve të gazeve përdor si të dhëna përqendrimet e gazeve të tretura në vaj. Historikisht kanë qenë përdorur pesë raporte. Siç tregohet në tabelën 4.5.

Tab.4.5 Përkufizimi i raporteve

Raporti	CH_4 / H_2	$\text{C}_2\text{H}_2 / \text{C}_2\text{H}_4$	$\text{C}_2\text{H}_2 / \text{CH}_4$	$\text{C}_2\text{H}_6 / \text{CH}_4$	$\text{C}_2\text{H}_4 / \text{C}_2\text{H}_6$
Shkurtesa	R1	R2	R3	R4	R5

Përpjekja e parë për diagnostikimin e transformatorit me anë të metodës së raporteve të gazeve filloi në fund të viteve 1960 nga bordi qendror i gjenerimit të energjisë elektrike (CEGB).

Metoda e raporteve të gazeve u propozua për herë të parë nga Roxhers në vitin 1973. Duke marrë parasysh këto konsiderata, përvojën, testet laboratorike dhe më tej vlerësimet teorike, metoda u modifikua në standardin IEC599.

Përdorimi i metodës së Roxhersit për diagnostikim tregohet në tabelën 4.6, ku 1 tregon vlerën e gazit që është mbi 1 dhe 0 tregon vlerën e gazit që është poshtë 1. Metoda e Roxhersit përdor dy tabela: njëra për të përcaktuar kodin dhe tjetra për të përcaktuar diagnozën e dëmtimit, që jepen në tabelën 4.7 dhe 4.8. Kjo metodë përdor katër raporte paraprake. Raporti etan/metan ($\text{C}_2\text{H}_6/\text{CH}_4$) tregon vetëm gamën e temperaturës, por nuk ndihmon në identifikimin e defektit, prandaj, në standardin IEC599, me zhvillimin e mëtejshëm të metodës së Roxhersit ky raport u fshi.

Tab.4.6 Tabela e Roxhersit për përcaktimin e diagnozës

CH ₄ /H ₂	C ₂ H ₆ /CH ₄	C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	Diagnoza
0	0	0	0	Nëse CH ₄ /H ₂ është 0.1 → shkarkim i pjesshëm
1	0	0	0	Mbinxehje e lehtë, nën 150°C
1	1	0	0	Mbinxehje e lehtë, 150°C-200°C
0	1	0	0	Mbinxehje e lehtë, 200°C-300°C
0	0	1	0	Mbinxehje e përgjithshme e përcjellësve
1	0	1	0	Qarkullim rryme dhe/ose mbinxehje të bashkimeve
0	0	0	1	Pikë kritike e shfaqjes së harkut të fuqishëm
0	1	0	1	Lidhje të shkurtra
0	0	1	1	Hark i fuqishëm ose shkëndija

Metoda e raporteve të gazeve e Roxhersit është praktike në përdorim. Megjithatë, ajo nuk jep përgjigje për disa raste.

Tab.4.7 Tabela e Roxhersit për përcaktimin e kodit

Raporti i gazit	Kufiri	Kodi
CH ₄ /H ₂ (R1)	Jo më shumë se 0.1	5
	Ndërmjet 0.1 dhe 1	0
	Ndërmjet 1 dhe 3	1
	Jo më pak se 3	2
C ₂ H ₆ / CH ₄ (R4)	Më pak se 1	0
	Jo më pak se 1	1
C ₂ H ₄ / C ₂ H ₆ (R5)	Më pak se 1	0
	Ndërmjet 1 dhe 3	1
	Jo më pak se 3	2
C ₂ H ₂ / C ₂ H ₄ (R2)	Më pak se 0.5	0
	Ndërmjet 0.5 dhe 3	1
	Jo më pak se 3	2

Tab.4.8 Përcaktimi i diagnozës duke përdorur metodën e Roxhersit

R1	R4	R5	R2	Diagnoza
0	0	0	0	Dëmtim normal
5	0	0	0	Shkarkim i pjesshëm
1 ose 2	0	0	0	Mbinxehje e lehtë, nën 150°C
1 ose 2	1	0	0	Mbinxehje e lehtë, 150°C-200°C
0	1	0	0	Mbinxehje e lehtë, 200°C-300°C
0	0	1	0	Mbinxehje e përgjithshme e përcjellësve
1	0	1	0	Rryma bredhëse midis spirave të pështjellës
1	0	2	0	Rryma bredhëse në bërthamë dhe në kazan, mbinxehje e bashkimeve
0	0	0	1	Lidhje të shkurtra
0	0	1 ose 2	1 ose 2	Hark i fuqishëm

0	0	2	2	Harku vazhdon të jetë i ndezur
5	0	0	1 ose 2	Shkarkim i pjesshëm me gjurmë të CO

Raporti Roxhers përcakton se nëse kalohen disa vlera të këtyre raporteve, atëherë në vaj është prezente një vlerë e caktuar temperature. Sikurse e theksuam edhe më sipër, se analiza e KGA (Key Gas Analysis) nuk është e sigurt, edhe metoda e Roxhersit nuk është e sigurt, por është një mjet shtesë në analizën e gazeve të vajit në transformatorët e fuqisë. Kjo metodë përdoret vetëm në ato raste kur niveli i gazeve është 10-fishi i limitit të tyre. Megjithatë, nuk do të thotë se edhe po nuk u arrit ky kusht, ne nuk mund ta përdorim këtë metodë. Ajo mund të përdoret, por rezultatet nuk janë të sakta.

Në qoftë se analiza DGA tregon rezultate, të cilat janë afërsisht me rezultatet e para, atëherë nuk kemi përse shqetësohemi. Por, në qoftë se analizat tregojnë një rritje të gazeve, atëherë problemi është real.

Duhet theksuar se kjo metodë është për analizimin e problemit dhe jo për gjetjen e saj. Ne duhet ta kemi përcaktuar më parë që kemi të bëjmë me një problem. Raporti Roxhers na jep vetëm një ndihmë shtesë për të treguar se me çfarë problemi kemi të bëjmë.

4.5. Metoda IEC e Raporteve të Gazeve (IEC Ratio Method)

Kjo metodë i ka rrënjët nga Metoda Roxhers, me të vetmin ndryshim që përjashtohet raporti C_2H_6/CH_4 . Ky raport tregon një interval temperature shumë të limituar që shkakton dekompozim. Kodet e tri raporteve ndryshojnë nga kodet e Metodës Roxhers. Kodet e Metodës IEC tregohen në tabelën 4.9. Nga kombinimi i tri kodeve dalin 9 lloje defektesh në transformator.

Tab.4.9 Raportet e gazeve dhe problemet e gjetura

Raportet		$C_2H_2/$ C_2H_4 (l)	$CH_4/$ H_2 (i)	$C_2H_4/$ C_2H_6 (k)	Limitet e gjetura C_2H_2 1ppm C_2H_4 1ppm CH_2 1ppm H_2 5ppm C_2H_6 1ppm
<0.1		0	1	0	
0.1-1		1	0	0	
1-3		1	2	1	
>3		2	2	2	
Rasti	Lloji i avarisë				Problemet e gjetura
0	Nuk ka avari	0	0	0	Vjetrimi normal
1	Shkarkime të pjesshme me energji të vogël	0	1	0	Shkarkimet elektrike në flluskat, të shkaktuara nga papastërtitë në vaj (veçanërisht prezenca e ujit).
2	Shkarkime të pjesshme me energji të ulët	1	1	0	E njëjtë si më sipër, por tregon se kemi një prishje të celulozës e cila zakonisht prodhon CO dhe CO_2 .
3	Harqe elektrike, shkarkimet me energji të ulët	1-2	0	1-2	Shkëndija ndërmjet lidhjeve të dobëta të pjesëve me potenciale të ndryshme.
4	Shkarkime me energji të lartë	1	0	2	Shkarkime, të cilat shoqërohen me lindje harku, shpimi i vajit ndërmjet pështjellave.
5	Defekte për shkaqe termike deri në $150^\circ C$	0	0	1	Tejnxehje e përcjellësve, zakonisht ky lloj defekti përfshin celulozën dhe si rrjedhojë do të krijojë CO e CO_2 .

6	Defekte për shkaqe termike 150°C – 300°C	0	2	0	Pika të mbinxehura në bërthamë për shkak të përqendrimeve të fluksit. Mbinxehja e përcjellësve për shkak të rrymave rrethore, lidhjet e dobëta. Këto probleme mund të ndikojnë në celulozë dhe përsëri do të na formohet CO dhe CO ₂ .
7	Defekte për shkaqe termale 300°C – 700°C	0	2	1	
8	Defekte për shkaqe termale >700°C	0	2	2	

4.6. Metoda Doernenburg e Raporteve të Gazeve (Doernenburg Ratio Method)

Në vitin 1970, Dornenburg ishte në gjendje të dallonte dëmtimet termike dhe elektrike, duke përdorur gjashtë gaze, që janë: H₂, CH₄, CO, C₂H₂, C₂H₄ dhe C₂H₆ dhe katër raporte të ketyre gazeve: CH₄/H₂, C₂H₂/CH₄, C₂H₄/C₂H₆ dhe C₂H₂/C₂H₄.

Përpara se **metoda Doernenburg e Raporteve të Gazeve** të zbatohet, fillimisht studiohet sasia individuale e gazeve në vajin e transformatorit. Nëse kjo sasi kalon nivelin L₁, atëherë zbatohet metoda Doernenburg. Limiti L₁ shërben si vlerë pragu, që nëse kapërcehet, sinjalizon mundësinë e të pasurit defekt në transformator. Në tabelën 4.10 tregohet vlera e pragut për çdo sasi individuale të gazeve kryesore të çliuara në vaj.

Tab.4.10 Vlera e pragut L1 për Raportet Dornenburg

Gazet Kryesore	Përqendrimet L ₁
Hidrogjen (H ₂)	100
Metan (CH ₄)	120
Monoksid Karboni (CO)	350
Acetilen (C ₂ H ₂)	35
Etilen (C ₂ H ₄)	50
Etan (C ₂ H ₆)	65

Procedura për të zbatuar Metodën Doernenburg kërkon zbatimin e Standardit IEEE C57.104-1991. Procedura e ndjekur përshkruhet më poshtë:

Hapi i parë. Përdoret aparati kromatograf për marrjen e gazeve të tretura nga vaji i transformatorit dhe për ndarjen e gazeve nga njëri-tjetri.

Hapi i dytë. Për të konstatuar rrezik defekti në transformator duhet që sasia individuale e njërit prej gazeve (në ppm) H₂, CH₄, C₂H₂ dhe C₂H₄ të kalojë dyfishin e vlerës së pragut L₁, ose sasia individuale e njërit prej gazeve të tjera në tabelën 4.10 të kalojë vlerën e pragut L₁. Nëse plotësohet njëri prej dy kushteve të mësipërme kalohet në hapin e tretë.

Hapi i tretë. Përcaktimi i vlefshmërisë së kësaj metode. Që kjo metodë të jetë e vlefshme, duhet që të paktën sasia e njërit prej gazeve të çdo raporti CH₄/H₂, C₂H₂/CH₄, C₂H₂/CH₄ dhe C₂H₆/C₂H₂, të kalojë vlerën e pragut L₁. Nëse nuk plotësohet ky kusht, duhet përdorur metodë tjetër për DGA-në. Nëse plotësohet, kalojmë në hapin e katërt.

Hapi i katërt. Çdo raport i gazeve krahasohet me vlerat në tabelën 4.11.

Hapi i pestë. Nëse të gjitha vlerat e raporteve të gazeve janë brenda intervaleve të një rreshti, atëherë defekti është i përcaktuar. Shiko tabelën 4.11.

Tab.4.11 Diagnoza e defekteve për Metodën Doernenburg të Raporteve të Gazeve

Defekti i detektuar	Raporti 1 (R1) CH_4/H_2	Raporti 2 (R2) $\text{C}_2\text{H}_2/\text{CH}_4$	Raporti 3 (R3) $\text{C}_2\text{H}_2/\text{CH}_4$	Raporti 4 (R4) $\text{C}_2\text{H}_6/\text{C}_2\text{H}_2$
1. Dekompozim termik	$>1,0$; $>0,1$	$<0,75$; $<1,0$	$<0,3$; $<0,1$	$>0,4$; $>0,2$
2. Humbjet Kurorë (Shkarkim i pjesshëm me intensitet të ulët energjie).	$<0,1$; $<0,01$	Ky raport nuk ndikon në këtë defekt në transformator.	$<0,3$; $<0,1$	$>0,4$; $>0,2$
3. Hark elektrik (Shkarkim i pjesshëm me intensitet të ulët energjie).	$>0,1$; $>0,01$ $<1,0$; $<0,1$	$>0,75$; $>1,0$	$>0,3$; $>0,1$	$<0,4$; $<0,2$

4.7. Metoda e Normografit Logaritmik

Kjo metodë u krijua nga J.O. Church. Në të kombinohet koncepti i Metodës së Raportit të Gazeve me Metodën e Gazeve kryesore. Një gjë e tillë bëhet me qëllim rritjen e saktësisë së diagnozës së defektit. Synimi i metodës është të sigurojë një paraqitje grafike të të dhënave të gazeve të çliruara dhe një mjet që të bëjë të mundur interpretimin e tyre. Normografi përbëhet nga shkallë vertikale logaritmike, të cilat tregojnë përqendrimet individuale të gazeve.

Në këtë metodë, vijat e drejta janë vizatuar midis shkallëzimeve të afërta. Kjo bëhet me qëllim lidhjen e pikave që përfaqësojnë vlerat e përqendrimeve individuale të gazeve. Pjerrësia e këtyre vijave është kriteri diagnostikues që përcakton llojin e defektit. Në fund të diagramës, midis dy akseve tregohet me initiale defekti i diagnostikuar për këto dy akse. Për të identifikuar tipin e defektit, nevojitet një krahasim vizual midis pjerrësive të segmenteve të vijave me inicialet në fund të grafikut. Shkalla e zhvillimit të defektit në transformator përcaktohet nga pozicioni i vijave në lidhje me shkallëzimin që përcakton përqendrimin individual të gazit.

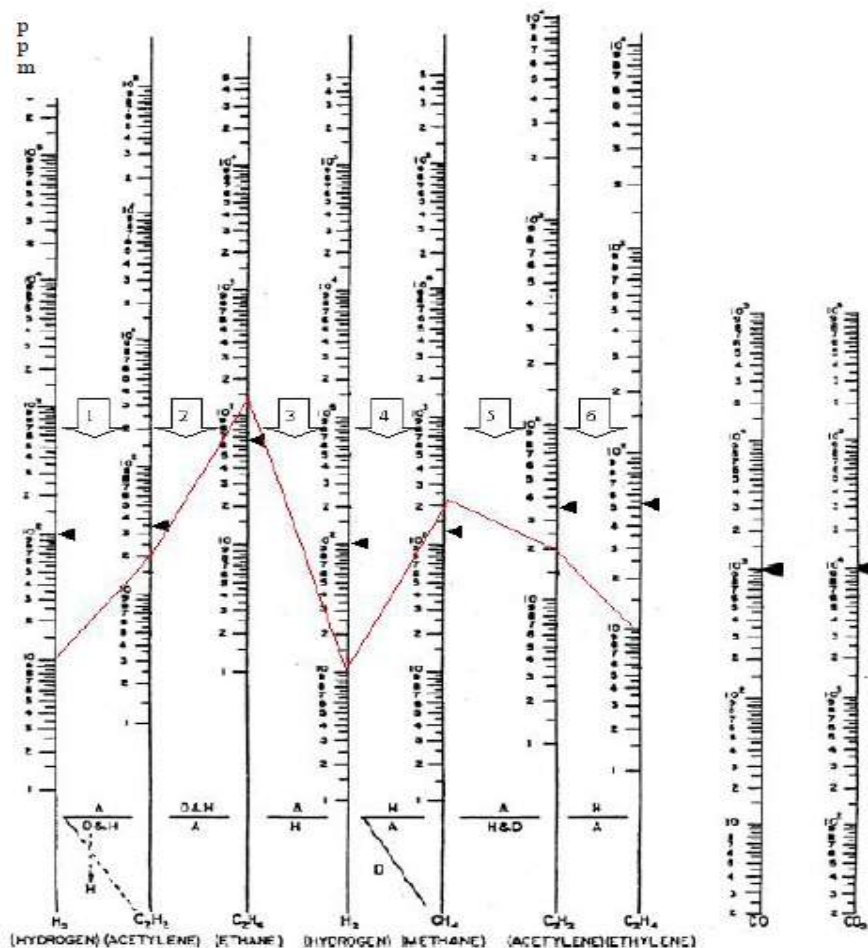


Fig.4.2 Normografi Logaritmik

Çdo shkallë vertikale ka një vlerë pragu që tregohet nga një shigjetë. Që të ketë vlerë pjerrësia e vijës, duhet që njëra prej dy pikave lidhëse të ndodhet mbi vlerën e pragut në Normograf. Nëse nuk plotësohet ky kusht, pjerrësia e vijave që tregojnë një defekt në transformator nuk konsiderohet e vlefshme.

4.8. Trekëndëshi i Duvalit

Michel Duval e zhvilloi këtë metodë në vitin 1974. Ai përdori një numër të madh të dhënash, me mijëra analiza të DGA-së dhe të diagnozave të transformatorëve. Në kohët e sotme kjo metodë u inkorporua në softin Transformer Oil Analyst Software versioni 4 (TOA 4), i cili u zhvillua nga Delta X Research.

Kjo metodë ka treguar se është shumë e besueshme dhe me kalimin e viteve po rritet gjithnjë e më tepër popullariteti. Ajo përdor vetëm tri gazet e hidrokarbureve CH_4 , C_2H_4 dhe C_2H_2 . Këto gaze i korrespondojnë rritjes së nivelit të energjisë së nevojshme për t'i prodhuar ato në transformatorin që është në shërbim. Metoda dhe përdorimi i saj jepet më poshtë.

4.8.1. Përdorimi i Trekëndëshit të Duvalit

Së pari, duhet të provojmë që në transformator ekziston një problem me njërën nga metodat e mësipërme IEEE. Të paktën njëri nga gazet e hidrokarbonit ose hidrogjeni H_2 duhet që të jenë të pranishme në gjendjen 3 dhe të kenë një rritje me një shpejtësi G2 (nga tabela 4.12) përpara se problemi të konfirmohet.

Tab.4.12 Llojet e gazeve dhe limitet e tyre

Gazi	L1 limitet	G1 limitet (ppm për muaj)	G2 limitet (ppm për muaj)
H_2	100	10	50
CH_4	75	8	38
C_2H_2	3	3	3
C_2H_4	75	8	38
C_2H_6	75	8	38
CO	700	70	350
CO_2	7000	700	3500

Në mënyrë që të përdorim tabelën e mësipërme pa metodën IEEE, të paktën njëri nga gazet individuale duhet të jetë në nivelin L1 ose më sipër dhe shkalla e gjenerimit të këtij gazi të jetë të paktën në G2. Limitet L1 dhe shkalla e gjenerimit të gazeve në tabelën e mësipërme është më e besueshme sesa metoda IEEE. Megjithatë, ato duhet të përdoren në të dyja mënyrat që të konfirmohet ekzistenca e problemit.

Në figurën 4.3 tregohet Trekëndëshi i Duvalit.

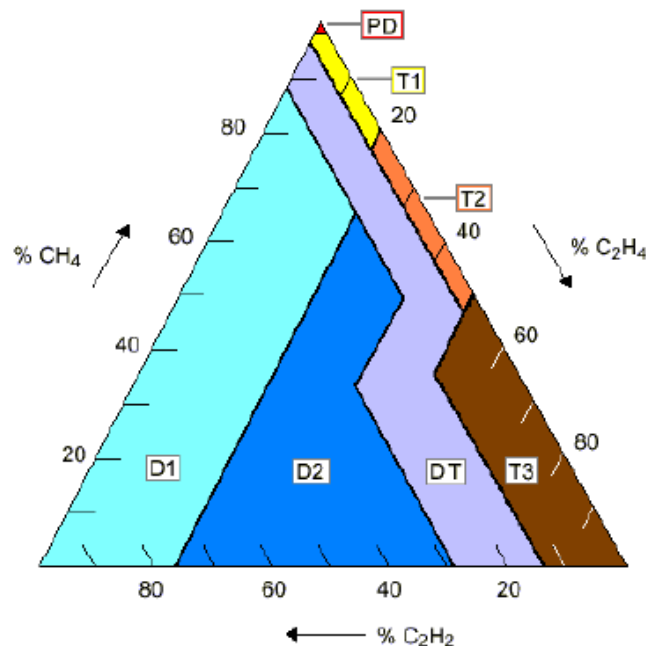


Fig.4.3 Trekëndëshi i Duvalit

Llojet e dëmtimeve që zbulohen me anë të metodës së Trekëndëshit të Duvalit tregohen në tabelën 4.13. Në tabelën e mëposhtme tregohen simbolet e dëmtimeve, përkufizimi dhe disa shembuj të këtyre dëmtimeve.

Tab.4.13 Llojet e dëmtimeve që zbulohen me anë të metodës së Trekëndëshit të Duvalit

Simboli	Dëmtimi	Shembuj
PD	Shkarkime të pjesshme	Shkarkimi në formën e kurorës në flluskat e gazit dhe mundësia e formimit të dyllit në letër.
T1	Dëmtime termale me temperaturë më pak se 300°C	Marrja e ngjyrës kafe (>200°C) ose karbonizimi (>300°C).
T2	Dëmtime termale me temperaturë ndërmjet 300°C dhe 700°C	Karbonizimi i letrës, formimi i grimcave të karbonit në vaj.
T3	Dëmtime termale me temperaturë mbi 700°C	Formim i gjerë i grimcave të karbonit në vaj, ngjyrosja e metaleve (800°C) ose shkrirja e metaleve (>1000°C).
D1	Shkarkime me energji të vogël	Shkarkim i pjesshëm në formën e xixave, shfaqja e vrimzave në letër. Harku me energji të ulët karbonizon ose shfaq vrima në sipërfaqe të letrës, ose çon në krijimin e grimcave të karbonit në vaj.
D2	Shkarkime me energji të lartë (harku)	Shkarkimet në letër ose në vaj mes për mes rezultojnë me dëmtime të mëdha të letrës dhe në formimin e grimcave të shumta të karbonit në vaj, shkrirje metalesh dhe formimin e gazeve të ndryshme.
DT	Dëmtime termale dhe elektrike të ndodhura në të njëjtën kohë	Lidhje të shkurta ndërmjet pështjellave, prishje izolimi, shkarkime etj.

Sapo të vërehet ekzistenca e problemit, duhet përdorur shuma totale e akumuluar e të tre gazeve të Trekëndëshit të Duvalit dhe e ndërtojmë në mënyrë grafike për të arritur në një rezultat.

Etapat më të sakta janë:

1. Nga analiza e DGA-së merret sasia (në ppm) e gazit të metanit (CH_4) dhe i zbritet sasia e po këtij gazi, por të marra nga një analizë DGA e mëparshme. Kjo do të japë sasinë e gazit të gjeneruar deri në momentin kur problemi ka filluar.
2. Përsëritet ky proces për dy gazet e mbetura, etilen (C_2H_4) dhe acetilen (C_2H_2).
3. Bëhet shuma e të gjithë gazeve.
4. Pjesëtohet secili gaz me shumën totale të marrë në hapin e tretë. Kjo jep rritjen në përqindje.
5. Ndërtohet grafiku në përqindje për secilin gaz në Trekëndëshin e Duvalit, duke filluar në pjesën që i takon atij gazi. Vizatohet vija përmes trekëndëshit për secilin gaz dhe nëpërmjet pikëpresjes së tyre përcaktohet defekti.

Shënim: Në shumicën e rasteve, acetileni (C_2H_2) do të jetë zero, dhe rezultati do të jetë një pikë në anën e djathtë të trekëndëshit.

Gazet si për shembull C_2H_2 dhe C_2H_4 përdoren në të gjitha metodat e interpretimeve të gazeve dhe përfaqësojnë defekte me energji të lartë (sikurse janë harqet elektrike) dhe avaritë me temperaturë të lartë. H_2 përdoret për të marrë informacion rreth avarive, të cilat zhvillohen me energji të ulët, si për shembull në zonën PD, në të cilën prodhohet me sasi të mëdha.

Gazi CH_4 krijohet si rrjedhojë e krijimit të gazit të hidrogjenit. Ky gaz përdoret në vend të H_2 pasi me të marrim rezultate më të sakta. Kjo performancë e mirë e Trekëndëshit të Duvalit me gazin e CH_4 mund të lidhet me faktin që H_2 përhapet shumë herë më shpejt se gazet e tjera. Prandaj, metoda e përdorimit të gazit të H_2 është më pak e besueshme sesa metodat, të cilat përdorin gaze të tjera që nuk përhapen me shpejtësi.

Të tri anët e Trekëndëshit të Duvalit shprehen në koordinatat X, Y, Z dhe përfaqësojnë në përqindje gazet CH_4 , C_2H_4 dhe C_2H_2 nga 0% në 100% për secilin gaz.

Në mënyrë që të paraqesim rezultatet e DGA në Trekëndëshin e Duvalit, së pari duhet të kemi përqendrimet e tri gazeve, $(\text{CH}_4)=A$, $(\text{C}_2\text{H}_4)=B$ dhe $(\text{C}_2\text{H}_2)=C$ në ppm.

Së pari, llogarisim shumën e tri vlerave të gazeve $(\text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_4 + \text{C}_2\text{H}_2) = S$, në ppm, dhe pastaj llogarisim shpërndarjen relative të tri gazeve në %:

$$X = \% \text{CH}_4 = 100 \cdot (A/S), \quad Y = \% \text{C}_2\text{H}_4 = 100 \cdot (B/S), \quad Z = \% \text{C}_2\text{H}_2 = 100 \cdot (C/S).$$

X, Y dhe Z duhet të jenë në intervalin e vlerave nga 0 në 100% dhe shuma $X+Y+Z$ duhet të jetë gjithmonë 100%.

Paraqitja në Trekëndëshin e Duvalit të vlerave të X, Y dhe Z na japin si rezultat vetëm një pikë. Për shembull, nëse një rezultat na tregon se kemi $A=B=C=100$ ppm, atëherë $X=Y=Z=33.3\%$, e cila i korrespondon një pikë e vetme në qendër të trekëndëshit sikurse tregohet në figurën e mëposhtme 4.4:

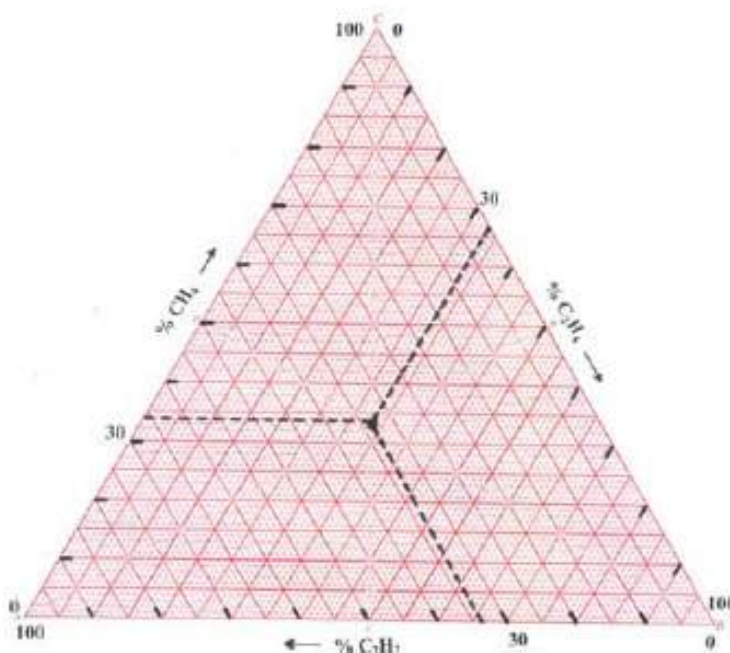


Fig.4.4 Mënyra e gjetjes së pikave në Trekëndëshin e Duvalit

Zona në të cilën bie pika (X,Y,Z) na lejon të identifikojmë avarinë përgjegjëse për rezultatet e marra nga analiza DGA. Gjetja e këtyre pikave mund të bëhet me dorë, por preferohet të përdoren softet e ndryshme. Në kompaninë Kelman në UK dhe Serveron në US janë zhvilluar softet, të cilët bëjnë të mundur analizimin e gazeve online. Kjo gjë tregohet në figurën 4.5. dhe 4.6.

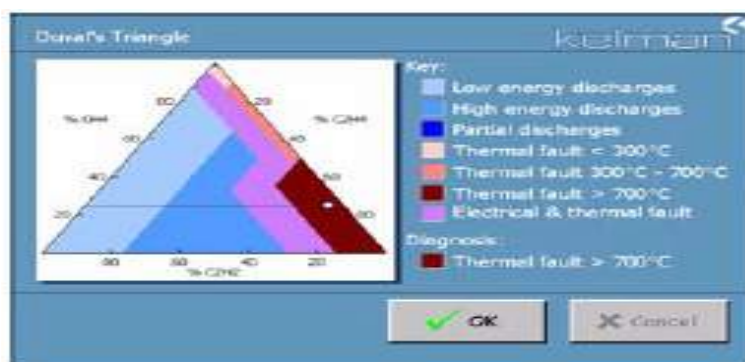


Fig.4.5 Gjetja e pikave me anë të softit Kelman në Trekëndëshin e Duvalit



Fig.4.6 Përdorimi i metodës së gazit kryesor në softin Kelman

4.8.2. Zonat kufitare në Trekëndëshin e Duvalit

Zonat kufitare në trekëndësh janë marrë në mënyrë empirike nga një numër i madh i rasteve të inspektuara të defekteve të transformatorëve në mbarë botën përgjatë 60 viteve të fundit. Kjo gjë tregohet në figurën 4.7. Në trekëndësh mund të bëhen ndryshime për të rirregulluar ose për të bërë përmirësime nga inspektimet e besueshme të rasteve të defekteve në transformator.

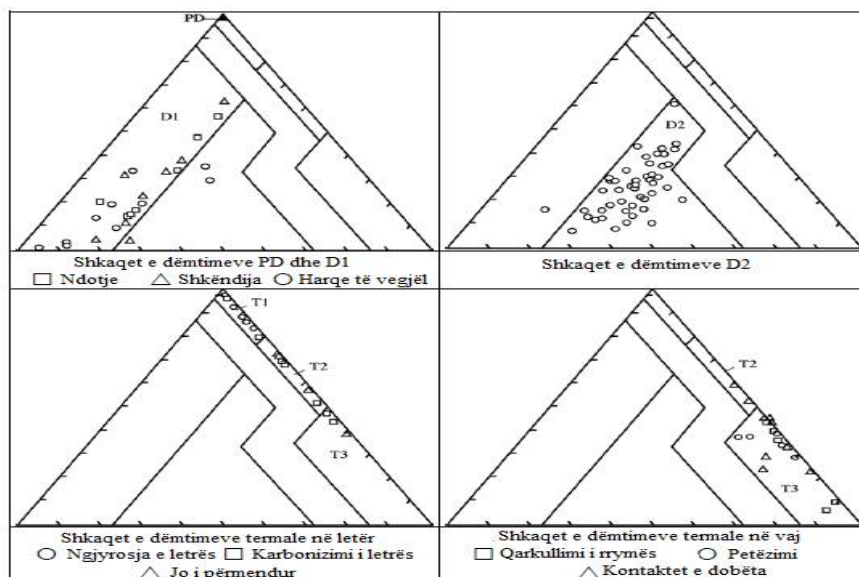


Fig.4.7 Raste të defekteve të inspektuara në transformatorët

4.8.3. Dëmtimet në letër dhe në vaj

Dëmtimet në letër janë konsideruar përgjithësisht si më serioze se dëmtimet në vaj, sepse është e vendosur më shpesh në zonat me fushë elektrike më të larta (në pëstjtjella, ose si barriera tensioni). Shkatërrimi i letrës izoluese mund të çojë në formimin e lidhjeve të shkurta ose harqe të fuqishme.

Dëmtimet në letër, për fat të mirë, janë shumë më pak se dëmtimet në vaj (zakonisht 10% e rasteve). Megjithatë, për shkak të pasojave të rënda, zbulimi i tyre nga DGA-ja ose i metodave të tjera është me interes të madh.

Rezultatet e DGA-së që shfaqen në zonat T1 dhe T2 mund të jenë një tregues për përfshirjen e letrës në defekt, pasi shumica e rasteve të inspektuara të dëmtimeve termike të letrës janë vërejtur në këto zona siç tregohet në figurën 4.7.

Dëmtimet termike në vaj, nga inspektimet e shumta, janë të vendosura kryesisht në zonën T3.

4.8.4. Zhvillimi i dëmtimeve me kalimin e kohës

Analiza e gazeve me anë të Trekëndëshit të Duvalit, duke qenë një metodë grafike, na jep mundësinë që të shohim nëse dëmtimi i transformatorit kalon nga një avari e padëmshme termale në avari të fuqishme elektrike. Kjo mund të bëhet manualisht ose automatikisht me anë të softëve të ndryshëm, siç tregohet në figurën 4.8.

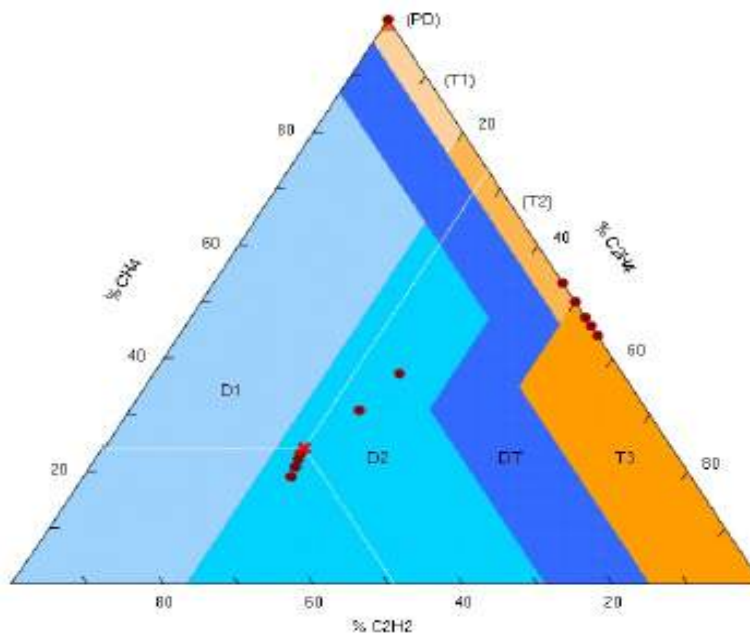


Fig.4.8 Evoluimi i defektit nga një dëmtim termal në një hark të fuqishëm D2

Dëmtimet më të rënda, në varësi të llojit dhe të vendndodhjes, janë:

- Harqet me energji të lartë në letër dhe në vaj D2
- Defekte në letër, të cilat shoqërohen me temperature të mesme deri në të larta T2-T3 (> 250 °C)
- Defekte në letër, të cilat shoqërohen me temperaturë të ulët D1
- Defekte me temperaturë të lartë në vaj T3 (>700 °C)

Dëmtimet më pak të rënda, (të cilat mund të tolerohen për periudha relativisht të gjata për sa kohë nuk zhvillohen në defekte të rënda), janë:

- a) Shkarkime me temperaturë të ulët në vaj PD/D1 (kurora, shkëndijat)
- b) Dëmtimet me temperaturë të ulët në letër T1 (<150 °C)
- c) Dëmtimet me temperaturë të mesme në vaj (<500 °C)
- d) Dëmtime, të cilat janë të vështira të zbulohen

4.9. Raporti i CO₂/CO dhe Raporti i O₂/N₂

Këto raporte nuk përfshihen në analizën e raporteve të Roxhersit. Megjithatë, ato janë të rëndësishme për të përcaktuar nëse një defekt po ndikon te celuloza apo jo. Këto raporte shërbejnë si tregues për dëmtimin termik të letrës. Ato përfshihen në programet kompjuterike, të cilat bëjnë analizën e vajit. Programe si: Delta X Research Transformer Oil Analyst (TOA).

Formimi i CO dhe CO₂ nga degradimi i letrës së imprenjuar në vaj, bën që temperatura të rritet shumë shpejt. Kur raporti CO₂/CO është më pak se 3, merret si një tregues se letra izoluese po merr pjesë në një defekt elektrik (psh. një hark elektrik).

Raportet CO₂/CO që arrijnë vlerat rreth 7 konsiderohen normale. Kur ky raport arrin vlera mbi 10, në përgjithësi tregon se letra izoluese ndodhet nën veprimin e një avarie termike. Kjo është e vërtetë në rast se në transformator nuk kemi rrjedhje të vajit dhe gazi CO₂ e ka prejardhjen nga brenda transformatorit. Nëse është dëmtuar celuloza, atëherë kemi edhe formimin e gazeve CO, H₂, CH₄, dhe C₂H₆, që mund të jenë në sasi të konsiderueshme. Në rast se CO rritet në vlerat më shumë se 70 ppm ose dhe më shumë në një muaj (të marra nga IEC 60599), atëherë celulozës po i ndodh një përkeqësim drastik. Nga ky informacion që marrim, duhet ta nxjerrim transformatorin jashtë pune për të bërë inspektime të mëtejshme.

Gjatë avarive lidhjet C-H dhe C-C mund të prishen për të formuar disa gaze kryesore, si azot, oksigjen, por që nuk janë përdorur si indikator për diagnostikimin e dëmtimeve. Presioni i tepërt mund të japë informata të dobishme për rrjedhjet dhe për ndryshimet e temperaturave.

Oksigjeni është një gaz “përgjegjës” për përkeqësimin e materialit të celulozës dhe të vajit, prandaj oksigjeni duhet të mbahet në nivele sa më të ulëta. Rënia e shpejtë e niveleve të oksigjenit tregon ndryshim të vetive të vajit; formimi i gazeve të tjera tregon mbinxehje.

Ndryshimi i temperaturave ndikon në sasinë e azotit. Kur vaji i transformatorit është i nxehtë dhe i ftohtë, presioni i azotit luhetet. Kjo luhetje ndryshon përqendrimin relativ të azotit në lidhje me gazet e tjera. Raporti O₂/N₂ në transformatorët e padëmtuar duhet të jetë afërsisht 0.5. Kur ky raport bie nën vlerën 0.3, do të thotë që vaji izolues po i nënshtrohet procesit të oksidimit.

4.10. Influenca e saktësisë së laboratorit në diagnozën e avarive

Saktësia e diagnozës së DGA, nga çfarë metode të jetë përdorur, varet shumë nga saktësia dhe besueshmëria e rezultateve të marra nga laboratorit. Disa laboratorë në botë na japin rezultate tepër të sakta, me një saktësi të lartë (ose gabim të ulët) me një gabim

prej $\pm 5\%$ në nivele përqendrimi të gazeve mbi 10 ppm (të gazeve të hidrokarbureve). Disa të tjerë na japin rezultate me saktësi shumë të ulët me gabime rreth $\pm 50\%$. Në rast se përqendrimi i gazeve është më i ulët se 10 ppm (nga vlerat 2 deri në 10 ppm), saktësia ulët në vlerat rreth 35% dhe mund të arrijë në vlerat 100% dhe më shumë në rast se përqendrimi arrin afër limiteve të dedektimit të gazeve. Në figurën 4.9 tregohen analizat e marra nga laboratorë të ndryshëm që kanë gabime të ndryshme ± 15 , 30, 50 dhe 75%.

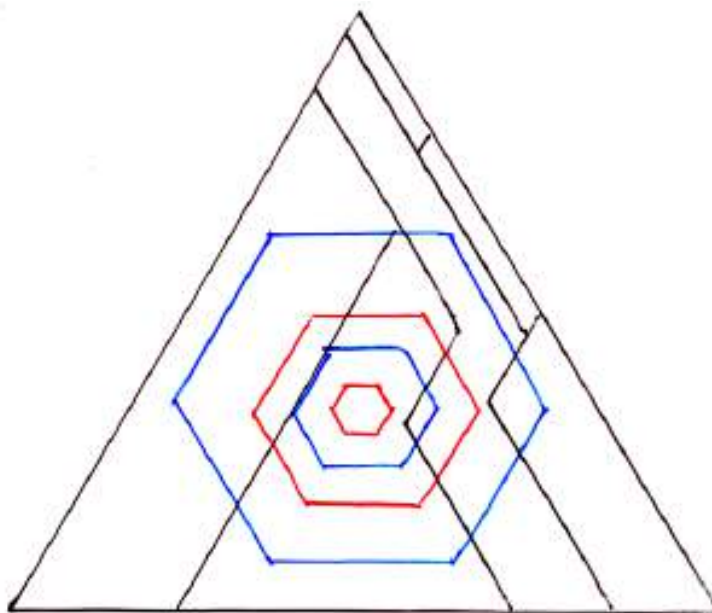


Fig.4.9 Zonat në të cilën mund të ndodhet pika e kërkuar

Kur një poligon kalon në dy ose më shumë zona, mund të merret një diagnozë e gabuar ose e pasigurt për rastin në fjalë. Kjo mund të ketë pasoja të rënda për pajisjen. Në mënyrë që të marrim rezultate të sakta, gabimi i laboratorëve duhet të jetë nën $\pm 10\%$. Pasaktësia e diagnozës rritet me rritjen e gabimit të laboratorëve nga $\pm 10\%$ në $\pm 40\%$. Në rast se gabimi rritet mbi $\pm 40\%$, diagnoza është totalisht e gabuar.

4.11. Metoda e bazuar në inteligjencën artificiale

Në dekadën e kaluar ka pasur kërkime të shumta mbi përdorimin e metodës së inteligjencës artificiale. Një sistem ekspert është një mbështetje për të provuar dëmtimin dhe për diagnozën dhe mirëmbajtjen e transformatorit. Metodët DGA formojnë pjesën më të madhe të sistemit, ndonëse metoda të tjera mund të shërbejnë si metoda speciale diagnostikuese. Informacione të tilla si lloji i transformatorit, niveli i tensionit, rrjedhje gazi, mirëmbajtja dhe historia gjithashtu mund të përfshihen.

Ka pasur disa sisteme që janë zhvilluar. Tabela 4.14 tregon tre shembuj prej tyre, nga të cilët mund të përmbledhim se duhen të paktën tri funksione që të përfshihen në diagnostikimin e defektit të transformatorit të fuqisë. E para, “diagnostikimi kryesor” përfshin disa metoda të DGA-së; e dyta, “mbajtja e ekspertizës” konsiston në disa rregulla; dhe e treta, “këshilla mirëmbajtje” propozon datën e analizës së ardhshme, mirëmbajtjen dhe veprimet që duhet të kryhen.

Tab.4.14 Sistemet eksperte për diagnostikimin e dëmtimeve të transformatorit të fuqisë

Metodat e DGA-së	Veçoria
Raporti Roxhers IEC 599 Gazi kryesor	Kontrolli i gazeve dhe paralajmërimi Duke kontrolluar përmbajtjen e ujit dhe duke paralajmëruar Bazuar në nivelin e dyshimit të nivelit të gazit Këshilla mirëmbajtje bazuar në TDCG
Raporti Dornenburg Raporti Roxhers IEC 599	Raportet, norma prag, analiza e gazit kryesor dhe metoda të tjera Trajton pragjet normë, kufijtë e raporteve dhe analiza e gazit kryesor Rregulla ndihmëse për mirëmbajtjen
Metodat e raporteve	Limitet e normave Analiza historike Rregullat zbuluese të përvojave Bazat e të dhënave dhe përmirësimi i të dhënave të vjetra Rekomandime për mirëmbajtje

Efektiviteti i metodës eksperte varet nga saktësia dhe plotësimi i njohurive bazë, e cila zakonisht është shumë e komplikuar dhe duhet të ndërtohet në mënyrë manuale (me dorë). Problemi më i madh në metodën eksperte është se ajo nuk mund të rregullojë rregullat e veta diagnostikuese automatikisht, e kështu nuk mund të fitojmë njohuri nga mostrat e të dhënave të reja. Kur një sistem ekspert ndërtohet, zakonisht është shumë e vështirë për të bërë përmirësime në të.

4.12. Krahassimi i metodave

Metoda e Testimit është një test në të cilin zbatohen të gjitha metodat e lartpërmendura. Konkretisht, ky është një kombinim në simulink i gjithë metodave të lartpërmendura. Rezultatet e kësaj metode krahasohen me rezultatet e logjikës Fuzzy, nëpërmjet së cilës zbatohet çdo metodë e lartpërmendur. Nga ky krahasim përcaktohet saktësia dhe pajtueshmëria e secilës metodë të DGA-së. Defektet e diagnostifikuara nga çdo metodë janë grupuar në pesë familje kryesore.

Tab.4.15 Ndarje e defekteve në 5 grupe kryesore

Metoda	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅
Roxher	Mbinxehje e lehtë <150 °C	Mbinxehje e përcjellësit	Shkarkim elektrik	Shkarkim i pjesshëm	Gjendje normale
	Mbinxehje 150 °C - 200 °C	Rrymat qarkulluese të pështjellave	Hark elektrik		
	Mbinxehje 200 °C - 300 °C	Rrymat qarkulluese në bërthamë/kazan	Shkarkim elektrik i pandërprerë		

IEC	Defekt termik <150 Defekt termik <150°C Mbinxehje 150°C - 300°C	Defekt termik 300°C-700°C Defekt termik >700°C	Shkarkim me densitet të ulët energjie Shkarkim me densitet të lartë energjie	Shkarkim i pjesshëm me densitet të ulët energjie Shkarkim i pjesshëm elektrik me densitet të lartë energjie	Gjendje normale
Normograf	Mbinxehje	Mbinxehje dhe shkarkim elektrik	Hark elektrik Hark elektrik dhe mbinxehje	Hark elektrik, mbinxehje dhe shkarkim elektrik Hark elektrik dhe shkarkim elektrik	Gjendje normale (<L ₁)
Doernenburg	Dekompozim termik në shkallë të lartë	Dekompozim termik	Hark elektrik	Fenomeni kurorë	Gjendje normale (<L ₁)
Duval	Defekt termik < 300°C	Defekt termik 300°C-700°C Defekt termik >750°C	Shkarkim me densitet të ulët energjie Shkarkim me densitet të lartë energjie	Shkarkim i pjesshëm Përzierje e defekteve termike dhe elektrike	Gjendje normale (<L ₁)
Gazet Kryesore	Gazet kryesore: CH ₄ dhe C ₂ H ₆	Gazet kryesore: C ₂ H ₄	Gazet kryesore: C ₂ H ₂	Gazet kryesore: H ₂	Gjendje normale (<L ₁)

Rezultatet

Çdo metodë e DGA-së ka testuar 92 matje. Nëpërmjet formulave të mëposhtme llogariten diagnozat e suksesshme dhe pajtueshmëria e metodave të DGA-së.

$$SF_n = \frac{RF_n \times 100}{\text{Numri i rasteve të } F_n} \quad (4.1)$$

$$C_{F_n} = \frac{\sum_{n=1}^N SF_n}{\text{Numri i llojeve të defekteve}} \quad (4.2)$$

Tab.4.16 Analiza e rezultateve për çdo grup defekti

Metoda	Kodi i defektit	Numri i parashikimeve (P)	Numri i parashikimeve të sakta (R)	Parashikimet e sakta (S) %	Pajtueshmëria (C)
Roxher	F ₁	10	5	50	45 %
	F ₂	13	13	39	
	F ₃	13	12	55	
	F ₄	9	8	57	
	F ₅	4	3	23	
IEC	F ₁	6	5	50	60 %
	F ₂	26	26	79	
	F ₃	19	18	82	
	F ₄	9	9	64	
	F ₅	6	3	23	
Normograf	F ₁	15	2	20	74 %
	F ₂	24	23	70	
	F ₃	19	18	82	
	F ₄	20	14	100	
	F ₅	14	13	100	
Doernenburg	F ₁	3	2	20	40 %
	F ₂	15	15	45	
	F ₃	9	8	36	
	F ₄	7	6	43	
	F ₅	8	7	54	
Duval	F ₁	10	10	100	88 %
	F ₂	32	30	91	
	F ₃	26	22	100	
	F ₄	10	7	50	
	F ₅	14	13	100	
Gazi Kryesor	F ₁	11	10	100	78 %
	F ₂	46	33	100	
	F ₃	11	10	45	
	F ₄	9	7	50	
	F ₅	13	2	92	

Rezultatet e testimit janë përmbledhur në tabelën 4.16. Metoda e Trekëndëshit të Duvalit është metoda që ka pajtueshmërinë më të lartë në krahasim me rezultat që japin 92 matjet. Më pas vijnë Metoda e Gazit Kryesor, Normografi Logaritmik, Raportet IEC të Gazit, Raportet Roxher të Gazeve dhe e fundit Metoda Doernenburg. Disa metoda kanë shkallë të ulët pajtueshmërie (< 50 %). Vihet re se metodat që gjejnë zbatim pasi kalohet vlera e pragut L₁ kanë saktësi të lartë në diagnozën e defektit. Metodatat që nuk kanë kusht kalimin e vlerës së pragut L₁, s'janë në gjendje të diagnostikojnë Gjendjen Normale. Ky fakt ndikon në pajtueshmërinë e rezultateve.

Përveç pajtueshmërisë së metodave, në këtë punim studiohet dhe saktësia e metodave. Kjo e fundit studiohet në dy kategori: saktësia(A_P) e llogaritur vetëm për matjet e diagnostikuara (T_P) apo dhe saktësia (A_T) e llogaritur për të gjitha matjet (T_C). Formulatat që përdoren për të llogaritur këto dy kategori janë:

$$A_P = \frac{TR}{TP} \times 100 \quad (4.3)$$

$$A_T = \frac{TR}{TC} \times 100 \quad (4.4)$$

Rezultatet që tregojnë saktësinë e çdo metode tregohen në tabelën 4.16. Rezultatet e saktësisë së llogaritur për matjet e diagnostikuara tregojnë se të gjitha metodat kanë një shkallë saktësie më të lartë se 70%. Metoda më e saktë është ajo IEC e Raportëve të

Gazeve. Më pas vijnë Metoda Roxher, Doernenburg, Trekëndëshi i Duvalit, Normografi Logaritmik dhe në fund Metoda e Gazit Kryesor. Siç tregohet edhe në tabelën 4.16, metodat që përdorin kode specifike në diagnozat e tyre kanë saktësi të lartë (> 90%). Ndërsa metodat që përdorin interpretim direkt të bazuar në vlerën e gazeve të çliruara janë më pak të sakta. Megjithatë, rezultatet e saktësisë së llogaritur për të gjitha matjet tregojnë tjetër drejtim. Metodatat që përdorin kode specifike në diagnozat e tyre kanë saktësi të vogël (< 70%).

Një mënyrë për të rritur saktësinë e metodave DGA është përdorimi i sistemeve eksperte. Logjika fuzzy njihet si një sistem ekspert që përdoret për diagnozën e defekteve në transformator. Ky fakt qëndron në sajë të vetive të këtij sistemi për të depozituar informacion dhe këtë informacion ta përdorë për të marrë vendime. Në bazë të studimeve është arritur në përfundimin se përdorimi i logjikës fuzzy zvogëlon numrin e matjeve të padiagnostikuara (në këtë studim, me 17%). Kjo sjell rritjen e saktësisë për të gjitha matjet (nga 45% në 52%) dhe rritjen e pajtueshmërisë (nga 45% në 51%).

Në këtë analizë konkludohet se Trekëndëshi Duval dhe Metoda e Gazit Kryesor janë metodat më të mira për diagnozën e defekteve që janë pjesë e grupeve F_1 (Defekt termik i shoqëruar me temperatura të ulëta) dhe F_2 (Mbinxehje dhe shkarkim elektrik).

Trekëndëshi Duval është metoda më e mirë për diagnozën e defekteve që janë pjesë e grupeve F_3 (Hark elektrik) dhe F_5 (Gjendje normale). Normografi Logaritmik është metoda më e mirë për diagnozën e defekteve që përfshihen në grupin F_5 (Gjendje normale) dhe F_4 (Shkarkim i pjesshëm dhe humbjet kurorë).

KAPITULLI 5

LOGJIKKA FUZZY

5.1. Hyrje

Në këtë kapitull trajtohen bazat teorike të logjikës fuzzy, nocionet themelore të saj, bashkësitë fuzzy dhe veprimet me to, pohime dhe rregulla të këtyre bashkësive.

Teoria e logjikës fuzzy mund të shihet si një përgjithësim i teorisë së logjikës klasike, prandaj fillimisht jepen njohuritë themelore të logjikës klasike (boolean), si një referencë për zhvillimin e teorisë së logjikës fuzzy.

Në fund të kapitullit është ilustruar funksionimi i sistemeve fuzzy dhe janë përshkruar karakteristikat e dy sistemeve themelore fuzzy: Sugeno dhe Mamdani.

5.2. Teoria fuzzy, kuptimi dhe nocionet

5.2.1. Përshkrimi i logjikës fuzzy

Logjika fuzzy ka dy kuptime të ndryshme. Në një këndvështrim të ngushtë është një sistem logjik. Në një kuptim më të gjerë është sinonimi i teorisë së grupeve fuzzy, e cila u referohet bashkësive të objekteve që kanë kufij të papërcaktuar, dhe të qenit pjesë e këtyre bashkësive përcaktohet në nivele sasiore në përqindje. Pra, një element mund të jetë pjesë e një bashkësie, pjesërisht mund të shmanget vlerësimi, është plotësisht apo s'është fare. Këtë e shpreh teoria fuzzy. Dhe në kuptimin e parë, logjika fuzzy ndryshon në koncept dhe në substancë me sistemet logjike tradicionale.

Në këtë studim, logjika fuzzy do të studiohet në raport me teorinë e grupeve fuzzy. Kjo logjikë ka si veçanti përdorimin e variablave linguistikë, të cilët kanë si vlera apo parametra fjalët dhe jo numrat. Kjo metodë përdor për llogaritje fjalët dhe jo numrat. Edhe pse fjalët janë më pak të sakta se numrat, përdorimi i tyre qëndron më afër intuitës njerëzore.

Një veçanti në përdorimin e logjikës fuzzy është përdorimi i rregullave fuzzy. Ato janë të ndërtuar në formën "Nëse-Atëherë". Sistemet e bazuara në rregulla kanë gjetur përdorim të gjerë në Inteligjencën Artificiale, por ajo që u mungon këtyre sistemeve është një mekanizëm që bën lidhjen e shkakut me pasojën. Ky lloj mekanizmi është ndërtuar në sistemin fuzzy. Ky mekanizëm quhet Varësia Fuzzy dhe Gjuha e Komandës (FDCL- Fuzzy Dependency and Command Language). Arsyeja e përdorimit të logjikës fuzzy qëndron në relativitetin e rëndësisë së një përgjigjeje ekzakte: Sa e rëndësishme është të marrësh një përgjigje ekzaktësisht të saktë, kur mund të nevojitet një përgjigje e përgjithshme? Edhe pse logjika fuzzy është metodë e re, koncepti i aplikimit të saj bazohet në arsyetimin e njeriut, që është një aftësi e hershme. Parë në këtë këndvështrim, logjika fuzzy mund të konsiderohet metodë e re dhe e vjetër. Në logjikën fuzzy vihet në balancë saktësia dhe kuptimi i përgjithshëm i një përgjigjeje.

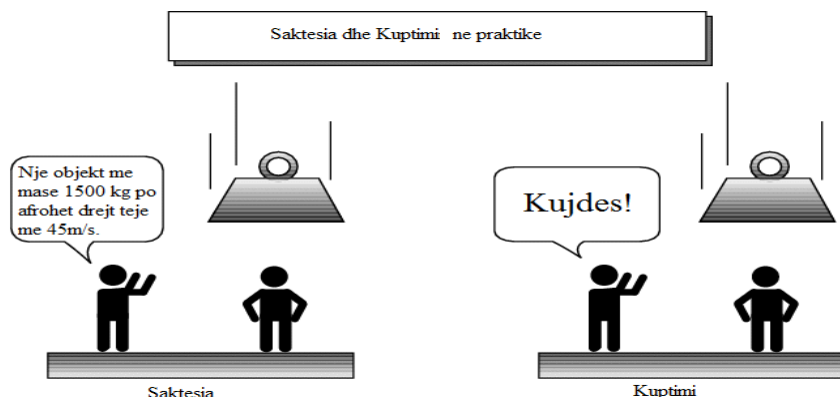


Fig.5.1 Saktësia dhe kuptimi në praktikë

Logjika fuzzy është një mënyrë e përshtatshme, ku nëpërmjet vlerës së inputit tregohet output i duhur. P.sh, në bazë të Sasisë Totale të Gazeve të Djegshme (TDCG) në vajin e transformatorit, logjika fuzzy të tregon masat që duhen marrë ndaj transformatorit. Në figurën e mëposhtme është ilustruar marrëdhënia e inputit me outputin në logjikën fuzzy.

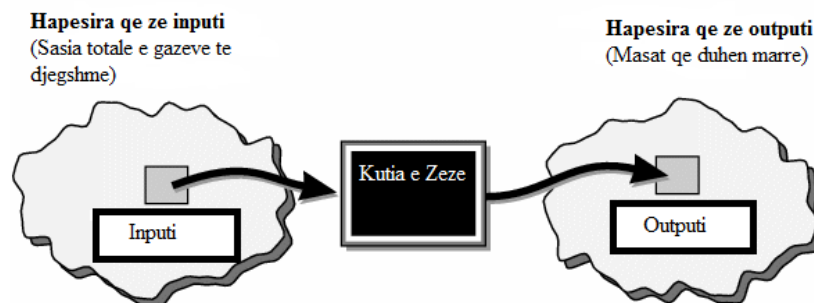


Fig.5.2 Hapësira që zë inputi dhe outputi. "Çfarë masash duhen marrë në bazë të sasisë totale të gazeve"

Për të përcaktuar masat e duhura që duhen marrë ndaj transformatorit, nevojitet një lidhje e saktë ndërmjet inputeve dhe outputeve. Midis tyre tregohet një kuti e zezë që realizon lidhjen. Kjo kuti mund të jetë: sistem fuzzy, sistem ekspert, sistem linear, rrjet neural, ekuacione diferenciale etj. Arsyeja pse kjo kuti duhet të jetë sistem Fuzzy vjen nga vetë krijuesi i këtij sistemi, Lotfi Zadeh, i cili thotë: "Në çdo rast mund të merret i njëjti produkt pa përdorur Logjikën Fuzzy, por kjo logjikë është më e shpejtë dhe më e lirë se sistemet e tjera".

5.2.2. Vlerat e përdorimit të Logjikës Fuzzy

Më poshtë është renditur një listë me vlerësimet që i janë bërë logjikës fuzzy:

- Konceptet themelore të këtij sistemi janë të lehta për t'u kuptuar. Arsyetimi që ndjek kjo metodë bazohet në koncepte të thjeshta matematikore.
- Logjika fuzzy është fleksibël si sistem. Mund të bashkëveprojë me lehtësi me sistemet e tjera.
- Është sistem tolerues ndaj të dhënave që kanë një shkallë pasaktësie.
- Logjika fuzzy mund të modelojë funksione jolineare me shkallë të lartë kompleksiteti. Mund të ndërtohet një sistem fuzzy që mund të funksionojë me çdo lloj të dhënash si inpute dhe outpute.
- Një sistem fuzzy mund të ndërtohet duke u bazuar në njohuritë e ekspertit të fushës.
- Logjika fuzzy mund të punojë në harmoni të plotë me teknikat tradicionale të kontrollit. Këto të fundit, duke u shtuar logjikën fuzzy, bëhen më të lehta për të zbatuar.
- Përdorimi i logjikës fuzzy bazohet në gjuhën e thjeshtë të komunikimit. Kjo e bën këtë sistem të lehtë për t'u përdorur. Vlerësimi i fundit i bërë ndaj sistemit fuzzy është më i rëndësishmi.

5.2.3. Një këndvështrim i përgjithshëm i sistemit Fuzzy

Principi kryesor i logjikës fuzzy është përcaktimi i marrëdhënieve midis inputeve dhe outputeve, dhe kjo bëhet nëpërmjet rregullave të formës "Nëse-Atëherë". Të gjitha rregullat zbatohen në paralel në raport me njëra-tjetrën dhe renditja e tyre është e

parëndësishme. Rregullat u referohen variableve dhe mbiemrave që përshkruajnë këto variabla. Përpara se të ndërtohet një sistem që bën interpretimin e rregullave, si fillim duhen përcaktuar termat që do të përdoren dhe mbiemrat që do t'i përshkruajnë ato. Për të thënë që uji është i nxehtë, duhet përcaktuar intervali i ndryshimit të temperaturës së ujit, si dhe duhet përcaktuar kuptimi i fjalës "i nxehtë". Diagramat e mëposhtme tregojnë procesin e vlerësimit të logjikës fuzzy.

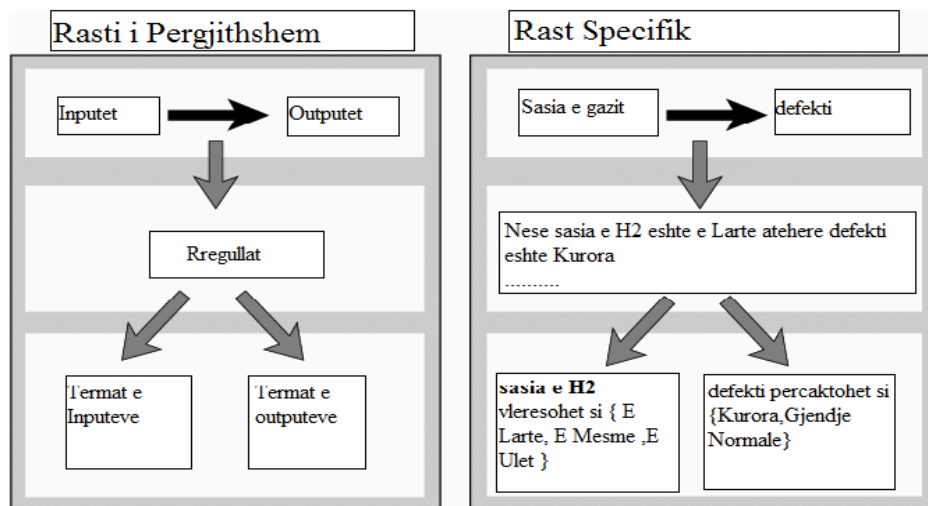


Fig.5.3 Ilustrim i përgjithshëm i Logjikës Fuzzy

Në figurën e sipërme, përveç rastit të përgjithshëm kemi edhe një rast specifik. Ai është shkëputur nga metoda Key Gas Method, e cila bën vlerësimin e gjendjes së transformatorit në bazë të sasive individuale të gazeve kryesore. Në figurën e mësipërme tregohet se si ndikon sasia e gazit H₂ në gjendjen e transformatorit. Pra, vlerësimi fuzzy është një metodë që interpreton vlerat e vektorit të inputeve dhe bazuar në grupin e rregullave përcakton vlerat e vektorit të outputeve.

5.3. Bashkësitë logjike Fuzzy dhe veprimet me to

Logjika fuzzy mund të shihet si një përgjithësim i teorisë logjike klasike. Duke ndjekur këtë arsyetim, është e nevojshme që disa njohuri të logjikës klasike të paraqiten shkurtazi, për të siguruar vijueshmërinë e materialit.

5.3.1. Bashkësitë logjike klasike

Një bashkësi klasike (boolean) **A** përbëhet nga elementet e një super bashkësie **X** ($x \in X$), e quajtur bashkësia Univers ose **Universi**. Bashkësia **A** kënaq konditën specifike $A \subseteq X$. Një bashkësi është përcaktuar me anë të funksionit të saj të anëtarësisë (quajtur ndryshe karakteristika ose shkalla e vërtetësisë) $\mu_A(x)$:

$$\mu_c(x) = \begin{cases} 1 & \text{kur } x \in A \\ 0 & \text{kur } x \notin A \end{cases} \quad (5.1)$$

Ky funksion shpreh që një element x i bashkësisë Univers i përket plotësisht ose nuk i përket bashkësisë A . Funksioni i anëtarësisë është quajtur shpesh *funksion anëtarësie*

ose funksion anëtarësie zero-një me referencë dy vlera të vetme që mund të pranohen. Funksione të tilla binare mbështeten nga logjika klasike (boolean), në të cilën anëtarësia totale në një bashkësi është paraqitur nga 1 (e vërtetë), përjashtimi total nga 0 (e pavërtetë). Kjo tregon që kalimi midis dy bashkësive fqinje të universit të diskutimit është i prerë.

5.3.2. Veprimet mbi bashkësitë klasike

Kemi dy bashkësi A dhe B të përcaktuara në bashkësinë Univers X . Veprimet themelore me këto dy bashkësi janë paraqitur si më poshtë: produkti kartezian, plotësi, diferenca, ndërprerja, bashkimi. Këto mund të jenë përcaktuar duke iu referuar funksioneve të anëtarësisë:

Produkti kartezian	$A \otimes B = \{(x, y) x \in A \text{ e } y \in B\}$	$\mu^{A \otimes B}(x, y) = \mu^A(x) \mu^B(y)$ ($x \in A, y \in B$)
Plotësi i A	$\tilde{A} = \{x x \notin A\}$	$\mu^{\tilde{A}}(x) = 1 - \mu^A(x)$ ($x \in A$)
Diferenca	$A - B = \{x x \in A \text{ e } x \notin B\}$	
Ndërprerja (AND logjik)	$A \cap B = \{x x \in A \text{ e } y \in B\}$	$\mu^{A \cap B}(x, y) = \min[\mu^A(x), \mu^B(y)]$ ($x \in A, y \in B$)
Bashkimi (OR logjik)	$A \cup B = \{x x \in A \text{ o } y \in B\}$	$\mu^{A \cup B}(x, y) = \max[\mu^A(x), \mu^B(y)]$ ($x \in A, y \in B$)

Veprimet e mësipërme bazohen në dy principe jokontradiktore të logjikës klasike. Principi i parë pranon që një element x nuk mund t'i përkasë njëkohësisht një bashkësie A dhe plotësit të saj $\tilde{A}$, pra ndërprerja e A dhe $\tilde{A}$ është zero dhe jep bashkësi boshe:

$$A \cap \tilde{A} = \emptyset$$

Ndërsa i dyti pranon që bashkimi i një bashkësie A me plotësit të saj $\tilde{A}$ jep universin e diskutimit X :

$$A \cup \tilde{A} = X$$

5.4. Bashkësitë Fuzzy, funksionet karakteristike, veprimet mbi bashkësitë Fuzzy

5.4.1. Bashkësitë Fuzzy

Logjika fuzzy fillon me konceptin e bashkësisë fuzzy, e cila është një bashkësi me kufij të papërcaktuar me saktësi. Një ose më shumë elemente mund të jenë pjesë e kësaj bashkësie pjesërisht.

Për të kuptuar konceptin e grupeve fuzzy, fillimisht do të flasim për bashkësitë klasike. Elementët që bëjnë pjesë në këtë bashkësi janë anëtarë në masën 100 %, elementët e tjerë s'janë anëtare fare të këtyre bashkësive. Pra, anëtarësia në këto bashkësi nuk është

çështje sasiore. P.sh. e hëna dhe e marta hyjnë në bashkësinë e ditëve të javës, ndërsa muajt prill dhe janar nuk janë.

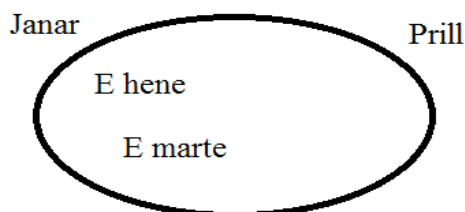


Fig.5.4 Bashkësitë klasike

Në bashkësinë e mësipërme kufijtë janë të qartë, elementët janë ose s'janë anëtarë në këto bashkësi. Por le të flasim për bashkësinë e ditëve të javës. Diagrama e mëposhtme e ilustron një të tillë.

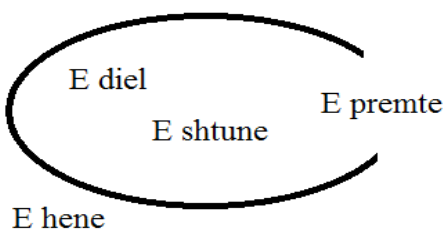


Fig.5.5 Bashkësitë fuzzy

E premtja perceptohet shpeshherë si ditë fundjave në jetën e përditshme, por teknikisht nuk është ditë e fundjavës. Për këto arsye, në diagramën e mësipërme ajo është vendosur në kufij të bashkësisë. Këtu hyn logjika fuzzy, e cila mbështetet në perceptimet relative të njerëzve dhe u jep përparësi këtyre perceptimeve në krahasim me përpikërinë. Në logjikën fuzzy, vërtetësia e çdo deklaratë është çështje sasiore.

Çdo deklaratë mund të jetë fuzzy. Me anë të logjikës fuzzy mund të ndërtohen pohime që japin përgjigje pjesërisht "po" ose "jo". Por si është e mundur? Nëse i japim pohimit një vlerë 1 dhe mohimit një vlerë 0, intervali ndërmjet këtyre dy numrave jep kuptime të ndërmjetme. P.sh.:

- A është E Shtuna ditë e fundjavës? 1 (Po).
- A është E Marta ditë e fundjavës? 0 (Jo).
- A është E Premtja ditë e fundjavës? 0.8 (Jo plotësisht)

Në figurën e mëposhtme janë dy grafikë. Në grafikun majtas janë përgjigjet ekzakte "po" ose "jo", ndërsa në grafikun djathtas janë përgjigjet e ndërmjetme.

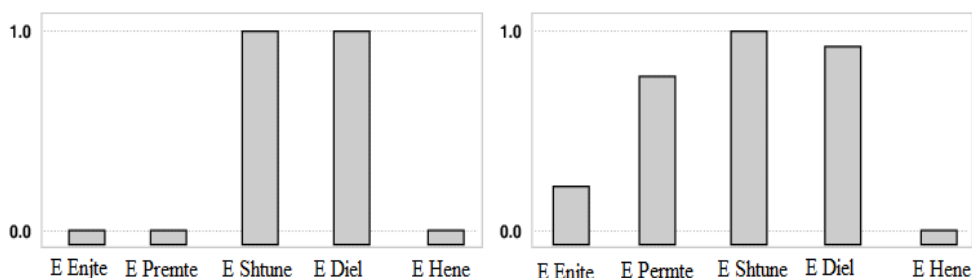


Fig.5.6 Grafikët me dy vlera dhe me shumë vlera

Dy grafikët e mësipërm paraqesin dy lloj logjikash. Nëse duhet t'i japësh një përgjigje pyetjes "A është elementi x anëtar i bashkësisë A?". Nëse ndjek logjikën e grafikut të parë, përgjigjja është po ose jo. Kjo është logjika dyvlerëshe. Por përgjigjja mund të jetë një vlerë midis po-së ose jo-së. Këtë logjikë paraqet grafiku i dytë. Kjo quhet logjika shumëvlerëshe. Po të ndjekim logjikën e dytë, elementi x mund të jetë anëtar pjesërisht në bashkësinë A.

Temën e mësipërme për ditët e fundjavës mund ta trajtojmë me anë të funksioneve membership. Siç vërehet edhe në figurën 5.7, kemi dy lloj funksionesh. Në funksionin e vazhduar analizohet çdo kohë e ditës, në këtë mënyrë një ditë e javës mund të konsiderohet pjesë e fundjavës në një përqindje të caktuar. Ndaj, po të vihet re në grafikun e dytë, gjysma e dytë e ditës së premte mund të konceptohet pjesërisht si ditë fundjave. Kjo përputhet me konceptin e një pjese të njerëzve. Ndërsa në funksionin e parë përcaktohen si ditë fundjave në mënyrë ekzakte vetëm dy ditë. Kjo logjikë e ndjekur është shumë e saktë, por shpeshherë nuk përputhet me eksperiencën njerëzore. Kurba e dytë përdoret në logjikën fuzzy dhe quhet *funksiion membership*. Kjo kurbë realizon në fuzzy caktimin e përkatësisë sasiore të inputit ndaj outputit.

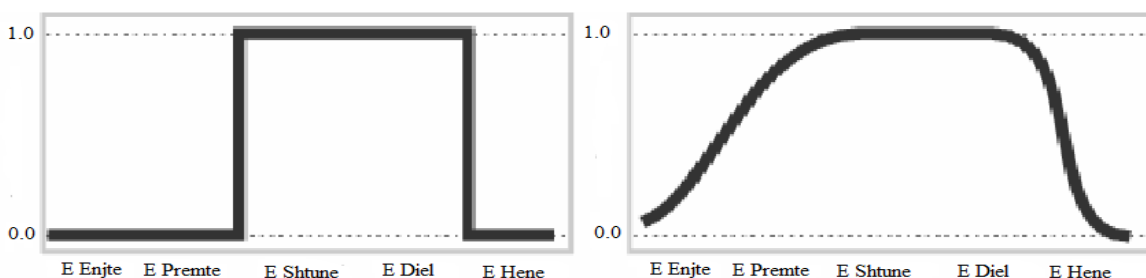


Fig.5.7 Trajtimi i ditëve si pjesë e fundjavës nga funksioni membership dyvlerësh dhe shumëvlerësh

Kalimi i menjëhershëm nga një bashkësi në një tjetër është pak i ngjeshur në kuptimin e zakonshëm. Ndërsa principet jokontradiktore prodhojnë shpesh rezultate larg atyre të dëshiruara. Fenomenet e botës reale janë mbi të gjitha të bazuara mbi ndryshimin e vazhdueshëm dhe gradual, ku nuk ka ndarje në dy pjesë për ekstremet e kundërta.

Logjika *fuzzy*, që paraqet një përgjithësim të logjikës klasike, braktis bivalencën e *vërtetë-e pavërtetë* dhe pranon shkallë të pafund të vërtetësisë së pjesshme në intervalin e vazhdueshëm $[0,1]$ [1]. Në një interval të tillë, për çdo element x të universit, 0 tregon jo anëtarësi, ndërsa 1 tregon anëtarësi totale. Pra, dhe një bashkësi *fuzzy* është një përgjithësim i një bashkësie klasike. Një bashkësi *fuzzy* A' është një koleksion i elementeve x , ku x i përket universit X , përshkruar nga funksioni i anëtarësisë (ose karakteristik) $\mu^{A'}(x)$, e cila mund të pranojë të gjitha vlerat të përfshira midis 0 dhe 1:

$$A' = \{ \{x, \mu^{A'}(x)\} \mid x \in X \} \quad (5.2)$$

Shënimi $\mu^{A'}(x)$ tregon shkallën e anëtarësisë së elementit x në bashkësinë A' . Kështu, funksioni karakteristik është paraqitur nga ordinata dyshe $(x, \mu^{A'}(x))$ dhe tregon një element çfarëdo të X me një gradë të anëtarësisë në intervalin $[0,1]$.

5.4.2. Funksionet e anëtarësisë

Zgjedhja e tipit të funksionit të anëtarësisë është bërë përgjithësisht në bazë të kuptimit më të mirë ose nga ana e ekspertëve që do ta zgjidhin problemin konkret të shtruar për

zgjidhje. Në disa raste është e dobishme të përdoren funksione parametrike të anëtarësisë, parametrat e të cilëve rregullohen në funksion të problemit specifik [2]. Format komplekse mund të jenë më të përshtatshme për problemin që zgjidhet, por sjellin një strukturë më të komplikuar. Në disa sisteme nuk është primare arritja e saktësisë më të mirë të mundshme, por kostoja është faktori primar. Në këto raste, kërkesa e funksioneve elementare të anëtarësisë është jashtëzakonisht e dobishme.

Format më të zakonshme të përdorura të funksioneve të anëtarësisë janë si më poshtë:

- **Trekëndore** (Figura 5.8):

Funksioni i anëtarësisë i formës trekëndore varet nga tre parametra a , b , c dhe shprehet në formulën 5.3.

$$\mu^{A'}(x, a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < a \\ (x-a)/(b-a) & a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b) & b \leq x \leq c \\ 0 & x > c \end{cases} \quad (5.3)$$

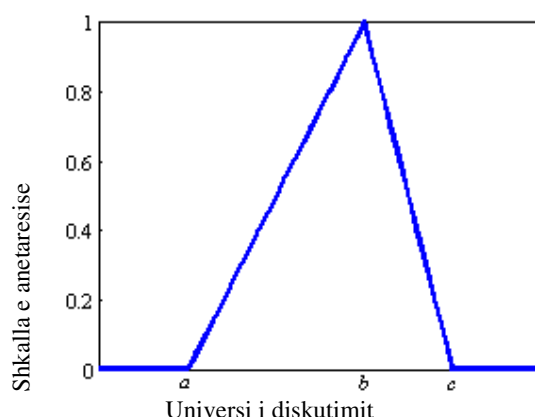


Fig.5.8 – Funksioni i anëtarësisë trekëndor

- **Trapezoidale** (Figura 5.9):

Një funksion gjenerik trapezoidal i anëtarësisë varet nga katër parametra, a , b , c , d dhe shprehet në formulën 5.4.

$$\mu^{A'}(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & x < a \\ (x-a)/(b-a) & a \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ (d-x)/(d-c) & c \leq x \leq d \\ 0 & x > d \end{cases} \quad (5.4)$$

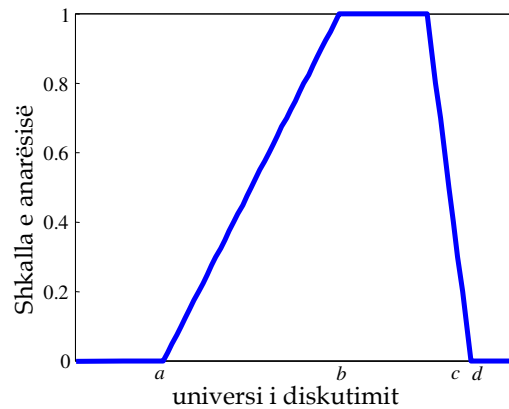


Fig.5.9 – Funksioni i anëtarësisë

- **Singleton** (Figura 5.10):

Ky tip funksioni i anëtarësisë është paraqitur nga impulse të thjeshta me vlerë njësi. Ky funksion është shumë i përdorur për bashkësitë *fuzzy* të daljes për arsye të thjeshtësisë së llogaritjes së vijave qendrore në veprimin e defuzifikimit, siç do të ilustruhet në kapitullin e ardhshëm.

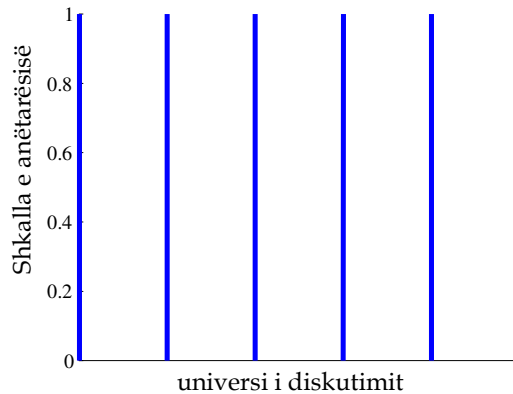


Fig.5.10 – Funksioni i anëtarësisë

- **Sigmoide** (Figura 5.11):

Funksioni i anëtarësisë sigmoidale varet nga dy parametra, a dhe b :

$$\mu^{A'}(x, a, b) = \frac{1}{1 + \exp[-a(x - b)]} \quad (5.5)$$

ku a përcakton pjerrësinë në pikën e përkuljes së abshisës b .

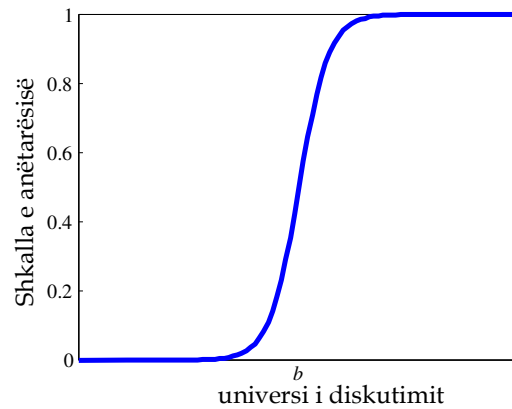


Fig.5.11 – Funksioni i anëtarësisë sigmoidale

○ **Kurba me kambanë** (Figura 5.12):

Funksion gjenerik i anëtarësisë kambanë varet nga tre parametra a , b e c sipas ligjit të mëposhtëm:

$$\mu^{A'}(x, a, b, c) = \frac{1}{1 + [(x - c)/a]^{2b}} \quad (5.6)$$

Ai është një përgjithësim i shpërndarjes Cauchy përdorur në teorinë e probabilitetit dhe mund të jetë përftuar prej dy kurbave sigmoidale.

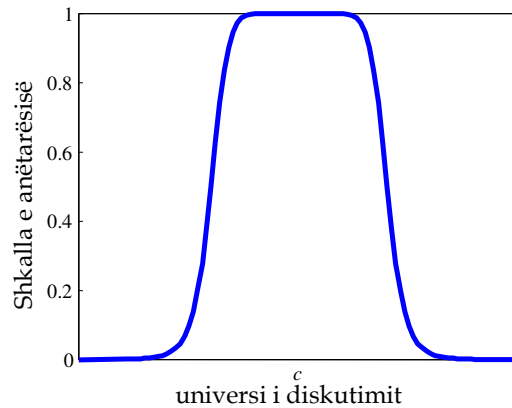


Fig.5.12 – Funksioni i anëtarësisë këmbanë

○ **Gaussiana** (Figura 5.13):

Ky funksion varet prej dy parametrave, σ e c :

$$\mu^{A'}(x, c, \sigma) = \exp\left\{-\frac{(x - c)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (5.7)$$

ku c dhe σ përcaktojnë respektivisht qendrën dhe distancën e kurbës.

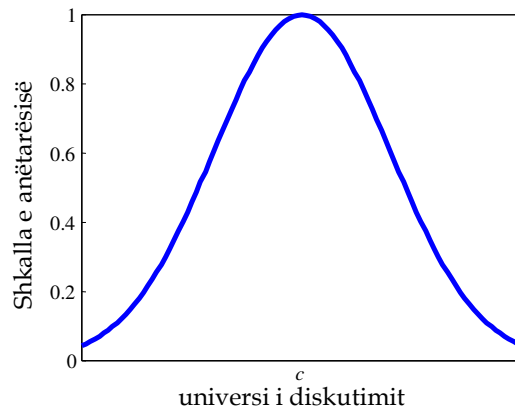
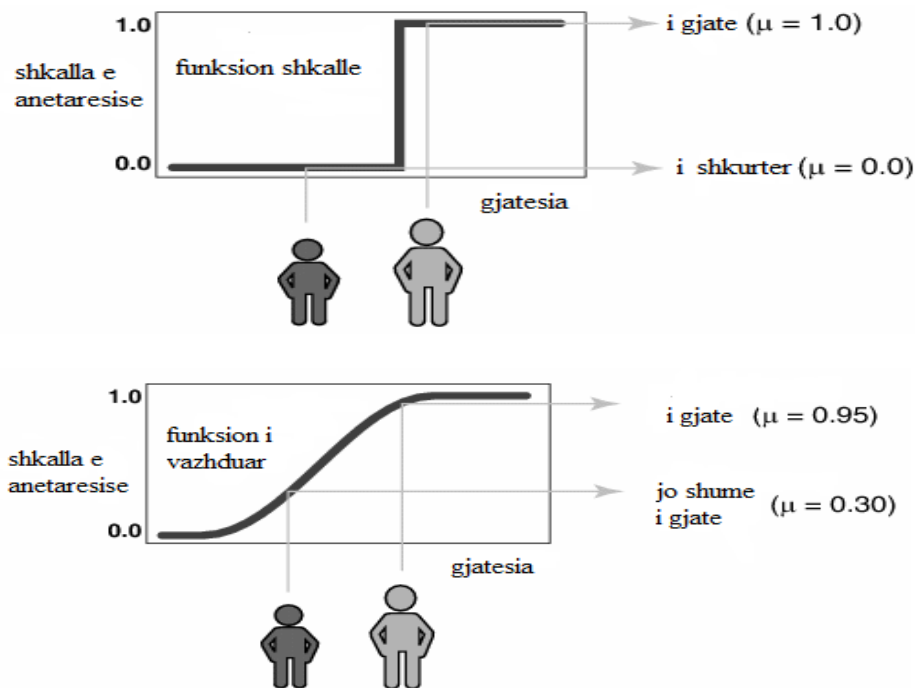


Figura 5.13 – Funksioni i anëtarësisë

Një shembull i thjeshtë nga jeta e përditshme mund të ilustrojë kuptimin e funksionit membership. Le të gjykojmë gjatësinë e njerëzve. Njerëzit që janë më të gjatë se 1,8 metra konsiderohen "të gjatë". Ky numër përcakton një kufi ekzakt dhe i ndan njerëzit në dy grupe, "të gjatë" dhe "të shkurtër". Nëse një njeri që është 1,81m konsiderohet "i gjatë" dhe një njeri 1,79 konsiderohet "i shkurtër", kjo ndarje s'ka logjikë, sepse diferenca midis tyre është vetëm 0,02 cm. Për t'iu afruar koncepteve praktike, do të përdoret një funksion membership edhe në këtë rast.



Një përmbledhje e funksioneve të anëtarësisë (membership):

- Bashkësitë fuzzy përshkruajnë konceptet të përcaktuara në mënyrë të paqartë (p.sh. ditë fundjave, njeri i gjatë etj).
- Një bashkësi fuzzy përmban elementë të anëtarësuar pjesërisht (p.sh. Dita e premte mund të konsiderohet si fundjavë).
- Niveli i përkatësisë së një elementi në një bashkësi përcaktohet nga intervali $[0,1]$. (p.sh. e premtdja mund të konsiderohet ditë fundjave në shkallën 0,8).

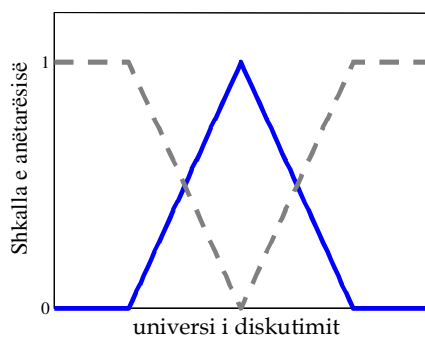
5.4.3. Veprimet mbi bashkësitë Fuzzy

Veprimet me bashkësitë *fuzzy* janë të gjitha analoge me ato të bashkësive klasike dhe japin të njëjtat rezultate nëse vlerat e funksioneve të anëtarësisë janë vetëm 0 ose 1. Pra, logjika *fuzzy* përfshin logjikën klasike dhe ngre një përgjithësim. Si ne rastin e veprimeve me bashkësitë klasike, përcaktohen edhe veprimet me bashkësitë fuzzy. Ky grup veprimesh është më i plotë, si vijon.

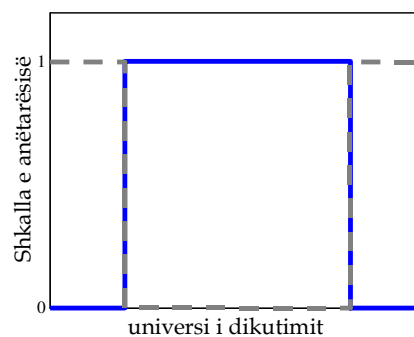
Ndërprerja (AND fuzzy)		
	$\min[\mu^{A'}(x), \mu^{B'}(x)]$	<i>minimumi</i>
	$\mu^{A'}(x) \mu^{B'}(x)$	<i>Produkti algjebrik</i>
	$\max[0, \mu^{A'}(x) + \mu^{B'}(x) - 1]$	<i>Ndërprerja e Lukasiewicz</i>
	$\mu^{A'}(x) + \mu^{B'}(x) - 1$	<i>Produkti i kufizuar</i>
	$\min[\mu^{A'}(x), \mu^{B'}(x)]$, nqs. $\mu^{A'}(x)=1$ ose $\mu^{B'}(x)=1$, përndryshe 0	<i>Produkti drastik</i>
Bashkimi (OR fuzzy)		
	$\min[\mu^{A'}(x), \mu^{B'}(x)]$	<i>minimumi</i>
	$\mu^{A'}(x) + \mu^{B'}(x) - \mu^{A'}(x)\mu^{B'}(x)$	
	$\min[1, \mu^{A'}(x) + \mu^{B'}(x)]$	
	$\max[\mu^{A'}(x), \mu^{B'}(x)]$, nqs. $\mu^{A'}(x)=0$ ose $\mu^{B'}(x)=0$, përndryshe =0	
	0 përndryshe	

Për të sqaruar më tej veprimet mbi bashkësitë *fuzzy*, në figurën 5.14 paraqiten disa shembuj të veprimeve midis bashkësive klasike dhe bashkësive *fuzzy*. Për veprime ndërmjet bashkësive *fuzzy* është përdorur operatori “maksimum” për bashkimin (OR fuzzy) dhe operatori “minimum” për ndërprerjen (AND fuzzy).

A dhe plotësi $\tilde{A}$

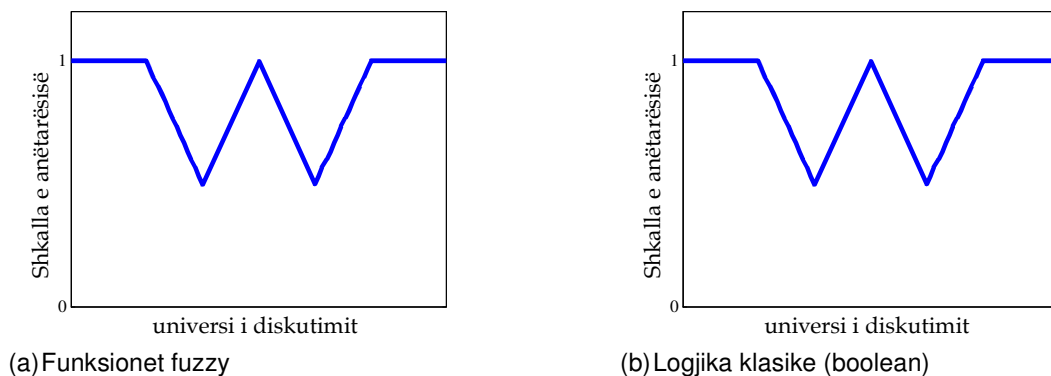


(a) Funksionet fuzzy



(b) Logjika klasike (boolean)

Bashkimi i A me plotësin e saj $\tilde{A}$ ($A \cup \tilde{A}$)



Ndërprerja e A dhe plotësit të saj $\tilde{A}$ ($A \cap \tilde{A}$)

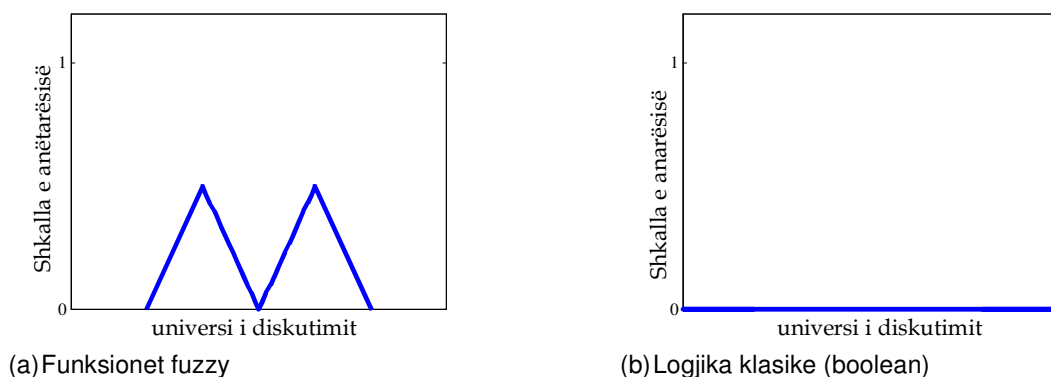


Fig.5.14 – Krahësimi midis veprimeve mbi bashkësitë fuzzy (a) dhe mbi bashkësitë booleani (b)

Si një shembull konkret janë figurat e mëposhtme:

A	B	A and B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

AND

A	B	A or B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

OR

A	not A
0	1
1	0

NOT

Fig.5.15 Operatorët logjikë

Në Logjikën Fuzzy, e vërteta e çdo pohimi është çështje sasiore. Vlerat e inputit mund të jenë midis 0 dhe 1. Pyetja qëndron se kush ruan rezultatet e tabelës së operatorit AND, si dhe shtrihet në intervalin e numrave $[0,1]$? Përgjigjja është funksioni *minimum* që shënohet *min*. Kjo e bën këtë funksion ekuivalentin e operatorit AND. Funksioni *maximum*, që shënohet *max*, është ekuivalent i operatorit OR dhe operatori NOT ekuivalentohet me veprimin $1-A$. Nga të gjitha këto zëvendësime, tabelat me veprimet logjike marrin trajtën e mëposhtme:

A	B	min(A, B)
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

AND

A	B	max(A, B)
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

OR

A	1 - A
0	1
1	0

NOT

Fig.5.16 Operatorët logjikë të ndryshuar

5.4.4. Relacionet linguistike (Rregulla Fuzzy të tipit "Nëse-Atëherë")

Relacionet linguistike janë rregulla logjike që përdoren për të kryer veprime dhe për të lidhur elementët e ndryshëm të bashkësive *fuzzy*, për të arritur në një gjykim final.

nëse x është A , atëherë y është B

ku x dhe y janë dy elemente të universit të diskutimit X dhe Y respektivisht, ndërsa A dhe B janë vlerat linguistike me anë të të cilave u referohemi dy bashkësive *fuzzy* në universet e diskutimit X dhe Y respektivisht. Pjesa e majtë e relacionit është quajtur *paraardhësja* ose *premisa*, ajo e djathta *konsekuenca* ose *konkluzioni*. Ato mund të quhen gjithashtu shkaku dhe pasoja.

Një relacion linguistik nuk është gjë tjetër veçse bashkim i një shprehje linguistike *hyrje* me një shprehje linguistike *dalje*. Në përgjithësi, hyrja e një relacioni linguistik është vlera aktuale e një variabli të hyrjes, ndërsa dalja është një bashkësi e plotë *fuzzy*. Kjo bashkësi e plotë *fuzzy* do të jetë kthyer në një vlerë numerike të vetme, me anë të të ashtuquajturit *defuzifikim*.

Interpretimi i një rregulle përfshin pra dy pjesë të dallueshme: vlerësimin e premisë, që përfshin *fuzifikimin* e hyrjes dhe aplikimin e operatorëve *fuzzy*, si dhe marrjen e rezultatit si konsekuencë, veprim i shënuar si *implikim*. Në logjikën binare, aplikimi i një rregulle nuk paraqet ndonjë vështirësi: nëse premisa është e vërtetë, konkluzioni është i vërtetë. Aplikimi i së njëjtës rregull, tek logjika *fuzzy*, nënkupton që nëse premisa është e vërtetë sipas një shkalle përcaktuese të vërtetësisë, atëherë konkluzioni është i vërtetë me të njëjtën shkallë vërtetësie.

Premisa e një rregulle (kështu dhe konsekuentja) mund të jetë përbërë nga më shumë pjesë:

- nëse x është A dhe y është B , atëherë z është C , (2 premisa dhe 1 konsekuencë)
- nëse x është A , atëherë y është B dhe z është C (1 premise dhe 2 konsekuenca)

Në një rast të tillë, secila pjesë e premisë është vlerësuar në mënyrë individuale.

5.5. Funksionimi i sistemeve Fuzzy

Siç është parë në paragrafët e mëparshëm, një sistem *fuzzy* është karakterizuar nga elementet e mëposhtme:

- funksioni i anëtarësisë së hyrjes
- rregulla *fuzzy*
- funksioni i anëtarësisë së daljes

Pas përcaktimit të një sistemi të tillë, çështja qëndron se si do ta përdorim këtë sistem, si do ta vëmë atë në funksionim. Çfarë rrugësh dhe metodash do të përdoren për të analizuar tërësinë e informacionit në hyrje të këtij sistemi, me qëllim që të kemi një rezultat logjik të vetëm mbi të cilin do të mbështetet vendimmarrja.

Duke përdorur këto elemente dhe vetitë e tyre proceset dhe veprimet në një sistem *fuzzy* do të kalojnë në disa faza të renditura si më poshtë:

- Fuzifikimin e hyrjeve
- Inferenza (gjykimi) *fuzzy*
- Kompozimi i daljes *fuzzy*
- Defuzifikimi

Në vazhdim janë analizuar me hollësi secila nga këto veprime të sistemit *fuzzy*.

5.5.1. Fuzifikimi

Në përgjithësi, hyrjet e një sistemi nuk janë *fuzzy*, por vlera numerike të madhësive fizike. Për të arsyetuar në lidhje me *fuzzy* duhet fillimisht të ndërtohen funksionet *fuzzy*, që do të thotë për çdo vlerë numerike fizike të përcaktohet një vlerë e anëtarësisë për funksionet *fuzzy*, duke krijuar bashkësitë *fuzzy* përkatëse të çdo madhësie fizike në hyrje. Një veprimi i tillë është quajtur *fuzifikim*. Për një vlerë të dhënë x_0 dhe një bashkësi *fuzzy* A në universin e diskutimit X , llogaritet shkalla e anëtarësisë $\mu^A(x_0)$. Nga bashkësia A mund të dallojmë një nënbashkësi A' që kanë vlerat (ordinatat) maksimale $\mu^A(x_0)$. Funksioni i anëtarësisë së nënbashkësisë A' përcaktohet si më poshtë (shiko figurën 5.17):

$$\mu^{A'}(x) = \max(\mu^A(x_0), \mu^A(x)) \quad (5.8)$$

Në përgjithësi, për çdo bashkësi vlerash numerike në hyrje, krijohen bashkësi të ndryshme *fuzzy*. Nëse këto bashkësi janë pjesërisht të mbivendosura, atëherë dhe shkallët korresponduese të vërtetësisë janë përgjithësisht të ndryshme. Pra, *fuzifikimi* është një proces që merr vlerat numerike në hyrje të sistemit *fuzzy* dhe, mbi bazën e njohjes së funksioneve të anëtarësisë të hyrjes, jep bashkësitë *fuzzy* të aktivizuara nga këto vlera. Në praktikë, më shumë se bashkësitë e aktivizuara A' përdoret shkalla e tyre maksimale e vërtetësisë $\mu^A(x)$, që në mbetje përkon me $\mu^A(x_0)$ (shiko figurën 5.17).

Nga figura duket qartë procesi i *fuzifikimit*. Kështu, vlera numerike x_0 bën pjesë në bashkësinë *fuzzy* A . Në këtë bashkësi A vlera maksimale e shkallës së anëtarësisë së x_0 do të jetë $\mu^A(x_0)$. Atëherë për të thjeshtuar punën, ne nuk punojmë me bashkësinë A , por me nënbashkësinë e saj A' , në të cilën vlera maksimale e anëtarësisë përkon me $\mu^A(x_0)$.

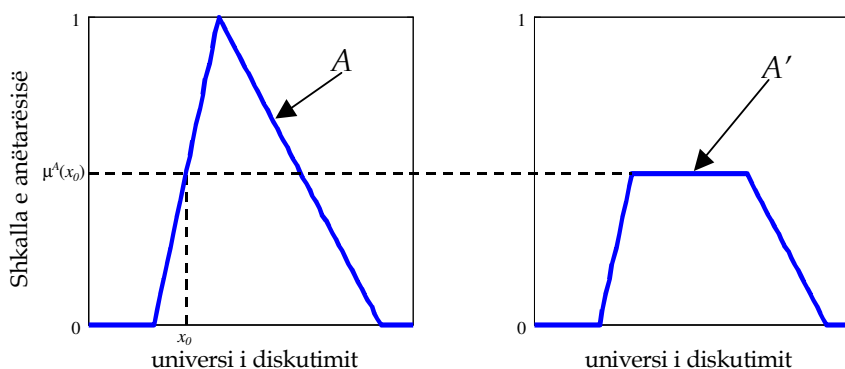


Fig.5.17 - Fuzifikimi i një vlere numerike

Siç tregohet dhe në figurën e mësipërme, zbatimi i rregullave fuzzy ndahet në tri hapa:

1. Procesi i fuzifikimit

Vlerësohet çdo input i sistemit në një shkallë nga 0 në 1.

2. Zbato operatorët fuzzy në shkaqet me më shumë se një element

Nëse ka shkaqe me disa elementë aplikohet një operator fuzzy (hapi i dytë në figurën e mësipërme) dhe vlerësohet shkaku me një vlerë nga 0 në 1.

3. Zbato metodën e implikimit

Siç e thamë më sipër, duke zbatuar operatorin OR (max) vlerësohet shkaku me një vlerë numerike nga 0 në 1. Kjo vlerë numerike i jep formë funksionit membership që përfaqëson bashkësinë e outputit. Përpunimi i funksionit membership, po ta përkthejmë në gjuhën e fjalëve (jo të numrave), është pasoja e zbatimit të rregullit.

Në sistemin fuzzy, nëse ka vetëm një rregull, zbatimi i këtij rregulli nuk është eficient. Për të ndërtuar një sistem eficient bëhet zbatimi në paralel i dy ose më shumë rregullave. Outputi i çdo rregulli është një bashkësi fuzzy që përfaqësohet me një funksion membership. Të gjitha këto funksione mbledhen për të dhënë një funksion përfundimtar të outputeve. Më pas kryhet procesi i defuzifikimit, gjë që bën përpunimin e këtij funksioni dhe nxjerrjen e një numri përfundimtar.

P.sh.: "Nëse sasia e gazit H_2 është e lartë, atëherë defekti është kurora". Në këtë rast koncepti "E lartë" shkruhet në sistem si një numër ndërmjet 0 dhe 1, kështu që shkaku është një interpretim që kthehet në një numër midis 0 dhe 1. Ndërsa pasoja është një bashkësi fuzzy. Në shembullin e mësipërm fjala "është" përdoret dy herë si pjesë e shkakut dhe si pjesë e pasojës.

5.5.2. Çfarë është sistemi i vlerësimit Fuzzy?

Pas fuzifikimit, pra, ndërtimit të funksioneve fuzzy të hyrjes, lind nevoja e gjetjes së një rezultante të përbashkët. Për këtë, ato përpunohen duke përdorur veprimet dhe relacionet e përshkruara në paragrafët e mësipërm. Ky proces quhet *Gjykimi* ose *Inferenca*. Gjatë këtij procesi vlerësohen premiset e secilës rregull, duke pasur parasysh për çdo deklaram shkallën e aktivizimit (anëtarësisë) të bashkësisë fuzzy të konsideruar (në hyrje). Për shembull, konsiderojmë rregullën e thjeshtë:

nëse x është A dhe y është B , atëherë z është C

ku, të dy deklaramet (x është A) dhe (y është B) do të kenë shkallë të vërtetësisë $\mu^A(x)$ dhe $\mu^B(x)$ respektivisht, llogaritur në procesin e fuzifikimit.

Në procesin e gjykimit (inferenca fuzzy), duke vlerësuar gjithë rregullat (duke pasur parasysh shkallën relative të aktivizimit ose anëtarësisë) gjenerohen një ose më shumë bashkësi dalje fuzzy rezultante. Mbi bazë të shkallës së vërtetësisë të deklaramëve që janë pjesë e premisë, është e mundur që të merret një shkallë vërtetësie e çfarëdo rregulle me anë të një prej operatorëve të mëposhtëm:

- **AND Fuzzy.** Në këtë rast përdoret vetëm një nga operatorët AND (ndërprerja fuzzy minimum, produkti algjebrik, ndërprerja, produkti i kufizuar ose *produkti drastik*). Kështu, përftohet shkalla e aktivizimit për çdo rregull në të cilën premiset janë të lidhura nëpërmjet operatorit logjik AND.
- **OR Fuzzy.** Në këtë rast përdoret vetëm një nga operatorët OR (bashkimi fuzzy maksimum, shuma algjebrike, shuma e kufizuar, ose *shuma drastike*). Kështu

përftohet shkalla e aktivizimit për çdo rregull në të cilën premiset janë të lidhura nëpërmjet operatorit logjik OR.

Pas kësaj, përdoret edhe një operator tjetër, që shërben për të gjeneruar bashkësitë *fuzzy* të modifikuara të daljes, në bazë të shkallës së vërtetësisë të rregullës:

- *Operatori i implikimit.* Ky operator është zakonisht një operator i tipit minimum, produktit algjebrik, ndërprerja, produkti i kufizuar dhe produkti drastik.

Kjo përfundon procesin e gjykimit.

Bashkësitë e daljes *fuzzy* të gjeneruara nëpërmjet procesit të gjykimit duhet të jenë të reduktuara në një bashkësi unike *fuzzy* përpara se të mund të përftojmë një vlerë numerike të daljes. Në përgjithësi përdoret një operator i tipit OR logjik ose shuma për ta përftuar këtë bashkësi.

Duke përdorur shumën, bashkësitë e përftuara të daljes më parë janë mbledhur thjeshtësisht, pikë për pikë, në universin e diskutimit; në një rast të tillë mund të rinormalizohet funksioni përfundimtar, në mënyrë që të reduktohet maksimumi i tij në vlerën njësi. Në figurën 5.18 është paraqitur një shembull i thjeshtë i bashkimit midis bashkësive *fuzzy* duke përdorur operatorin logjik OR.

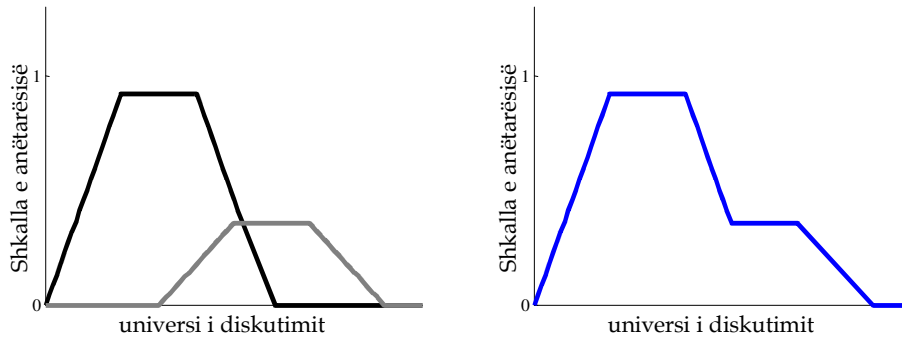


Fig.5.18 – Kompozimi i bashkësive fuzzy me anë të OR logjik

5.5.3. Procesi i vlerësimit Fuzzy

Ky paragraf përshkruan procesin e vlerësimit fuzzy dhe e ilustron këtë me një shembull me dy inpute, tri rregulla dhe një output. Struktura bazë e këtij shembulli tregohet në diagramën e figurës 5.19.

Informacioni rrjedh nga e majta në të djathtë, nga dy inpute drejt një outputi. Një aspekt i rëndësishëm i logjikës fuzzy është zbatimi i rregullave paralel me njëri-tjetrin. Nga diagrama kuptohet se logjika e ndjekur nga sistemi rrjedh në ato zona ku sjellja e sistemit është e dominuar nga një rregull ose një tjetër.

Procesi i vlerësimit fuzzy përbëhet nga 5 pjesë: procesi i fuzifikimit, zbatimi i operatorit fuzzy (AND ose OR) në pjesën e shkakut, procesi i implikimit nga shkakut te pasoja, mbledhja e pasojave përmes rregullave fuzzy dhe procesi i defuzifikimit. Këto procese do të përshkruhen në paragrafët e mëposhtëm.

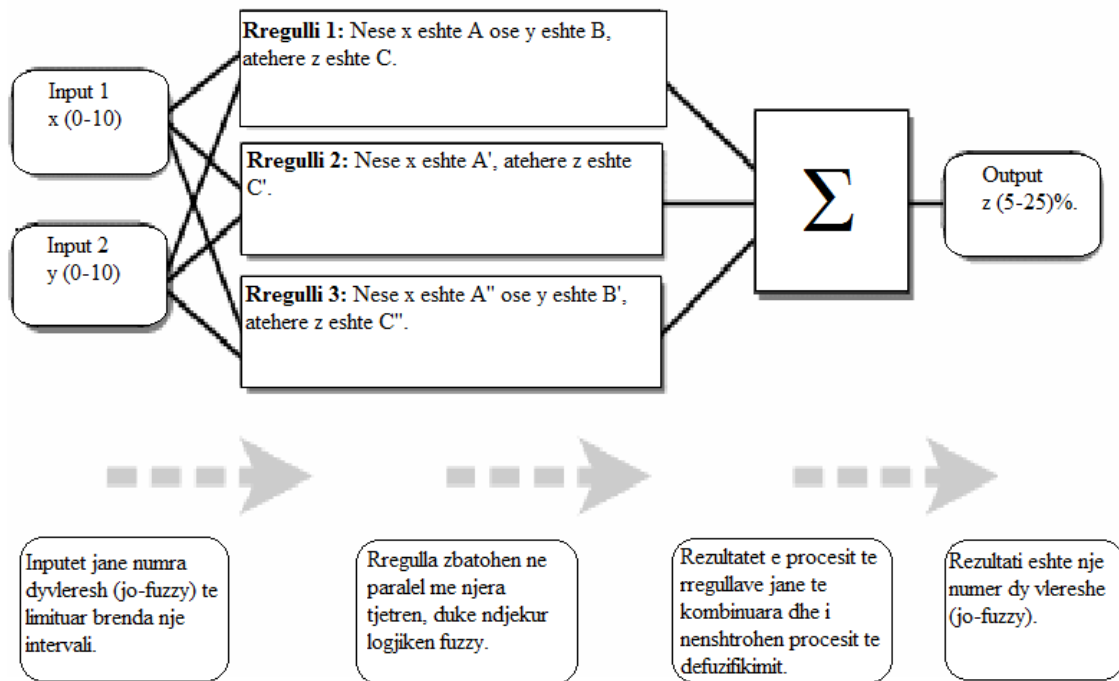


Fig.5.19 Shembulli me dy inpute, tri rregulla dhe një output

Hapi i parë, procesi i fuzifikimit

Hapi i parë qëndron në marrjen e inputeve dhe përcaktimi i sasisë së përkatësisë së këtyre inputeve ndaj bashkësive përkatëse fuzzy. Kjo realizohet nëpërmjet funksioneve membership. Inputi është një numër dyvlerësh i limituar brenda një intervali (në këtë rast intervali $[0,10]$) dhe outputi është një shkallë e përkatësisë fuzzy në bashkësinë linguistike (shtrihet gjithmonë në intervalin $[0,1]$). Prosesi i fuzifikimit tregohet nëpërmjet një funksioni membership.

Shembulli teorik i mësipërm funksionon në bazë të tri rregullave dhe çdonjëri prej rregullave vlerëson vlerat numerike të inputeve dhe i vendos në një prej bashkësive linguistike fuzzy: x është A, x është A', x është A'', y është B, y është B'. Përpara se të zbatohen rregullat, bëhet procesi i vlerësimit të vlerave numerike të inputeve ndaj bashkësive fuzzy. P.sh. në çfarë shkallë y i përket bashkësisë B? Figura 5.20 tregon shkallën e përkatësisë së y ndaj bashkësisë fuzzy, që është një variabël linguistik (shkalla e vlerësimit shtrihet në intervalin $[0,10]$). Në këtë rast y barazohet me 8 dhe në sajë të funksionit membership $\mu=0,7$. Në këtë mënyrë realizohet procesi i fuzifikimit për çdo input numerik.

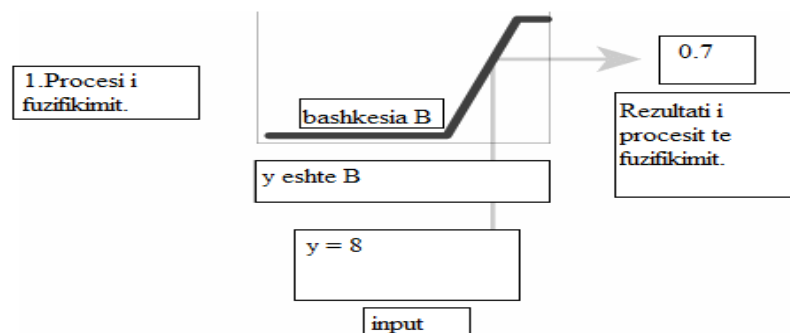


Fig.5.20 Prosesi i fuzifikimit

Hapi i dytë, aplikimi i operatorëve logjik

Nëse shkaku i një rregulli fuzzy ka më shumë se një element, aplikohet operatori logjik për të përfutur një numër që përfaqëson rezultatin e shkakit të atij rregulli. Ky numër i përfutur gjen zbatim ndaj funksionit memëbërship të outputit. Numri i vlerave të inputeve ku aplikohet dhe operatori logjik mund të jetë më shumë se një, ndërsa numri i vlerës së një outputi s'është më shumë se një.

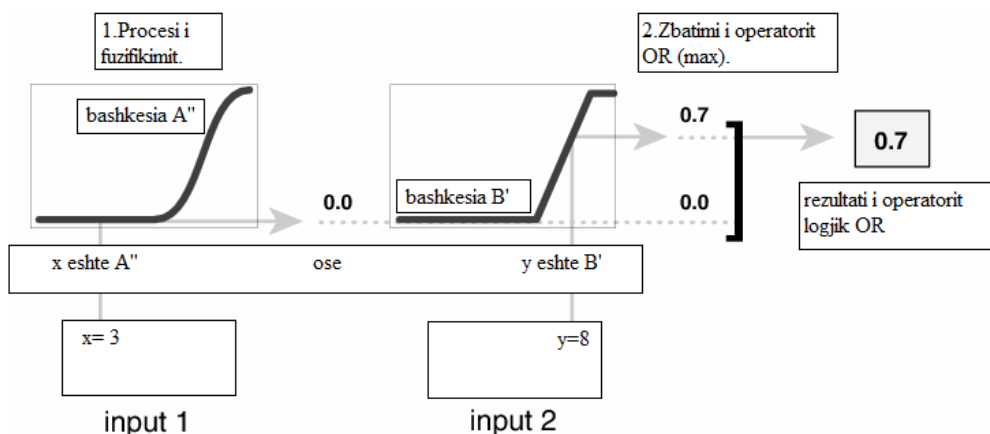


Fig.5.21 Procesi i fuzifikimit dhe zbatimi i operatorit OR në rregullin numër 3

Figura 5.21 tregon zbatimin e operatorit OR (max), duke bërë vlerësimin e shkakit të rregullit numër 3. Prej vlerësimit të dy pjesëve të shkakit të rregullit numër 3 (x është A'' dhe y është B'), nxirren vlerat 0.0 dhe 0.7 respektivisht për të dy pjesët. Operatori logjik zgjedh vlerën maksimale prej këtyre të dyjave që është 0.7. Në paragrafin ku studiuam operatorët logjikë, operatorin OR e ekuivalentuam me funksionin *maximum*. Në këtë mënyrë është kompletuar zbatimi i rregullit numër 3 në sistemin fuzzy.

Hapi i tretë, zbatimi i metodës së implikimit

Si fillim, duhet të përcaktosh peshën që zë një rregull fuzzy. Çdo rregull ka një *peshë* në sistem (është një numër ndërmjet 0 dhe 1), që zbatohet ndaj vlerës numerike që del nga vlerësimi i shkakit të rregullit. Në përgjithësi, pesha që zë rregulli është 1 (siç është dhe në rastin tonë), çka bën të mos ndikojë në procesin e implikimit. Shpeshherë në dobi të eficiencës së sistemit mund të lindë nevoja e vlerësimit të një rregulli me një numër të ndryshëm nga 1.

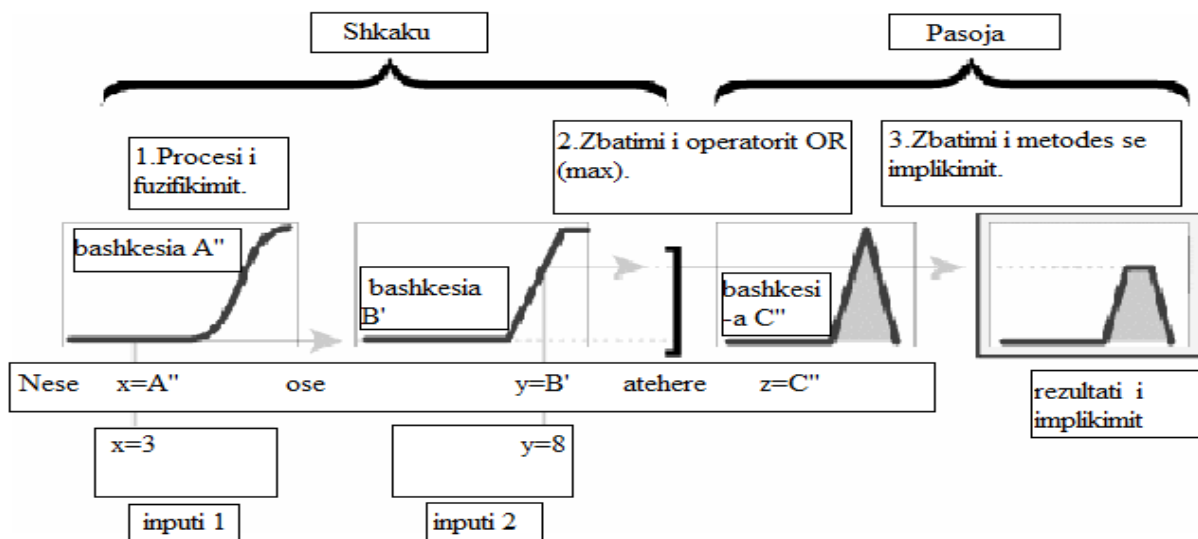


Fig.5.22 Zbatimi i procesit të implikimit

Pasi përcaktohet pesha e çdo rregulli, zbatohet procesi i implikimit. Pasoja është një bashkësi fuzzy e përfaqësuar nga një funksion memërsip, i cili peshon në mënyrën e duhur karakteristikat linguistike që i atribuohen këtij funksioni. Funksioni memërsip që përfaqëson pasojën, rimodelohet nga vlera numerike që del nga shkaku. Pra, inputi për procesin e implikimit është një numër i përpunuar nga shkaku, dhe outputi është një bashkësi fuzzy e përfaqësuar nga një funksion memërsip. Implikimi zbatohet për çdo rregull. Përdoren dy metoda: *min* (minimumi), që pret dhe rimodelon funksionin e outputit; metoda e dytë që përdoret është *prod* (produkti), i cili shkallëzon bashkësinë e outputit.

Hapi i katërt, mbledhja e të gjithë outputeve

Në logjikën fuzzy vendimet merren në bazë të zbatimit të rregullave fuzzy, kështu që rregullat duhen kombinuar për të marrë një vendim. Mbledhja është procesi, në të cilin bashkësitë fuzzy që përfaqësojnë outputin e çdo rregulli kombinohen për të dhënë një bashkësi fuzzy të vetme. Procesi i mbledhjes ndodh vetëm një herë për çdo variabël të inputit dhe ndodh përpara procesit të fundit, që është defuzifikimi. Inputi për procesin e mbledhjes është lista e funksioneve të outputeve, të rimodeluara nga procesi i implikimit i zbatuar në çdo rregull. Outputi i procesit të mbledhjes është një funksion që përfaqëson një bashkësi fuzzy.

Siç e thamë dhe më lart, rendi sipas të cilit zbatohen rregullat nuk ka rëndësi. Në procesin e mbledhjes mund të zbatohet njëra prej tri metodave:

- max (maksimumi)
- probor (probabilistikë e shoqëruar me operatorin OR)
- sum (shuma e çdo bashkësie që del nga output)

Në diagramën e mëposhtme ilustron zbatimi i tri rregullave të sistemit teorik të ndërtuar më sipër. Në këtë ilustrim tregohet mbledhja e outputeve të tri rregullave në një bashkësi fuzzy, ku funksioni memërsip i të cilit përcakton peshën e çdo output të dalë nga tri rregullat.

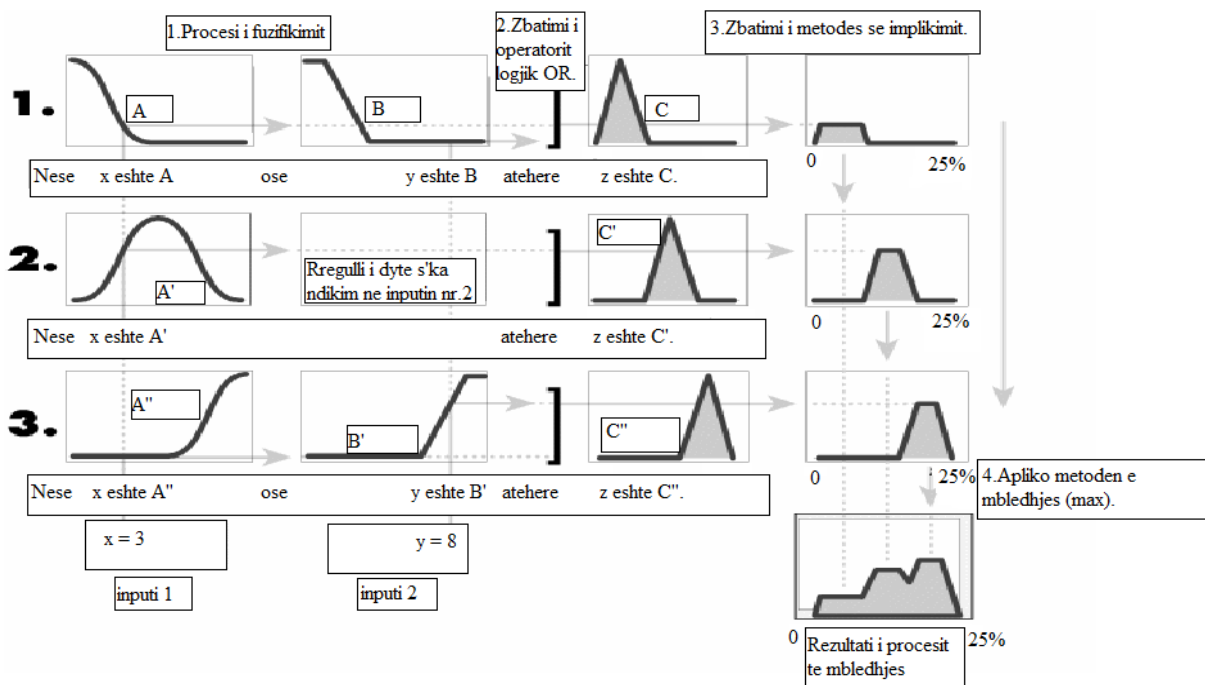


Fig.5.23 Zbatimi i tri rregullave dhe procesi i mbledhjes

5.5.4. Proces i defuzifikimit

Në fund të procesit të gjykimit përfitohet një bashkësi vlerash gjykimi, apo një funksion fuzzy, ndërkaq vendimmarrja është një e vetme. Atëherë çështja qëndron në përzgjedhjen e një vlere që do të jetë përfaqësuese e kësaj bashkësi vlerash gjykimi. Në përgjithësi nuk është e mjaftueshme të përfitohet si rezultat përfundimtar një bashkësi e vetme fuzzy e daljes, por kërkohet të përcaktohet një vlerë numerike përfaqësuese e përshtatshme e bashkësisë fuzzy të përftuar nga inferenca. Veprimi që jep këtë vlerë numerike është quajtur *defuzifikim*. Teknikat themelore të *defuzifikimit* diskutohen më poshtë.

1. *Metoda COG (metoda e vijës qendrore)* – Vlera e daljes e *defuzifikuar* është abshisa e vijës qendrore (*qendra e gravitetit*) të figurës së plotë të përcaktuar nga bashkësia fuzzy e daljes (shiko figurën 5.24):

$$z^{COG} = \frac{\int z\mu(z)dz}{\int \mu(z)dz} \quad (5.9)$$

Duke diskretizuar universin e diskutimit në n vlera z_k , ekuacioni i mëparshëm mund të shkruhet në formën:

$$z^{COG} = \frac{\sum_{k=1}^n z_k \mu(z_k)}{\sum_{k=1}^n \mu(z_k)} \quad (5.10)$$

Një vlerësim i tillë mesatar është veçanërisht i dobishëm në rastin e funksioneve të daljes singleton, duke thjeshtuar dukshëm llogaritjen e vijës qendrore.

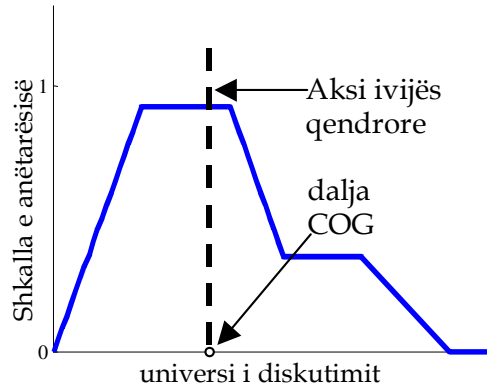


Fig.5.24 Defuzifikimi me metodën COG

2. *Metoda COS (Qendra e shumave)* – Vlerëson daljen e defuzifikuar në mënyrë të njëjtë me metodën COG, por duke konsideruar në mënyrë individuale kontributin e secilës zonë pa përdorur kompozimin (shiko figurën 5.25).

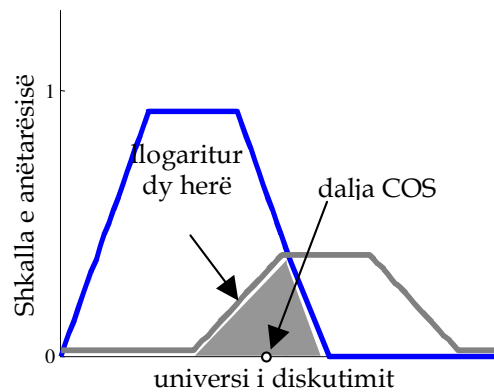


Fig.5.25 Defuzifikimi me metodën COS

3. *Metoda MAX* – Vlera e daljes e defuzifikuar është ajo që i korrespondon maksimumit të funksionit $\mu(z)$; nëse ekzistojnë më shumë maksimume me vlerë të barabartë ose shumë afër, zgjidhet maksimumi më majtas (*metoda FOM, First Of Maxima*) ose ajo më djathtas (*metoda LOM, Last Of Maxima*) (shiko figurën 5.26).
4. *Metoda MOM (Mean of Maxima)* – Vlera e daljes e defuzifikuar është mesatarja e vlerave korresponduese maksimale të funksionit $\mu(z)$:

$$z^{MOM} = \sum_{k=1}^n \frac{z_k}{n} \quad (5.11)$$

ku z_k është vlera korresponduese në të cilën funksioni $\mu(z)$ paraqet një maksimum dhe n është numri i maksimumeve.

5. *Metoda e lartësisë* – Për llogaritjen e daljes janë përdorur vetëm vlerat maksimale të bashkësive të gjeneruara nga inferenca. Vlera të tilla maksimale llogarisin një përafrim mesatar. Supozojmë që m^k të jetë vlera maksimale e bashkësisë së k -te të daljes së modifikuar nga inferenca dhe z_k abshisa e maksimumit të së njëjtës

bashkësi, por jo e modifikuar (pra, përpara inferenza). Dalja e përfutur me metodën e lartësisë do të jetë:

$$Z_{\text{lart}} = \frac{\sum_{k=1}^n \mu^k z_k}{\sum_{k=1}^n z_k} \quad (5.12)$$

Në figurën 5.27 është paraqitur një shembull i aplikimit të metodës së lartësisë. Në këtë rast nuk ka rëndësi forma e bashkësive të daljes për defuzifikimin.

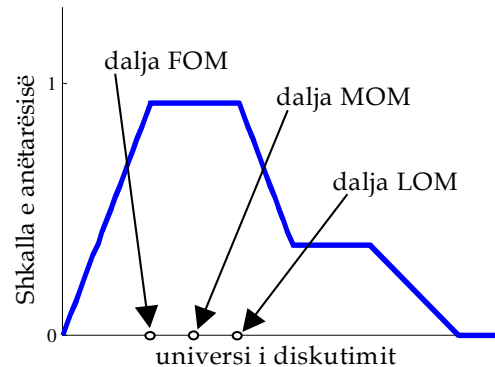


Fig.5.26 Defuzifikimi me metodat e MAX dhe MOM

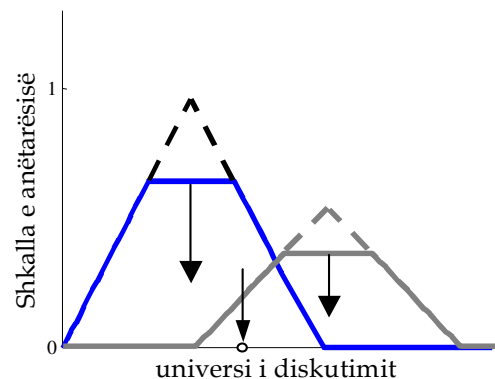


Fig.5.27 Defuzifikimi me metodën e lartësisë

Siç mund të shihet nga një krahasim i thjeshtë i figurave 5.24-5.27, teknikat e ndryshme të defuzifikimit japin nganjëherë rezultate të daljes shumë të ndryshme. Kështu që, zgjedhja e metodës duhet të jetë një kompromis midis thjeshtësisë së llogaritjes dhe saktësisë së sistemit fuzzy.

Thjeshtësia e llogaritjes është një kriter kyç kur mendohet për zbatimin praktik të sistemit fuzzy. Midis teknikave të përshkruara më parë, ato të lartësisë dhe të maksimumit janë më të thjeshtat, ndërsa ajo e qendrës së gravitetit është më komplekse. Në vlerësimin e kompleksitetit të një teknike luan një rol të rëndësishëm forma e bashkësive fuzzy të daljes.

Për të vlerësuar saktësinë e një sistemi fuzzy mund t'i referohemi një sërë vetish. Një sistem fuzzy, në të cilin dalja ndryshon pak kur kemi ndryshime të vogla të hyrjes, ka karakteristikën e vazhdimësisë. Ekzistenca e konditave të tilla, prej të cilave ligji i defuzifikimit sjell më shumë se një element të universit të diskutimit në dalje, shpreh

vetinë e dyanësisë. Vetia e fundit jep mundësinë e gjykimit më të mirë të bashkësive *fuzzy* të daljes, që janë aktivizuar shumë herë nga rregulla të ndryshme. Kjo veti tregon ndryshimin themelor midis metodave COG dhe COS. Supozojmë që dy funksione të daljes janë aktive: e para me shkallë aktivizimi 0.6 dhe e dyta të jetë aktive tri herë, nga tri rregulla të ndryshme, me shkallë aktivizimi 0.2, 0.4 e 0.6. Metoda e COS merr në llogaritje aktivizimin e trefishtë dhe peshon kryesisht funksionin e dytë të daljes. Metoda COG nuk merr në llogaritje aktivizimin e trefishtë. Në tabelën 5.1 janë përmbledhur karakteristikat kryesore të teknikave të *defuzifikimit*.

Tab.5.1 Kriteret e defuzifikimit dhe saktësia e tyre

	COG	COS	MAX	MOM	ALT
Kompleksiteti	i lartë	mesatar	i ulët	i ulët	i ulët
Vazhdimësia	po	po	jo	jo	po
Dyanësia	jo	jo	jo	jo	jo
Aktivizim i shumëfishtë	jo	po	jo	jo	po

5.5.5. Sistemet e inferenzes të tipit Mamdani dhe Sugeno

Inferenza *fuzzy* është, në përgjithësi, procesi nëpërmjet të cilit është e mundur t'i vihet në korrespondencë secilës hyrje një dalje e përcaktuar. Ekzistojnë dy sisteme themelore inferenza të logjikës *fuzzy*: tipi Mamdani dhe tipi Sugeno. Të dy sistemet ndryshojnë esencialisht për nga mënyra se si janë vlerësuar daljet. Inferenza e tipit Mamdani parashikon që daljet të jenë bashkësi *fuzzy*; në vazhdim të procesit të inferenzes dhe kompozimit përftohet një bashkësi *fuzzy* e daljes që duhet të jetë defuzifikuar. Në sistemin me inferenza të tipit Sugeno përkundrazi mungon procesi i defuzifikimit, duke qenë pasues i rregullave *fuzzy* si një funksion i variablave të hyrjes. Në një rast të tillë, rregulla e *i-të* paraqitet në formën e mëposhtme:

$$\text{nëse } x_1 \text{ është } A_1 \text{ edhe } x_2 \text{ është } A_2 \text{ edhe... edhe } x_n \text{ është } A_n \text{ atëherë } z_i = f(x_1, \dots, x_n)$$

Një sistem Sugeno mund të jetë i rendit zero ose më lart. Kur funksioni $f(x_1, \dots, x_n)$ është një polinom i rendit të parë, sistemi inferenza *fuzzy* rezultat është quajtur *modeli fuzzy Sugeno i rendit të parë*; në një rast të tillë rregulla e *i-të* jep në dalje:

$$z_i = f(x_1, \dots, x_n) = c_0^i + c_1^i x_1 + \dots + c_n^i x_n \quad (5.13)$$

ku c^i janë konstantet. Kur funksioni $f(x_1, \dots, x_n)$ është një konstante, përftohet *modeli fuzzy Sugeno i rendit zero*, që mund të jetë parë si një rast i veçantë i sistemit të tipit Mamdani, në të cilin konsekuenca e secilës rregull është specifikuar nga një *singleton* (që mund të jetë konsideruar si një konsekuencë e *pre-fuzifikuar*); në një rast të tillë:

$$z_i = c^i \quad (5.14)$$

Sistemet Sugeno të rendeve më të larta fusin një kompleksitet më të madh, por pa avantazhe të dukshme.

Në sistemet e tipit Sugeno, vlera *crisp* e daljes është përftuar si shuma e peshuar e vlerave të marra nga rregulla të veçanta. Për shembull, në rast se janë aktive M rregulla dhe rregulla e *i-te* jep në dalje vlerën *crisp* z_i , dalja e plotë është dhënë nga:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^M w_i z_i}{\sum_{i=1}^M w_i} \quad (5.15)$$

ku peshat w_i paraqesin shkallët e vërtetësisë të rregullave të veçanta.

Për të ilustruar më qartë sistemet me inferenca të tipit Mamdani dhe Sugeno (të rendit zero), është bërë një paraqitje grafike respektivisht në figurat 5.28 dhe 5.29. Siç shihet në shembullin e paraqitur, të dyja daljet, në rastin Mamdani e Sugeno, ndryshojnë. Në veçanti vlera y^{crisp} e përfutur me inferenca të tipit Mamdani është e spostuar më shumë nga e djathta. Kjo ndodh sepse sipërfaqja e trapezit dybrinjënjëshëm, e përcaktuar nga inferenca, nuk ndryshon proporcionalisht me lartësinë e saj. Nëse dy trapezat e aktivizuar si pasojë e dy rregullave do të kenë lartësitë njëra gjysmën e tjetrës, sipërfaqja e trapezit më të ulët do të jetë më e madhe se gjysma e sipërfaqes së tjetrit. Nga ana tjetër, në rastin e inferenca të tipit Sugeno, çdo singleton ka influencë mbi daljen proporcionalisht me shkallën e tij të aktivizimit.

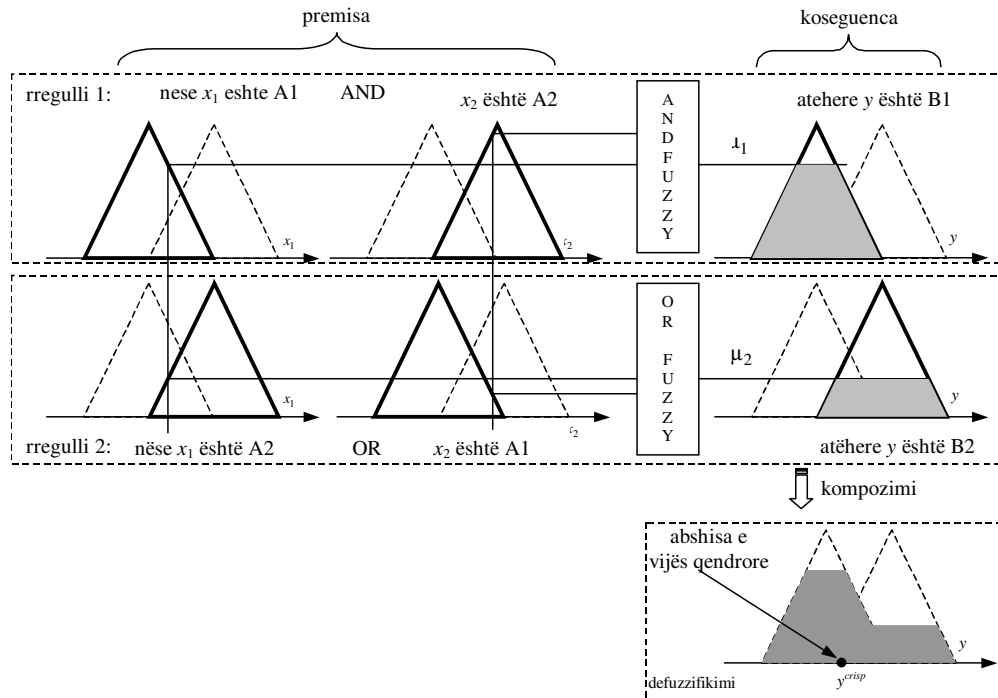


Fig.5.28 Funksionimi i një sistemi të tipit Mamdani

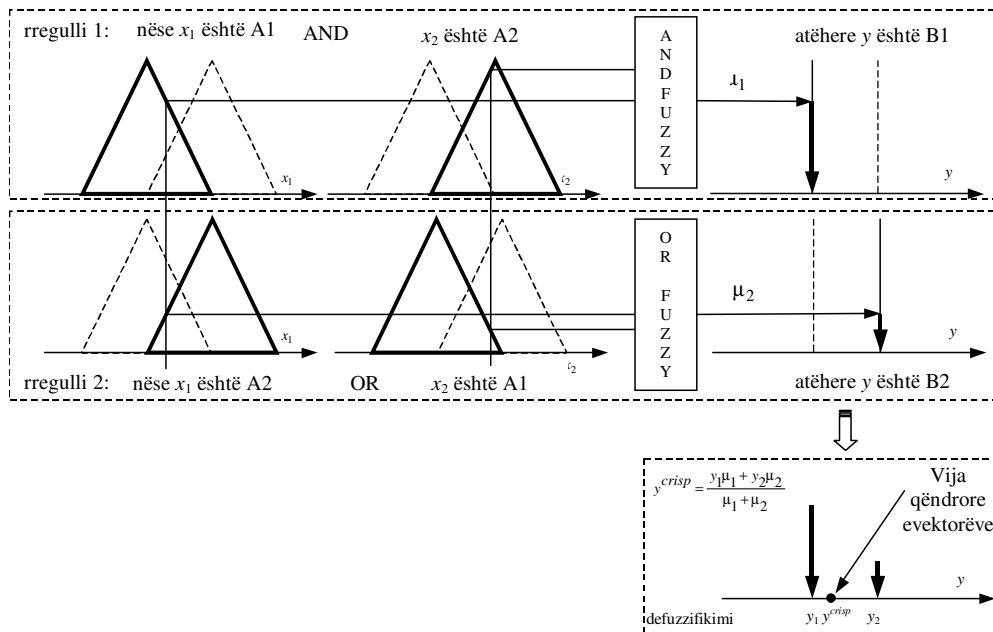


Figura 5.29 Funksionimi i një sistemi të tipit Sugeno

5.5.6. Diagrama e procesit të vlerësimit Fuzzy

Kjo diagramë është përmbledhja e të gjitha diagramave të prezantuara deri tani. Ajo paraqet të gjitha proceset e sistemit të vlerësimit fuzzy. Drejtimi i rrjedhjes së informacionit tregohet në diagramë nga shigjetat me ngjyrë të zezë. Fillimisht informacioni vjen nga vlerat e inputeve në drejtim nga poshtë lart. Më pas rrjedh në drejtim horizontal në procesin e zbatimit të rregullave. Së fundmi, rrjedha e informacionit merr drejtimin nga lart poshtë, duke treguar procesin e mbledhjes së outputeve dhe procesin e defuzifikimit.

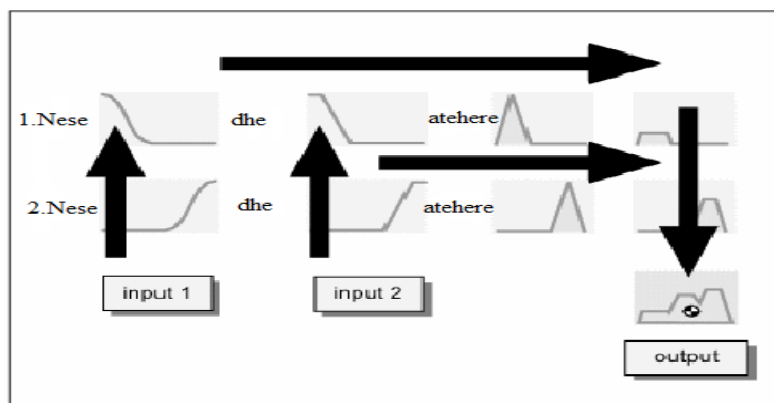


Fig.5.30 Diagrama e procesit të vlerësimit fuzzy

KAPITULLI 6

VLERËSIMI I GJENDJES DUKE KOMBINUAR INFORMACIONIN E DGA-së ME LOGJIKËN FUZZY

6.1. Hyrje

Në këtë kapitull do të trajtohet ndërtimi i dy sistemeve fuzzy. Secili prej tyre zbaton një metodë të DGA-së. Logjika fuzzy është një sistem që mund të ndërtohet në platformën Matlab. Nëpërmjet këtij sistemi mund të diagnostikohen në mënyrë automatike defektet në transformator. Mjafton që në sistemin fuzzy të futen sasi të gazeve që shërbejnë si të dhëna hyrëse (input). Pas kësaj, sistemi kryen automatikisht vlerësimin e inputeve, dhe pas përpunimit, nxjerr një ose disa outpute, të cilat paraqesin konkretisht gjendjen e transformatorit, dmth shkallën e dëmtimit/konsumit të tij. Ky është aplikimi i logjikës fuzzy në analizën e të dhënave të përfuara nga metoda DGA. Logjika fuzzy ka gjetur një aplikim të gjerë në fushat e kontrollit dhe vlerësimit inxhinierik. Konkretisht janë ndërtuar dy sisteme fuzzy, sistemi ku zbatohet metoda e Raporteve të Gazeve Roxhers (Rogers Ratio) dhe sistemi ku zbatohet metoda e Sasive Totale të Gazeve të Djegshme të Tretura (TDCG) në vaj.

Ndërtimi i sistemeve fuzzy ilustron me përshkrimin hap pas hapi të ndërtimit konkret të këtyre sistemeve, të shoqëruara me imazhet përkatëse.

6.2. Zbatimi i Logjikës Fuzzy për interpretimin e rezultateve të metodës së Raporteve Roxhers në programin MATLAB

Në këtë paragraf fillimisht do të trajtohet rruga e ndjekur për ndërtimin e sistemit fuzzy, i cili do të aplikojë metodën Roxhers. Më pas do të trajtohen të gjitha hallkat e sistemit fuzzy. Në fund do të kryhen 100 matje me sistemin e ndërtuar. Rezultatet e nxjerra nga sistemi do të krahasohen me rezultatet e përfuara nga zbatimi i metodës Roxhers nëpërmjet një sistemi tjetër jo fuzzy.

6.2.1. Ndërtimi i sistemit Fuzzy

Metoda Roxhers e Raporteve të Gazeve

Gjatë operimit të transformatorit në rrjet, mund të ndodhin defekte të papritura dhe të vështira për t'u detektuar. Kur ndodh një defekt në transformator, shkaktohet çlirimi i energjisë në shkallë të lartë. Kjo sasi e lartë energjie shkakton degradim kimik të vajit të transformatorit, gjë që do të çojë në çlirimin e gazeve në vajin izolues. Gazet e çliruara në vaj janë të tretshme dhe do të mbeten të tretura aty. Këto gaze përbëjnë një produkt që është kryesisht një përzierje e gazeve karbonike. Sasia e secilit prej këtyre gazeve karbonike varet nga rritja e temperaturës që shkakton defektin në transformator, ndërkohë që lloji i gazeve të çliruara varet nga tipi i defektit. Në skemën e mëposhtme tregohet lidhja midis gazeve të tretura në vaj, energjisë që çliron defektin në vaj dhe lloji i defektit që ndodh në transformator.

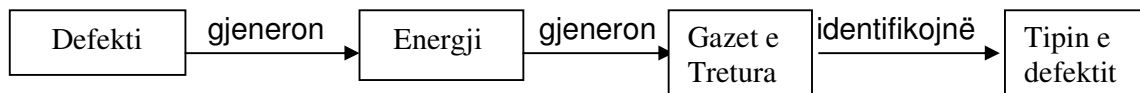


Fig.6.1 Lidhja midis gazeve të tretura dhe tipit të defektit

Duket qartë që llojet e ndryshme të defekteve shkaktojnë formimin e përzierjeve të ndryshme të gazeve të çliruara. Normalisht, llojet e gazeve të çliruara lidhen me tipin e defektit që ndodh në transformator dhe sasia e gjeneruar e gazeve lidhet me shkallën e zhvillimit të defektit në transformator.

Në vitin 1974, Ron Roxhers prezantoi një metodë diagnostikuese të bazuar në sasinë e çliruar të gazeve në vaj. Kjo metodë, e njohur si Metoda e Raporteve Roxhers për Gazet (Rogers Ratio Method), përdoret në fushën diagnostikuese të DGA-së (Analizës së Gazeve të Çliruara). Ajo përdor 4 raporte të gazeve që përfaqësohen nga një kod 4-shifror. Në 4 raportet e gazeve përdoren 5 gaze që mund të çlirohen në vaj: Acetilen (C_2H_2), Etilen (C_2H_4), Etan (C_2H_6), Hidrogjen (H_2) dhe Metan (CH_4). Raportet e gazeve së bashku me kodet që i identifikojnë tregohen më poshtë.

$$i = \frac{\text{Metan}(CH_4)}{\text{Hidrogjen}(H_2)} ; j = \frac{\text{Etan}(C_2H_6)}{\text{Metan}(CH_4)} ; k = \frac{\text{Etilen}(C_2H_4)}{\text{Etan}(C_2H_6)} ; l = \frac{\text{Acetilen}(C_2H_2)}{\text{Etilen}(C_2H_4)}$$

Në tabelën 6.1 tregohen intervalet e vlerave që shtrihen këto raporte dhe kodet që identifikojnë këto intervale.

Tab.6.1 Kodet e intervaleve të vlerave të Raporteve Roxhers

Kodi Raportit të Gazeve	Intervali	Kodi
i	$X \leq 0,1$	5
	$0,1 < X < 1,0$	0
	$1,0 \leq X < 3,0$	1
	$X \geq 3,0$	2
j	$X < 1,0$	0
	$X \geq 1,0$	1
k	$X < 1,0$	0
	$1,0 \leq X < 3,0$	1
	$X \geq 3,0$	2
l	$X < 0,5$	0
	$0,5 \leq X < 3,0$	1
	$X \geq 3,0$	2

Tab.6.2 Renditje e defekteve të përftuar me metodën Roxhers

i	j	k	l	Defekti në transformator
0	0	0	0	Gjendje normale
5	0	0	0	Shkarkim i pjesshëm elektrik
1-2	0	0	0	Mbinxehje e lehtë, <150 °C
1-2	1	0	0	Mbinxehje, 150 °C-200 °C
0	1	0	0	Mbinxehje, 200 °C-300 °C
0	0	1	0	Mbinxehje e përgjithshme e përcjellësve
1	0	1	0	Rrymat qarkulluese në pështjellat e transformatorëve.
1	0	2	0	Rrymat qarkulluese në bërthamë dhe kazanin e vajit, pjesët bashkuese të fletëve të çelikut të mbinxehur.
0	0	0	1	Shkarkim elektrike
0	0	1-2	1-2	Hark elektrik
0	0	2	2	Shkëndijë elektrike e pandërprerë
5	0	0	1-2	Shkarkim i pjesshëm elektrik

Le ta ilustruonimë zbatimin e metodës Roxher me një shembull:

Acetilen(C_2H_2)=117 ppm; Etilen(C_2H_4)=36 ppm; Hidrogjen(H_2)=153 ppm;
Metan(CH_4)=23ppm; Etan(C_2H_6)=3 ppm.

$$i = \frac{\text{Metan}(CH_4)}{\text{Hidrogjen}(H_2)} = \frac{23}{153} = 0.15; j = \frac{\text{Etan}(C_2H_6)}{\text{Metan}(CH_4)} = \frac{3}{23} = 0.130;$$

$$k = \frac{\text{Etilen}(C_2H_4)}{\text{Etan}(C_2H_6)} = \frac{36}{3} = 12; l = \frac{\text{Acetilen}(C_2H_2)}{\text{Etilen}(C_2H_4)} = \frac{117}{36} = 3.138.$$

Në varësi të intervalit të cilit i përket vlera e çdo raporti, në tabelën 6.2 gjendet defekti në transformator.

Kështu, për $i = 0, j = 0, k = 2$ dhe $l = 2$,

Defekti i diagnostikuar është "Shkëndijë elektrike e pandërprerë" ose "Hark elektrik".

Por si mund të bëhet automatik ky proces? Këtë e realizon sistemi fuzzy. Në seksionet e mëposhtme përshkruhen proceset e ndërtimit të logjikës fuzzy.

Kuantizimi

Në këtë proces kryhet shndërrimi i variablave numerikë në variabla lingvistikë. Këta të fundit konkretisht janë kodet shifrore të tabelës 6.1. Në këtë tabelë, çdo raport ndahet në intervale. Në varësi të vlerës që merr një raport, përcaktohet në cilin interval shtrihet kjo vlerë dhe emërtohet me një kod ky raport. Më poshtë tregohen kodet që mund të marrë çdo raport.

$$i = \{5, 0, 1, 2\}; j = \{0, 1\}; k = \{0, 1, 2\}; l = \{0, 1, 2\}.$$

Siç e thamë, vlerat që merr çdo raport ndahen në intervale. Intervallet e çdo raporti emërtohen me një kod shifror. Kjo tregohet në tabelën 6.1. Ekuacionet e mëposhtme bazohen në këtë tabelë:

$$i = \frac{CH_4}{H_2} = \begin{cases} 5, & x \leq 0.1 \\ 0, & 0.1 < x < 1.0 \\ 1, & 1.0 \leq x < 3.0 \\ 2, & x \geq 3.0 \end{cases} \quad (6.1)$$

$$j = \frac{C_2H_6}{CH_4} = \begin{cases} 0, & x < 1.0 \\ 1, & x \geq 1.0 \end{cases} \quad (6.2)$$

$$k = \frac{C_2H_4}{C_2H_6} = \begin{cases} 0, & x < 1.0 \\ 1, & 1.0 \leq x < 3.0 \\ 2, & x \geq 3.0 \end{cases} \quad (6.3)$$

$$l = \frac{C_2H_2}{C_2H_4} = \begin{cases} 0, & x < 0.5 \\ 1, & 0.5 \leq x < 3.0 \\ 2, & x \geq 3.0 \end{cases} \quad (6.4)$$

Përcaktimi i funksioneve të anëtarësisë të variablave të hyrjeve (input)

Në Metodën e Raporteve Roxhers të Gazeve, për variablat e hyrjes përdoren funksionet e *anëtarësisë* trapezoidal. Fillimisht do të përcaktohen ekuacionet e këtyre funksioneve për çdo variabël hyrje.

Raporti i parë është $i=\text{CH}_4/\text{H}_2$, me të cilin mund të ndërtojmë katër funksione të anëtarësisë, për çdo vlerë të kodit $i = \{5,0,1,2\}$ të këtij raporti ndërtohen funksionet e anëtarësisë përkatësisht si në formulat 6.5 deri 6.8.

$$i, 5(x; a, b) = \begin{cases} 1, & x < a \\ \frac{b-x}{b-a}, & a < x < b \\ 0, & x > b \end{cases} \quad (6.5)$$

Në ekuacionin 6.5, shkronja "i" përcakton raportin e gazeve, ndërsa kodi shifror 5 përcakton funksionin e anëtarësisë për këtë vlerë të raportit.

Në të njëjtën formë do të shkruhen edhe ekuacionet e tjera.

$$i, 0(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x < b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c < x \leq d \\ 0, & x > d \end{cases} \quad (6.6)$$

$$i, 1(x; c, d, e, f) = \begin{cases} 0, & x < c \\ \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x < d \\ 1, & d \leq x \leq e \\ \frac{f-x}{f-e}, & e \leq x < f \\ 0, & x > f \end{cases} \quad (6.7)$$

$$i, 2(x; e, f) = \begin{cases} 1, & x > f \\ \frac{x-e}{f-e}, & e \leq x \leq f \\ 0, & x < e \end{cases} \quad (6.8)$$

Paraqitja grafike e këtyre funksioneve për vlera të përcaktuara të parametrave a,b,c,d,e,f jepet në figurën 6.2.

Më sipër janë shkruar katër ekuacionet që përcaktojnë formën e katër funksioneve për raportin e gazeve $i=\text{CH}_4/\text{H}_2$. Më poshtë do të paraqiten katër funksionet e këtij raporti.

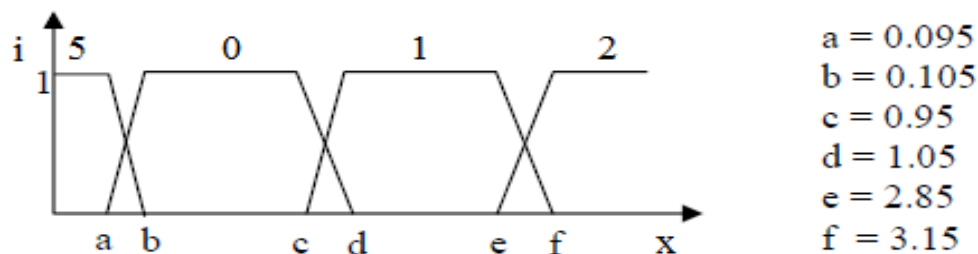


Fig.6.2 Funksionet e anëtarësisë që përdoren për klasifikimin e vlerave të raportit $i=\text{CH}_4/\text{H}_2$

Raporti i dytë është $j=C_2H_6/CH_4$, i cili ka dy funksione të anëtarësisë të emërtuar secili me nga një kod: $j=\{0,1\}$. Në të njëjtën mënyrë shkruajmë ekuacionet për çdo funksion të anëtarësisë për çdo vlerë të tij (formulat 6.9 dhe 6.10) dhe grafikun e tyre në figurën 6.3.

$$j, 0(u; a, b) = \begin{cases} 1, & x < a \\ \frac{b-x}{b-a}, & a < x < b \\ 0, & x > b \end{cases} \quad (6.9)$$

$$j, 1(u; a, b) = \begin{cases} 1, & x > b \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 0, & x < a \end{cases} \quad (6.10)$$

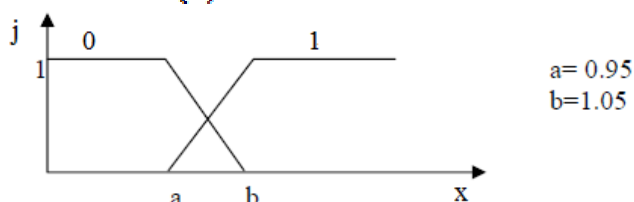


Fig.6.3 Funksionet e anëtarësisë që përdoren për klasifikimin e vlerave të raportit $j=C_2H_6/CH_4$

Raporti i tretë i gazeve është $k=C_2H_4/C_2H_6$, i cili ka tri funksione të anëtarësisë të emërtuar secili me nga një kod: $k=\{0,1,2\}$. Shkruajmë ekuacionin për çdo funksion të anëtarësisë.

$$k, 0(u; a, b) = \begin{cases} 1, & x < a \\ \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 0, & x > b \end{cases} \quad (6.11)$$

$$k, 1(u; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x < b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c < x \leq d \\ 0, & x > d \end{cases} \quad (6.12)$$

$$k, 2(u; c, d) = \begin{cases} 1, & x > d \\ \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & x < c \end{cases} \quad (6.13)$$

U shkruan tri formulat që përcaktojnë formën e funksioneve të anëtarësisë për raportin e gazeve $k=C_2H_4/C_2H_6$. Më poshtë paraqiten tri funksionet e anëtarësisë së këtij raporti.

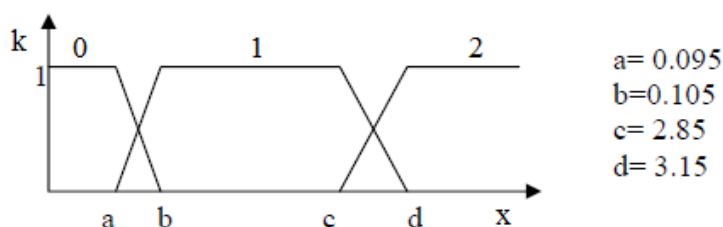


Fig.6.4 Funksionet e anëtarësisë që përdoren për klasifikimin e vlerave të raportit $k=C_2H_4/C_2H_6$

Raporti i katërt i gazeve është $I=C_2H_2/C_2H_4$, i cili ka tri funksione të anëtarësisë, të emërtuar secili me nga një kod: $I=\{0,1,2\}$. Shkruajmë ekuacionin për çdo funksion të anëtarësisë.

$$I, 0(u; a, b) = \begin{cases} 1, & x < a \\ \frac{b-x}{b-a}, & a < x < b \\ 0, & x > b \end{cases} \quad (\text{ek 6.14})$$

$$I, 1(u; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x < b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c < x \leq d \\ 0, & x > d \end{cases} \quad (\text{ek 6.15})$$

$$I, 2(u; c, d) = \begin{cases} 1, & x > d \\ \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & x < c \end{cases} \quad (\text{ek 6.16})$$

Më poshtë paraqiten grafikët e funksioneve të anëtarësisë për raportin $I=C_2H_2/C_2H_4$. Këto funksione përcaktohen nga ekuacionet 14,15,16.

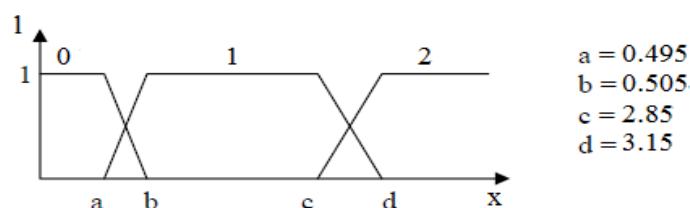


Fig.6.5 Funksionet e anëtarësisë që përdoren për klasifikimin e vlerave të raportit $I=C_2H_2/C_2H_4$

Ndërtimi i funksioneve të anëtarësisë së outputeve

Funksionet e anëtarësisë të outputeve përfaqësojnë gjendjen e diagnostikuar të transformatorit. Në total janë 6 funksione. Tabela 6.3 analizon në detaj funksionet e anëtarësisë së outputeve.

Tab 6.3 Grupimi dhe analiza e defekteve në transformator

Funksionet e emërtuar	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅
Defektet në transformator	Mbinxehje e lehtë <150 °C Mbinxehje 150 °C-200 °C Mbinxehje 200 °C-300 °C	Mbinxehje e përcjellësit Rryma qarkulluese në përshtjella Rryma qarkulluese në bërthamë/kazan	Shkarkime elektrike Hark elektrik Shkarkim elektrik i pandërprerë	Shkarkim i pjesshëm	Gjendje normale
Intervali i shtrirjes së funksionit në boshtin e abshisave	$2 \geq D \geq 4$	$4 \geq D \geq 6$	$6 \geq D \geq 8$	$8 \geq D \geq 10$	$0 \geq D \geq 2$

Masat që duhen marrë	-Kërkohet kujdes në operimin e transformatorit në rrjet. -Kontrollo çdo muaj sasinë e gjenerimit të gazeve.	-Kërkohet kujdes në operimin e transformatorit në rrjet. -Kontrollo çdo javë sasinë e gjenerimit të gazeve.	-Kërkohet kujdes ekstrem. -Kontrollo çdo ditë sasinë e gjenerimit të gazeve. -Duhet marrë në konsideratë shkyçja e transformatorit nga rrjeti.	-Kërkohet kujdes ekstrem. -Kontrollo çdo javë sasinë e gjenerimit të gazeve. -Planifiko shkyçjen e mundshme nga rrjeti.	-S'ka nevojë për masa shtesë.
-----------------------------	--	--	--	---	-------------------------------

Në tabelën e mësipërme, në rreshtin e parë tregohen emërtimet e funksioneve të anëtarësisë së outputeve. Në rreshtin e dytë kryhet grupimi në pesë familje kryesore i defekteve të diagnostikuara me metodën Roxhers. Kjo metodë aplikohet nëpërmjet logjikës fuzzy. Në rreshtin e tretë tregohet intervali i shtrirjes së çdo funksioni të anëtarësisë në boshtin e abshisave. Në rreshtin e katërt janë radhitur masat që duhen marrë nga operatori i centralit pas identifikimit të defektit. Nëse gjendja e diagnostikuar e transformatorit është "Gjendje normale", nuk është nevoja për masa kontrolluese dhe parandaluese. Në varësi të shkallës së dëmtimit që mund të shkaktojë një defekt në transformator, përcaktohen masat kontrolluese dhe parandaluese që duhen marrë. Përveç pesë funksioneve të paraqitura në tabelën e mësipërme, në sistemin fuzzy është ndërtuar dhe funksioni F_6 . Nëse rezultati i përpunuar nga logjika fuzzy i përket bashkësisë së përfaqësuar nga ky funksion, do të thotë që sistemi s'mund të kryejë diagnozën e gazeve me këto të dhëna. Në figurën 6.6 tregohen funksionet e anëtarësisë të outputeve. Forma e zgjedhur e këtyre funksioneve është trekëndëshe.

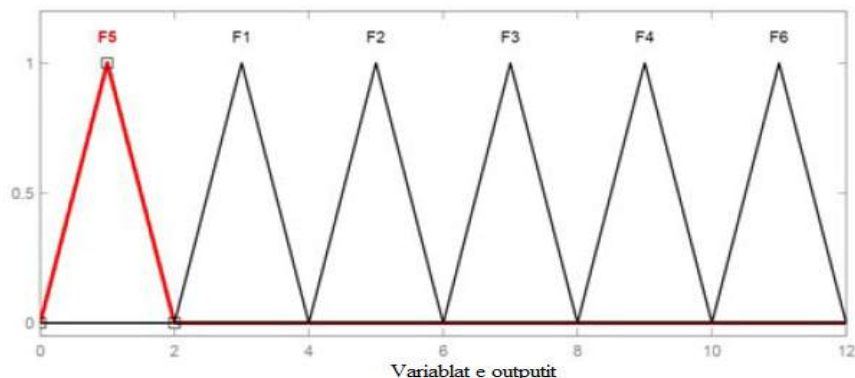


Fig.6.6 Funksionet e anëtarësisë së outputeve

Ndërtimi i strukturës së rregullave fuzzy

Struktura e rregullave fuzzy është një koleksion rregullash i ndërtuar në bazë të tabelës 6.2. Një rregull fuzzy përmban dy pjesë, të cilat janë "shkaku" (pohimi 'Nëse') dhe "pasoja" (pohimi 'Atëherë'). Tërësia e shkaqeve përpunohen me anë të operatorit "and". Në tabelën 6.2 tregohet që për të diagnostikuar një gjendje në transformator duhen analizuar të katër raportet e gazeve së bashku.

Prezantojmë rregullat e implementuara në sistemin fuzzy:

- 1.Nëse $i=0$ dhe $j=0$ dhe $k=0$ dhe $l=0$, atëherë defekti është Gjendje normale (F_5).
- 2.Nëse $i=5$ dhe $j=0$ dhe $k=0$ dhe $l=0$, atëherë defekti është Shkarkim i pjesshëm (F_4).
- 3.Nëse $i=1$ dhe $j=0$ dhe $k=0$ dhe $l=0$, atëherë defekti është Mbinxehje e lehtë $< 150^{\circ}\text{C}$ (F_1).
- 4.Nëse $i=2$ dhe $j=0$ dhe $k=0$ dhe $l=0$, atëherë defekti është Mbinxehje e lehtë $< 150^{\circ}\text{C}$ (F_1).

5. Nëse $i=1$ dhe $j=1$ dhe $k=0$ dhe $l=0$, atëherë defekti është Mbinxehje $150^{\circ}\text{C} - 200^{\circ}\text{C}$ (F_1).
6. Nëse $i=2$ dhe $j=1$ dhe $k=0$ dhe $l=0$, atëherë defekti është Mbinxehje $150^{\circ}\text{C} - 200^{\circ}\text{C}$ (F_1).
7. Nëse $i=0$ dhe $j=1$ dhe $k=0$ dhe $l=0$, atëherë defekti është Mbinxehje $200^{\circ}\text{C} - 300^{\circ}\text{C}$ (F_1).
8. Nëse $i=0$ dhe $j=0$ dhe $k=1$ dhe $l=0$, atëherë defekti është Mbinxehje e përcjellësit (F_2).
9. Nëse $i=1$ dhe $j=0$ dhe $k=1$ dhe $l=0$, atëherë defekti është Rryma qarkulluese në pështjella (F_2).
10. Nëse $i=1$ dhe $j=0$ dhe $k=2$ dhe $l=0$, atëherë defekti është Rryma qarkulluese në bërthamë/kazanin e vajit (F_2).
11. Nëse $i=0$ dhe $j=0$ dhe $k=0$ dhe $l=1$, atëherë defekti është Shkarkim elektrik (F_3).
12. Nëse $i=0$ dhe $j=0$ dhe $k=1$ dhe $l=1$, atëherë defekti është Hark elektrik (F_3).
13. Nëse $i=0$ dhe $j=0$ dhe $k=1$ dhe $l=2$, atëherë defekti është Hark elektrik (F_3).
14. Nëse $i=0$ dhe $j=0$ dhe $k=2$ dhe $l=1$, atëherë defekti është Hark elektrik (F_3).
15. Nëse $i=0$ dhe $j=0$ dhe $k=2$ dhe $l=2$, atëherë defekti është Hark elektrik (F_3).
16. Nëse $i=0$ dhe $j=0$ dhe $k=2$ dhe $l=2$, atëherë defekti është Shkarkim elektrik i pandërprerë (F_3).
17. Nëse $i=5$ dhe $j=0$ dhe $k=0$ dhe $l=1$, atëherë defekti është Shkarkim i pjesshëm (F_4).
18. Nëse $i=5$ dhe $j=0$ dhe $k=0$ dhe $l=2$, atëherë defekti është Shkarkim i pjesshëm (F_4).

Këto janë koleksioni prej 18 rregullash që implementohen në fuzzy dhe formojnë strukturën e rregullave në sistem. Këto rregulla realizojnë vlerësim automatik të inputeve dhe zgjedhin funksionin e anëtarësisë të outputeve. Në këtë mënyrë, Logjika Fuzzy kryen diagnozën e gjendjes së transformatorit.

6.2.2. Zbatimi i logjikës Fuzzy në MATLAB për Metodën Roxhers

Sistemi i Vlerësimit Fuzzy për metodën Roxhers përbëhet nga disa hallka, të cilat do të analizohen njëra pas tjetrës. Fillimisht ilustrojmë me anë të një diagrame konceptin e përgjithshëm të sistemit Fuzzy. Siç vërehet nga diagrama, fillimisht në sistem shkruhen të dhënat në formën e inputeve. Më pas, baza e njohurive realizon procesin e fuzifikimit, në të cilin vlerat numerike ndahen në bashkësitë fuzzy që përfaqësohen nga funksionet e anëtarësisë. Më pas Struktura e Rregullave bën vlerësimin, ku në varësi të bashkësive fuzzy, të cilave u përkasin inputet numerike, zgjidhet dhe outputi. Ky i fundit është një funksion anëtarësie, që përfaqëson një bashkësi fuzzy. Me ekzekutimin e procesit të fuzifikimit, funksionet e anëtarësisë të outputeve përpunohen dhe japin një vlerë numerike.

Tërësia dhe fazat nëpër të cilat kalon ky proces jepen në skemën e figurës 6.7.

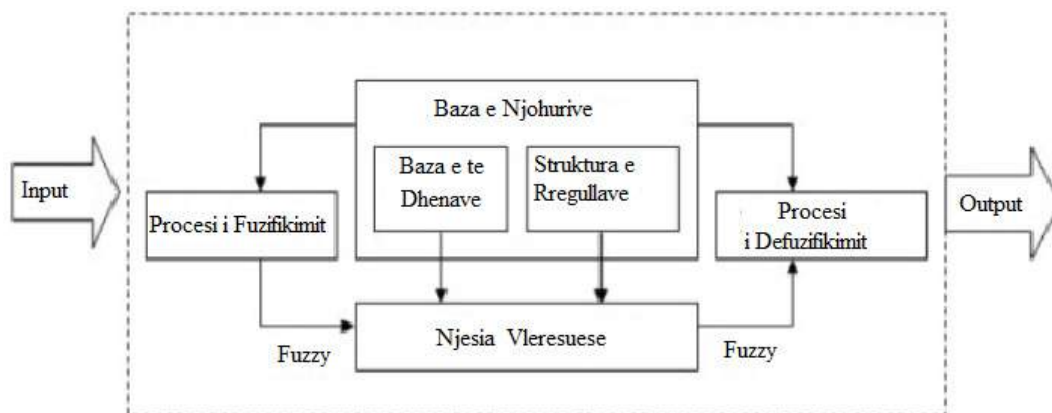


Fig.6.7 Diagrama e Logjikës Fuzzy

Treguesi i Sistemit të Vlerësimit Fuzzy (FIS Editor)

Kjo është hallka e parë e Sistemit Fuzzy. Imazhi i saj në platformën Matlab jep një koncept të përgjithshëm rreth lidhjes me njëri-tjetrin në sistem të inputeve, strukturës së rregullave dhe outputeve.

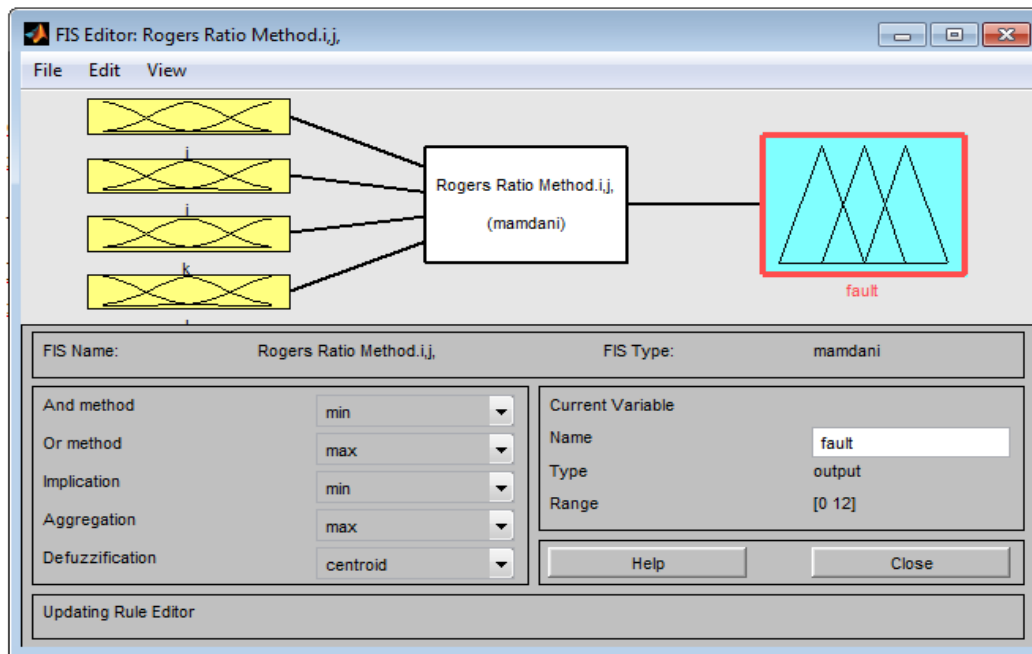


Fig.6.8 Treguesi i Sistemit të Vlerësimit Fuzzy

Siç tregohet në Figurën 6.8, sistemi është ndërtuar për të përdorur Metodën e Raporteve Roxhers të Gazeve. Tipi i zgjedhur i Sistemit të Vlerësimit Fuzzy është Mamdani. Numri i inputeve (kutitë e verdha) në sistem është katër: $i = \text{CH}_4/\text{H}_2$, $j = \text{C}_2\text{H}_6/\text{CH}_4$, $k = \text{C}_2\text{H}_4/\text{C}_2\text{H}_6$, $l = \text{C}_2\text{H}_2/\text{C}_2\text{H}_4$. Inputet janë të lidhur me strukturën e rregullave fuzzy (kutia e bardhë) dhe kjo e fundit është e lidhur me outputin e sistemit (kutia e kaltër). Siç shihet edhe në figurë, kemi vetëm një output. Konkretisht outputi është defekti i diagnostikuar në transformator ose "Gjendja normale". Emri i sistemit është Metoda Roxhers e Raporteve të Gazeve (Rogers Ratio Method). Vërehet se ekuivalentet e operatorëve "And", "Or" janë përkatësisht veprimet "min", "max". Si dhe për procesin e Implikimit (Implication) dhe Mbledhjes (Aggregation) përdoren veprimet "min", "max". Për procesin e defuzifikimit përdoret metoda e "centroidit".

Treguesi i Funksioneve të Anëtarësisë

Treguesi i Funksioneve të Anëtarësisë është një mjet, me anë të të cilit bëhet e mundur ndërtimi dhe paraqitja e funksioneve të anëtarësisë të lidhur me variablat e inputeve dhe outputeve.

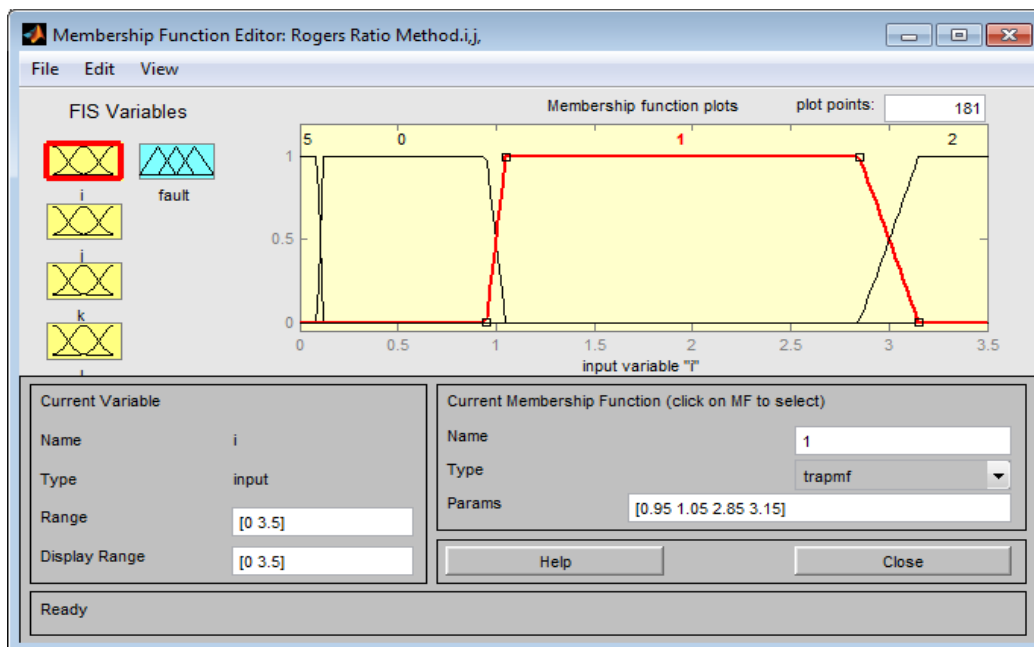


Fig.6.9 Treguesi i Funksioneve të Anëtarësisë, inputi "i"

Në figurën 6.9 tregohen funksionet e anëtarësisë të inputit $i = \text{CH}_4/\text{H}_2$ (i rrethuar me katror me ngjyrë të kuqe). Kur në sistem hyn një vlerë numerike e këtij raporti, sistemi përcakton automatikisht se kujt funksioni i përket kjo vlerë. Ky input përmban katër funksione të emërtuar me kodet {5,0,1,2}. Konkretisht është selektuar funksioni i emërtuar me kodin "1". Në fushën e bardhë të emërtuar "Params" vendosen kufijtë e shtrirjes së këtij funksioni. Kufijtë e shtrirjes së këtij funksioni dhe gjithë funksioneve të inputeve janë përcaktuar në seksionin **"Përcaktimi i funksioneve të anëtarësisë së inputeve"**. Për të katër inputet, funksionet e anëtarësisë janë të tipit trapezoidal. Kjo dallohet në fushën e emërtuar "Type", ku funksioni i zgjedhur është "trapmf". Intervali i vlerave të ordnatës të funksioneve të anëtarësisë është [0;1]. Kjo vlen për të katër inputet dhe për një output të sistemit. Intervali i vlerave të abshisës së funksioneve të inputit "i" është [0;3.5].

Në figurën 6.10 tregohen funksionet e anëtarësisë të lidhur me outputin e sistemit. Pasi bëhet procesi i vlerësimit nga struktura e rregullave fuzzy, kjo strukturë përcakton automatikisht kujt funksioni do t'i përkasë outputi i përpunuar. Në total janë 6 funksione gjithsej, ku F_5 përcakton "Gjendjen normale" dhe F_6 s'është në gjendje të kryejë diagnozën. Katër funksionet e tjera janë katër grupet e defekteve në transformator. Se si janë ndarë këto defekte në 4 grupe është treguar në seksionin **"Ndërtimi i funksioneve të anëtarësisë së outputeve"**.

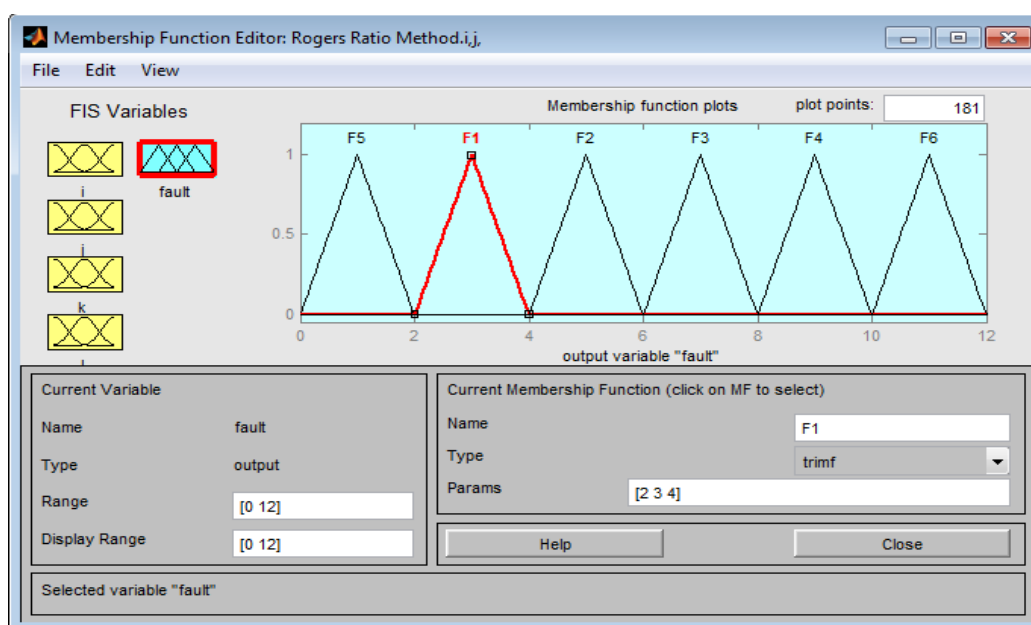


Fig.6.10 Treguesi i Funksioneve të anëtarësisë, outputi "fault"

Tipi i zgjedhur i funksionit të anëtarësisë të selektuar është trekëndësh. Kjo zgjidhet në fushën "Type", ku selektohet fjala "trimf". Kjo vlen për të 6 funksionet. Baza e çdo trekëndëshi shtrihet në 2 njësi. Konkretisht funksioni i selektuar F_1 ka bazën në intervalin $[2,4]$, ndërsa kulmin e tretë në koordinatën $x=3, y=1$. Të gjashtë funksionet e anëtarësisë shtrihen në intervalin $[0;1]$ në boshtin e abshisave.

Treguesi i Rregullave Fuzzy

Treguesi i Rregullave Fuzzy është një hallkë në sistemin Fuzzy i cili të lejon të ndërtosh strukturën e rregullave me qëllim vlerësimin e inputeve dhe zgjedhjen e outputeve në sistem. Tërësia e rregullave fuzzy konkretisht është tërësia e njohurive të ekspertit të fushës. Mënyra si janë ndërtuar këto rregulla tregohet në seksionin **"Ndërtimi i strukturës së rregullave fuzzy"**. Siç tregohet në figurën 6.11, për lidhjen e inputeve në çdo rregull përdoret operatori "and". Për çdo rregull zgjidhet një "peshë" nga 0 në 1. Kjo vlerë tregon shkallën e ndikimit të çdo rregulli në sistem. Konkretisht, në sistemin e ndërtuar është zgjedhur pesha e barabartë me 1 në çdo sistem. Kjo do të thotë që, të gjitha rregullat në sistem kanë të njëjtën rëndësi. Në këtë hallkë ke mundësinë e fshirjes, shtimit ose ndryshimit të një rregulli.

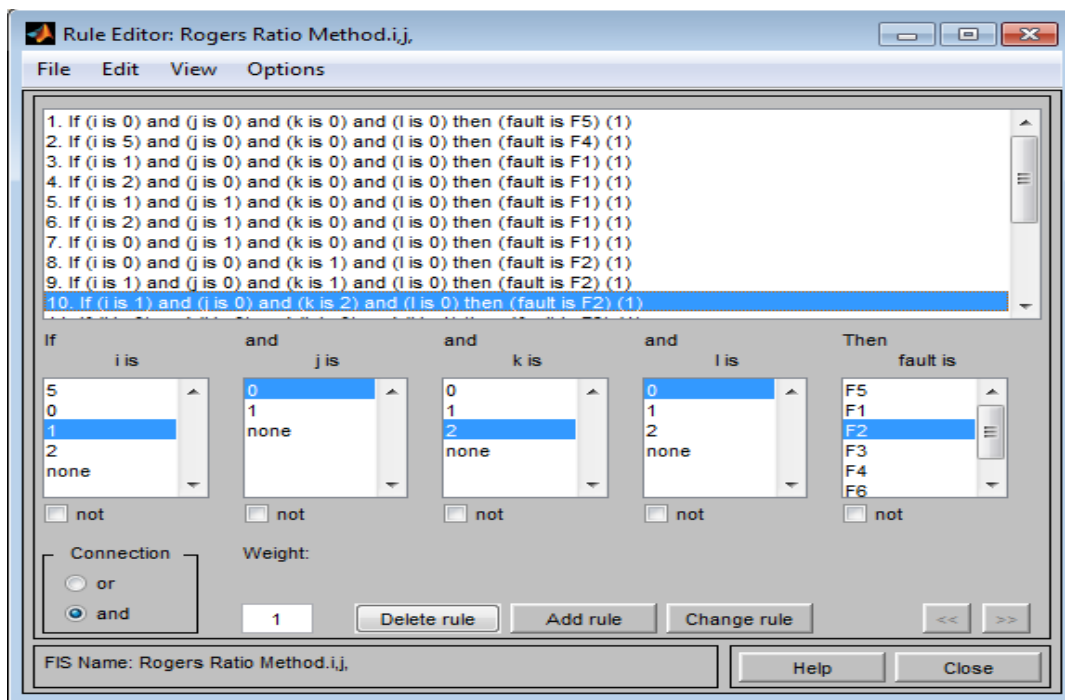


Fig.6.11 Treguesi i Rregullave Fuzzy

Vëzhguesi i Rregullave

Kjo hallkë e sistemit paraqet konkretisht zhvillimin e procesit të vlerësimit fuzzy dhe rezultatin e tij përfundimtar. Si ndodh ky proces është shpjeguar në teorinë fuzzy. Në figurën 6.12 dhe 6.13 së bashku, paraqiten 91 grafikë në total. Pesë grafikët në rreshtin e parë paraqesin shkakun dhe pasojën e rregullit numër 1 të sistemit fuzzy. Çdo rresht i grafikëve paraqet një rregull fuzzy dhe çdo kolonë e grafikëve paraqet një variabël. Numri i çdo rregulli është në anën e majtë të çdo rreshti. Duke klikuar mbi numrin e një rregulli, paraqitet rregulli fuzzy në “fushën e statusit”.

- Katër kolonat e para me grafikë (me ngjyrë të verdhë) paraqesin funksionet e anëtarësisë që i përkasin pjesës së shkakut të rregullave fuzzy (“Nëse ...”).
- Kolona e pestë me grafikë (18 grafikët me blu) paraqet funksionet e anëtarësisë që i përkasin pjesës së pasojës të rregullave fuzzy (“atëherë...”).

Pra, katër grafikët e parë të çdo rreshti paraqesin funksionet e anëtarësisë së katër inputeve, që konkretisht janë katër raportet e gazeve. Në fushën që lexon “Input” vendosen vlerat e katër inputeve. Sistemi fuzzy vlerëson automatikisht nëpërmjet rregullave këto inpute, duke i caktuar anëtarësinë vlerës së çdo inputi në një funksion të anëtarësisë. Në figurë, funksioni i anëtarësisë që i përket çdo input ngjyroset me ngjyrë të verdhë. Në inputin “I”, vlera e vendosur u përket pjesërisht dy funksioneve të anëtarësisë.

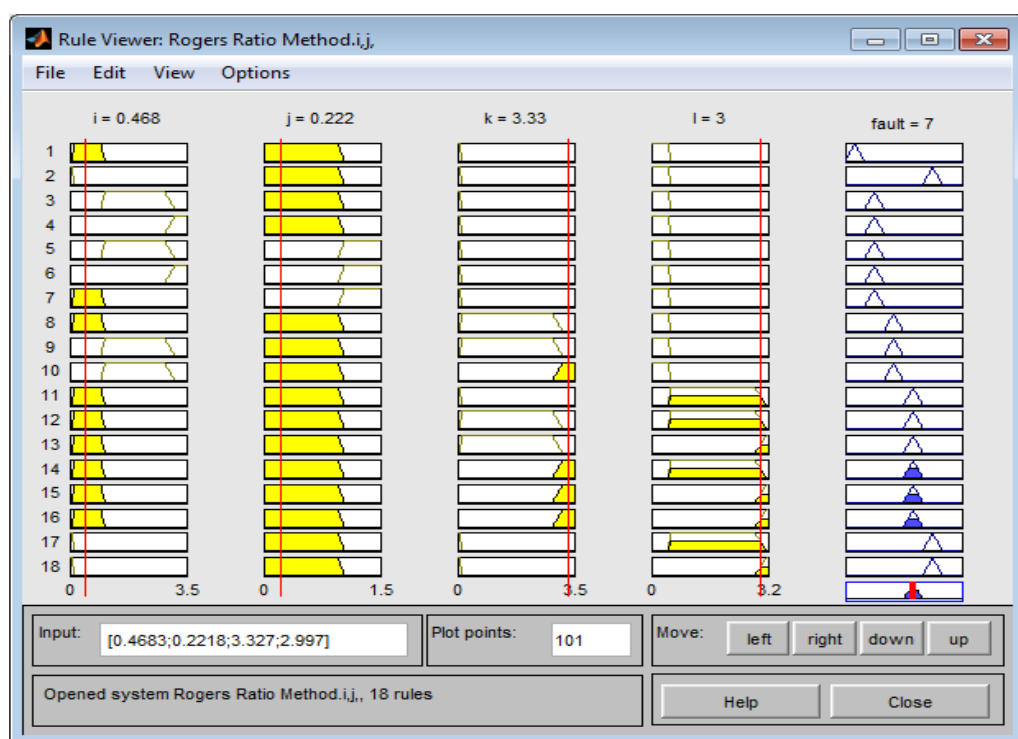


Fig.6.12 Vëzhguesi i Rregullave

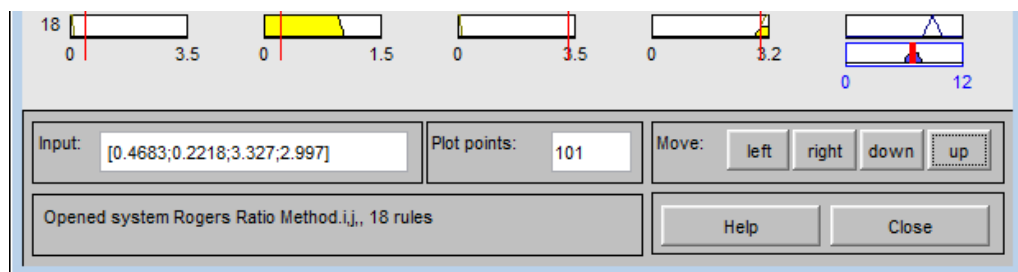


Figura 6.13 Vëzhguesi i Rregullave, pjesa e paeksponuar nga figura 6.12

Pas procesit të vlerësimit bëhet prerja e funksioneve të anëtarësisë të ouputeve. Në rastin konkret, outputin e përcaktojnë tri rregulla 14, 15, 16 dhe si pasojë e kësaj priten funksionet e ouputeve të këtyre rregullave (pjesërisht të ngjyrosur me blu).

◦ Grafiku i fundit në kolonën e pestë është funksioni i anëtarësisë, i cili është rezultati i mbledhjes së gjithë funksioneve të përpunuar të ouputeve.

Nga defuzifikimi i këtij funksioni del numri përfundimtar që paraqitet me një vijë të kuqe vertikale në grafik.

Shembull:

Vlerat e inputeve janë konkretisht: $i=0.4683$; $j=0.2218$; $k=3.327$; $l=2.997$. Përkatësisht vlera numerike përfundimtare e ouputit është 7. Kjo vlerë i përket funksionit të anëtarësisë F_3 . Duke u bazuar në tabelën 3, në këtë funksion përfshihen defektet "Shkarkim elektrik", "Hark elektrik", "Shkarkim elektrik i pandërprerë". Masat që duhen marrë janë: Kërkohet kujdes ekstrem, kontrollo çdo ditë sasinë e gjenerimit të gazeve, duhet marrë në konsideratë shkyçja e transformatorit nga rrjeti. Ky defekt është më i rëndi në transformator.

Për të gjitha matjet ndiqet e njëjta rrugë. Vlerat e inputeve vendosen në fushën që lexon "Input", në trajtën e një vektori me përmasa 4×1 . Një mënyrë tjetër e vendosjes së inputeve në sistem është nëpërmjet zhvendosjes horizontale të vijave vertikale me ngjyrë të kuqe.

Nëpërmjet Vëzhguesit të Rregullave mund të bëhet interpretimi i menjëhershëm i procesit të vlerësimit fuzzy. Kjo hallkë tregon se si ndikon forma e funksioneve të anëtarësisë në rezultatin përfundimtar.

Vëzhguesi i Sipërfaqes

Vëzhguesi i Sipërfaqes tregon gjithë sipërfaqen e outputit, tregon të gjithë hapësirën e grupit të outputeve bazuar në hapësirën e grupit të inputeve. Kjo është hallka e fundit e sistemit Fuzzy. Kur hap këtë imazh, shfaqet një grafik tredimensional si në figurat 6.14 dhe 6.15. Në figurën e parë tregohet intervali i numrave të funksioneve të outputit që rezultojnë si pasojë e bashkëveprimit të dy inputeve i dhe j. Kujtojmë që, sistemi i ndërtuar Fuzzy përdoret për diagnozën e defektit të transformatorit duke përdorur Metodën Roxhers. Në figurën e parë shihet që nga kombinimi i inputeve i dhe j, vlera e përfutur e outputit shtrihet në intervalin [6;7]. Ky interval i përket grupit F_3 . Në figurën e dytë tregohen intervali i numrave të outputeve që përfutohen nga kombinimi i inputeve i,k dhe i,l.

Në figurën 6.14 tregohet që në boshtin X dhe Y zgjidhen inputet, ndërsa në boshtin Z alternativa e vetme është defekti i diagnostikuar në transformator. Në fushat që lexon "X grids", "Y grids" zgjidhet numri i nëndarjeve të këtyre boshteve. Ndërrthurja e këtyre nëndarjeve formon rrjetën e grafikut. Në fushën që lexon "Plot Points" shkruhet numri i nëndarjeve të boshtit Z. Komanda "Ref Input" përdoret kur numri i inputeve është më i madh se dy. Grafiku është tredimensional dhe në rastin tonë kemi tre inpute dhe një output. Vlerat e outputit vendosen në boshtin Z, ndërsa në boshtet X,Y vendosen dy prej katër inputeve. Përveç tre variablave të vendosur në boshtin 3D, vlerat e dy inputeve të tjera mbeten konstante. Këtë e tregojnë shënimet "NaN;NaN".

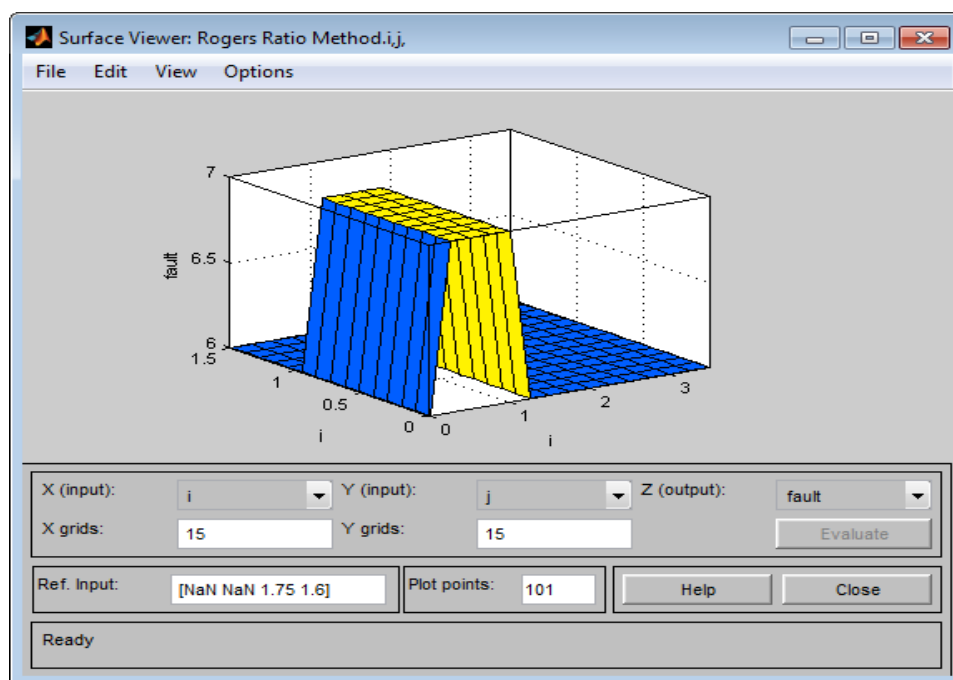


Fig.6.14 Vëzhguesi i sipërfaqes. Inputet i, j

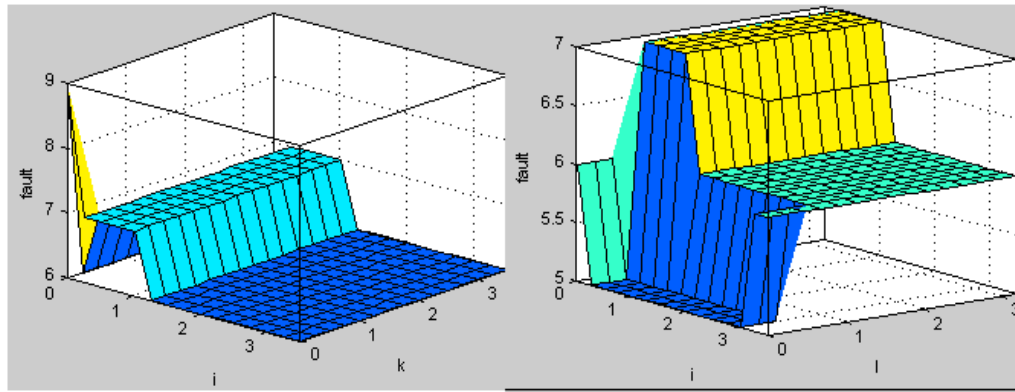


Fig.6.15 Vëzhguesi i Sipërfaqes. Inputet i, k dhe i, l

Analizuar me detaj 5 hallkat përbërëse të sistemit fuzzy. Këto hallka janë të lidhura në mënyrë dinamike me njëra-tjetrën. Nëse bën një ndryshim në një hallkë, kjo reflektohet në hallkat e tjera të sistemit. Për shembull, nëse ndryshon emrat e funksioneve të anëtarësisë në Treguesin e Funksioneve të Anëtarësisë, ky veprim reflektohet në rregullat fuzzy në Vëzhguesin e Rregullave. Në figurën 6.16 tregohet bashkërendimi midis tri hallkave "Treguese" dhe si pasqyrohet çdo veprim në sistem tek hallkat "Vëzhguese".

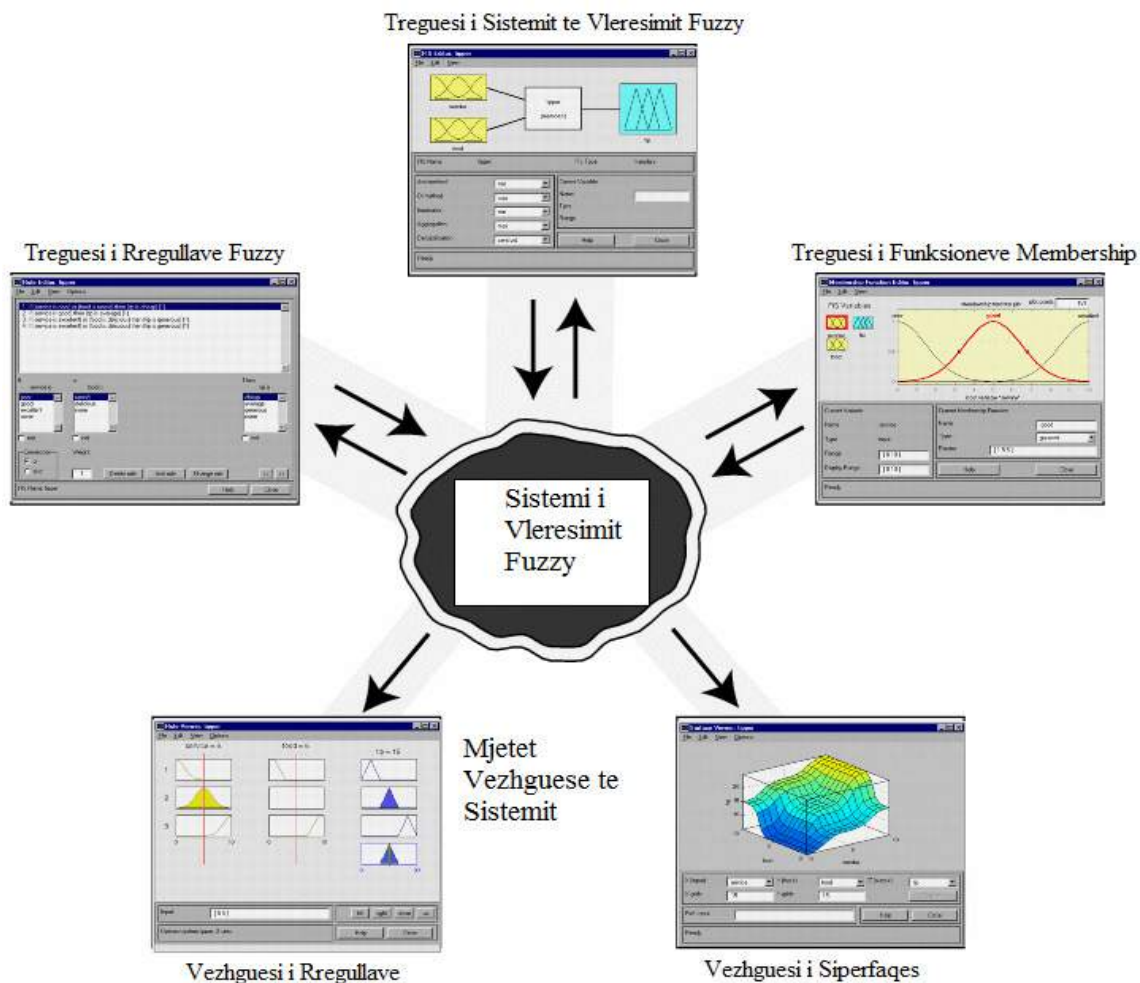


Fig.6.16 Bashkëveprimi i mjeteve të sistemit me njëri-tjetrin

Diagnoza e 100 matjeve me Fuzzy Roxhers dhe
krahasimi i Metodës Fuzzy Roxhers me Diagnozën NTT Roxhers

Tab.6.4 Rezultatet e diagnostikuara nga dy metodat

Nr. i matjeve	Raportet Roxhers me Diagnozën NTT	Raportet Fuzzy Roxhers. Rezultatet nga sistemi ynë	Pajtueshmëria e rezultateve
1	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
2	E papërcaktuar	7;F3	×
3	E papërcaktuar	7;F3	×
4	Hark elektrik. Shkarkim elektrik i pandërprerë	7;F3	✓
5	Hark elektrik. Shkarkim elektrik i pandërprerë	7;F3	✓
6	Hark elektrik. Shkarkim elektrik i pandërprerë.	7;F3	✓
7	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
8	E papërcaktuar	7;F3	×
9	Hark elektrik. Shkarkim elektrik i pandërprerë.	7;F3	✓
10	Hark elektrik. Shkarkim elektrik i pandërprerë.	7;F3	✓
11	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
12	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
13	Hark elektrik. Shkarkim elektrik i pandërprerë.	7;F3	✓
14	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
15	Hark elektrik. Shkarkim elektrik i pandërprerë.	7;F3	✓
16	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
17	Hark elektrik. Shkarkim elektrik i pandërprerë.	7;F3	✓
18	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
19	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
20	E papërcaktuar	7;F3	×
21	Hark elektrik	7;F3	✓
22	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
23	Hark elektrik. Shkarkim elektrik i pandërprerë.	7;F3	✓
24	Hark elektrik. Shkarkim elektrik i pandërprerë.	7;F3	✓
25	Hark elektrik.	7;F3	✓

	Shkarkim elektrik i pandërprerë.		
26	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
27	Hark elektrik. Shkarkim elektrik i pandërprerë.	7;F3	✓
28	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
29	Hark elektrik. Shkarkim elektrik i pandërprerë.	7;F3	✓
30	Hark elektrik. Shkarkim elektrik i pandërprerë.	7;F3	✓
31	E papërcaktuar	7;F3	x
32	E papërcaktuar	7;F3	x
33	Hark elektrik. Shkarkim elektrik i pandërprerë.	7;F3	✓
34	E papërcaktuar	7;F3	x
35	Hark elektrik	7;F3	✓
36	Hark elektrik	7;F3	✓
37	Hark elektrik	7;F3	✓
38	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
39	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
40	Hark elektrik	7;F3	✓
41	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
42	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
43	Hark elektrik. Shkarkim elektrik i pandërprerë.	7;F3	✓
44	Hark elektrik. Shkarkim elektrik i pandërprerë.	7;F3	✓
45	Hark elektrik	7;F3	✓
46	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
47	Rrymat qarkulluese në bërthamë/ serbator	5;F2	✓
48	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
49	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
50	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
51	Hark elektrik	7;F3	✓
52	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
53	Hark elektrik	7;F3	✓
54	Hark elektrik	7;F3	✓
55	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
56	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
57	Hark elektrik	7;F3	✓
58	Hark elektrik	7;F3	✓
59	Hark elektrik	7;F3	✓

60	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
61	E papërcaktuar	7;F3	x
62	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
63	Hark elektrik	7;F3	✓
64	Hark elektrik	7;F3	✓
65	Mbinxehje 200°C-300°C	6; E papërcaktuar	x
66	Mbinxehje 150°C-200°C	6; E papërcaktuar	x
67	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
68	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
69	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
70	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
71	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
72	Mbinxehje 150°C-200°C	6; E papërcaktuar	x
73	Hark elektrik	7;F3	✓
74	Mbinxehje 150°C-200°C	6; E papërcaktuar	x
75	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
76	Mbinxehje 150°C-200°C	6; E papërcaktuar	x
77	Rrymat qarkulluese në bërthamë/kazan.	5;F2	✓
78	Rrymat qarkulluese në bërthamë/kazan.	5;F2	✓
79	Rrymat qarkulluese në bërthamë/kazan.	5;F2	✓
80	Rrymat qarkulluese në bërthamë/kazan.	5;F2	✓
81	Hark elektrik	7;F3	✓
82	Mbinxehje 150°C-200°C	3;F1	✓
83	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
84	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
85	Hark elektrik	7;F3	✓
86	Gjendje normale	5;F2	x
87	Mbinxehje 150°C-200°C	5;F2	✓
88	Mbinxehje e përcjellësit	5;F2	✓
89	Mbinxehje 200°C-300°C	5;F2	x
90	Mbinxehje e përcjellësit	5;F2	✓
91	Mbinxehje e përcjellësit	5;F2	✓
92	Mbinxehje	3;F1	✓

	150°C-200°C		
93	Mbinxehje 150°C-200°C	3;F1	✓
94	Mbinxehje e përcjellësit	5;F2	✓
95	Mbinxehje 150°C-200°C	6; E papërcaktuar	x
96	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
97	Mbinxehje 150°C-200°C	3;F1	✓
98	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓
99	Rrymat qarkulluese në bërthamë/kazan	5;F2	✓
100	E papërcaktuar	6; E papërcaktuar	✓

Në tabelën 6.4 janë marrë 100 raste për 4 raportet e gazeve që shërbejnë si inpute. Këto 100 matje janë tek **Shtojca 1**. Këto të dhëna janë marrë nga një manual. Në kolonën e dytë janë rezultatet e Metodës Roxhers Ratio të marra prej website-it www.nttworldwide.com/rogers. Në kolonën e tretë janë rezultatet e Metodës Rogers Ratio të nxjerra prej sistemit fuzzy të ndërtuar prej meje në Matlab. Në tabelën e mëposhtme realizohet sistemimi i dëmtimeve në 4 familje kryesore. Përveç këtyre, kemi një grup që përfaqëson "gjendjen normale" dhe një grup që është "përgjigje e papërcaktuar".

Tab.6.5 Pesë grupet e defekteve

Metoda	F ₅	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₆
Raportet Roxhers	Gjendje normale	Mbinxehje e lehtë < 150°C Mbinxehje 150°C-200°C Mbinxehje 200°C-300°C	Mbinxehje e përcjellësit Rryma qarkulluese në pështjella. Rrymat qarkulluese në bërthamë/kazan	Shkarkim elektrik Hark elektrik Shkarkim elektrik i pandërprerë	Shkarkim i pjesshëm	E papërcaktuar

Pasi realizuam një ndarje të defekteve në 4 funksione kryesore, në tabelën e mëposhtme paraqitet një përmbledhje e 100 matjeve për të dyja mënyrat e matjeve që janë përdorur për Metodën e Raporteve Roxhers.

Tab.6.6 Shpërndarja e defekteve në pesë grupet kryesore, kryer nga dy metodat

	F ₅	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	E papërcaktuar
Diagnoza NTT për vajin mineral	1	11	11	34	0	43
Logjika Fuzzy	0	4	13	42	0	41

Pajtueshmëria midis dy mjeteve që përdorin metodën Roxhers është në masën 84/100 ose 84%. Mospajtueshmëria është në masën 16/100 ose 16%. Nga të dhënat e tabelës 6.6 ndëtojmë grafikët që paraqesin shpërndarjen e 100 defekteve të diagnostikuara në 5 familjet kryesore të defekteve dhe në grupin e matjeve të papërcaktuara. Do të ndërtohen dy grafikë, një për çdo metodë.

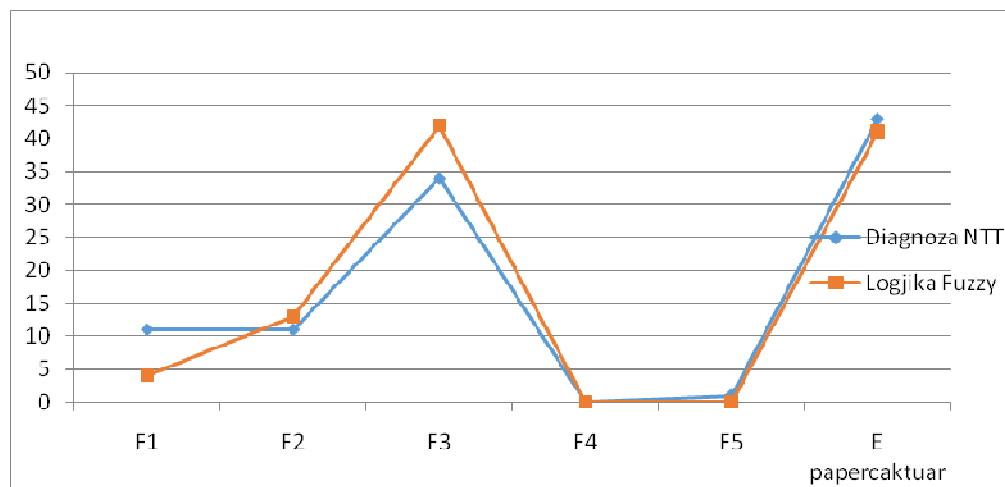


Fig. 6.17 Paraqitja grafike e shpërndarjes së defekteve të kryer nga dy metodat

Në figurën e mësipërme jepen dy grafikët, secili prej tyre paraqet një metodë të përdorur për diagnostikim. Numri më i madh i diagnozave të kryera nga Logjika Fuzzy është F₃. Më pas vijnë "E Papërcaktuar", F₂, F₁. Diagnozot F₄ dhe F₅ janë në nivelin zero për të dyja metodat. Numri më i madh i diagnozave të kryera nga Diagnoza NTT është "E Papërcaktuar". Më pas vijnë F₃, F₂, F₁. Në grupet F₁, F₂, F₃ grafikët janë afër njëri-tjetrit, në grupin e fundit janë pothuajse të puthitur.

6.3. Zbatimi i Logjikës Fuzzy për interpretimin e rezultateve të Metodës TDCG në programin MATLAB

6.3.1. Sasia totale e gazeve të djegshme të tretura në vaj (TDCG)

TDCG është metodë që përdor principet e DGA-së. Kjo metodë përdor shumën e 6 gazeve të djegshme dhe sasinë e gjeneruar të gazeve në ditë (TDCG_Rate) për të kryer diagnozën e transformatorit. Diagnoza vendos intervalin kohor periodik të marrjes së provës së vajit (SI) dhe masat që duhen marrë nga operatori ndaj punës së transformatorit në rrjet (OP). Në tabelën 6.7 tregohet koncepti i zbatimit të metodës TDCG.

Tab.6.7 Logjika e TDCG

Sasia Totale e Gazeve të Djegshme të Tretura (TDCG) (ppm).	Sasia e gazeve të gjeneruara në ditë (TDCG_Rate) (ppm/ditë).	Intervali kohor periodik i mbledhjes së provës (SI)	Procedura Operuese (OP)
Kushti 1 < 720	E ulët <10	Çdo 6 muaj (SIA)	Operim normal i transformatorit në rrjet (OPA)
	E mesme 10 – 30	Çdo 3 muaj (SIQ)	
	E lartë >30	Çdo muaj (SIM)	Operatori duhet të veprojë me kujdes. Duhet të analizojë sasinë individuale të gazeve për të gjetur defektin e mundshëm. Duhet të përcaktojë varësinë e sasisë së gjeneruar të gazeve ndaj ngarkesës në transformator (OPB).

Kushti 2 721 – 1920	E ulët <10	Çdo 3 muaj (SIQ)	Operatori duhet të veprojë me kujdes. Duhet të analizojë sasinë individuale të gazeve për të gjetur defektin e mundshëm. Duhet të përcaktojë varësinë e sasisë së gjeneruar të gazeve ndaj ngarkesës në transformator.(OPB)
	E mesme 10 – 30	Çdo muaj (SIM)	
	E lartë >30		
Kushti 3 1921 – 4630	E ulët <10	Çdo muaj (SIM)	Operatori duhet të veprojë me kujdes. Duhet të analizojë sasinë individuale të gazeve për të gjetur defektin e mundshëm. Planifikohet shkyçja e transformatorit nga rrjeti (OPC)
	E mesme 10 – 30	Çdo javë (SIW)	
	E lartë >30		
Kushti 4 >4630	E ulët <10	Çdo javë (SIW)	Operatori duhet të veprojë me kujdes. Duhet të analizojë sasinë individuale të gazeve për të gjetur defektin e mundshëm. Planifikohet shkyçja e transformatorit nga rrjeti (OPC)
	E mesme 10 – 30	Çdo ditë (SID)	
	E lartë >30		Është e domosdoshme shkyçja e transformatorit nga rrjeti (OPD)

Gazet që japin TDCG-në janë Acetilen (C_2H_2), Etilen (C_2H_4), Etan (C_2H_6), Hidrogjen (H_2), Metan (CH_4) dhe Monoksid Karboni (CO). Avantazhi kryesor i metodës TDCG, krahasuar me të tjerat, është aplikimi i lehtë dhe i shpejtë i saj. Kjo metodë mund të përdoret në mënyrë të pandërprerë me qëllim shmangien e avarisë së papritur në transformator. Më poshtë po japim ekuacionet e llogaritjes së TDCG dhe TDCG_Rate:

$$TDGC = H_2 + CO + C_2H_4 + C_2H_6 + CH_4 + C_2H_2 \quad (6.17)$$

$$TDCG_Rate = \frac{(S_t - S_o)}{T} \quad (6.18)$$

Ku, S_t – TDCG aktuale, S_o – TDCG e mëparshme; T – koha e matur në ditë. Këto dy formula llogaritin përqendrimin e TDCG-së dhe sasinë e gjenerimit në ditë të TDCG-së, si dhe përdoren për të përcaktuar gjendjen e operimit të transformatorit në rrjet. Mirëpo kjo metodë nuk mund të detektojë tipin e defektit që po ndodh në transformator. TDCG përcakton vetëm gjendjen e mirë apo të keqe të transformatorit. Në shembullin e mëposhtëm ilustron një zbatim të metodës TDCG:

Shembull:

$$H_2 = 16; CO = 935; C_2H_4 = 28; C_2H_6 = 6; CH_4 = 12; C_2H_2 = 29;$$

$$TDGC = H_2 + CO + C_2H_4 + C_2H_6 + CH_4 + C_2H_2 = 16 + 935 + 28 + 6 + 12 + 29 = 1026$$

$$S_t = 1026 \text{ ppm}, S_o = 630 \text{ ppm}, T = 30 \text{ ditë}; TDCG_Rate = \frac{(S_t - S_o)}{T} = \frac{(1026 - 630) \text{ ppm}}{30 \text{ ditë}} = 13.2 \frac{\text{ppm}}{\text{ditë}};$$

Nga të dhënat e llogaritura, duke kërkuar në tabelën 6.7, gjejmë rezultatin e diagnostikimit:

"Intervali kohor i mbledhjes së provëzës së vajit duhet kryer çdo muaj (SIM) dhe operatori duhet të veprojë me kujdes, duhet analizuar sasia individuale e gazeve për të gjetur defektin e mundshëm, duhet përcaktuar varësia ndërmjet sasisë totale të gjeneruar të gazeve dhe ngarkesës në transformator (OPB)."

Nga shembulli i mësipërm kuptohet që metoda TDCG nuk diagnostikon llojin e defektit. Ajo është në gjendje të diagnostikojë intervalin kohor periodik të mbledhjes së provëzës së vajit. Madhësia e këtij intervali varet nga gjendja e transformatorit. Sa më i rëndë të jetë defekti në transformator, aq më të shkurtër janë intervalet e mbledhjes së provëzës dhe anasjelltas.

Interval i shkurtër i mbledhjes së provëzës do të thotë, rritje e numrit të procesit të marrjes së provëzës brenda një kohe të caktuar. Kjo nënkupton që me zvogëlimin e intervalit kohor, rritet kostoja e këtij procesi. Por nëse intervali kohor është i gjatë, defekti mund të kapet me vonesë. Midis një intervali periodik të mbledhjes së provëzës çdo muaj dhe një intervali periodik të mbledhjes së provëzës çdo javë, defekti detektohet më shpejt tek i dyti. Pra, nëse intervali kohor është i gjatë, defekti detektohet me vonesë dhe shkalla e dëmtimit të transformatorit nga ky defekt është më e madhe. Shkalla e dëmtimit dhe kostoja e procesit janë dy faktorë që kundërshtojnë njëri-tjetrin në lidhje me përcaktimin e intervalit kohor. Për të vendosur në balancë këta dy faktorë përdoret TDCG, e cila përcakton intervalin e duhur kohor.

6.3.2. Zbatimi i Fuzzy TDCG në programin MATLAB

Identifikimi i inputeve dhe outputeve në sistemin fuzzy

Për të përcaktuar gjendjen e transformatorit, metoda diagnostikuese TDCG përdor 2 inpute në sistemin fuzzy. Këto janë sasia totale e gjeneruar e gazeve të djegshme (TDCG) dhe sasia totale e gjeneruar çdo ditë (TDCG_Rate). Outputet e sistemit fuzzy janë intervali kohor i mbledhjes së provëzës dhe procedura operuese që duhet kryer në transformator. Në figurën 6.18 paraqitet struktura e aplikimit të metodës TDCG në sistemin fuzzy.

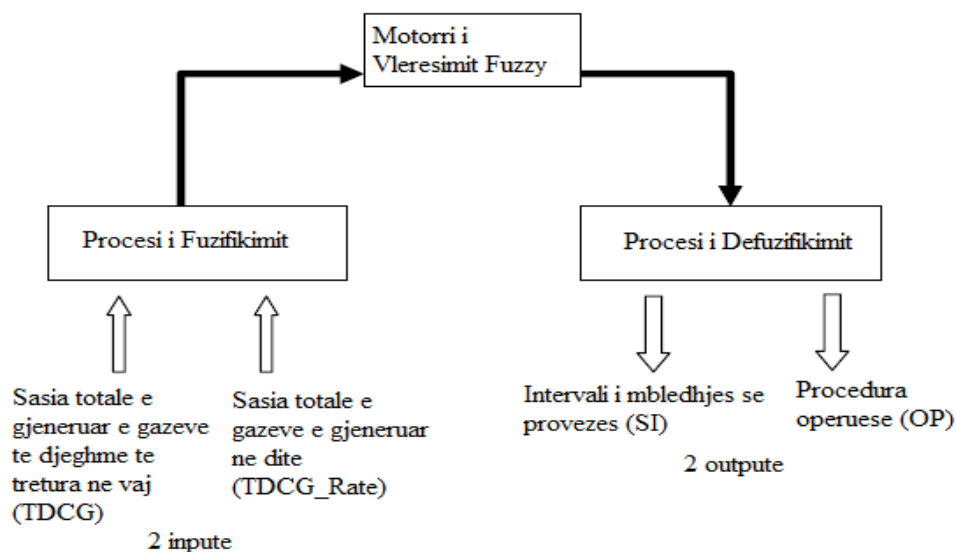


Fig. 6.18 Variablat e inputeve dhe outputeve në metodën fuzzy TDCG

Në paragrafët e mëposhtëm trajtohen funksionet e çdo inputi dhe outputi. Paraqesim konkretisht lidhjen e këtyre variablave në sistemin e ndërtuar fuzzy. Kjo tregohet në hallkën/dritaren e parë të sistemit fuzzy të emërtuar "Treguesi i Sistemit të Vlerësimit Fuzzy".

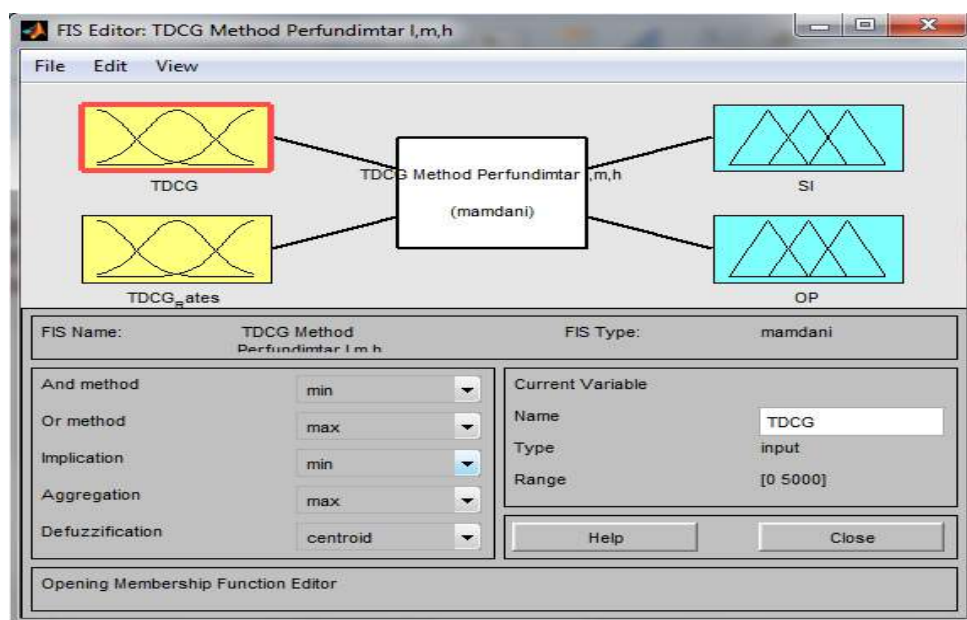


Fig. 6.19 Treguesi i sistemit fuzzy, metoda TDCG

Figura 6.19 tregon dritaren e parë që përbën sistemin fuzzy. Ajo që ilustron në diagramën e figurës 6.18 tregohet konkretisht në dritaren e parë të sistemit fuzzy. Në figurën 6.18 tregohet që inputi i selektuar është TDCG. Në seksionin që lexon "Current Variable" tregohet emri i variablit të selektuar "TDCG", tipi "input" dhe intervali i shtrirjes [0;5000]. Emri i sistemit është TDCG Method. Vërehet që ekuivalentet e operatorëve "And","Or" janë përkatësisht veprimet "min", "max". Ashtu si edhe për procesin e Implikimit (Implication) dhe Mbledhjes (Aggregation) përdoren veprimet "min", "max". Për procesin e defuzifikimit përdoret metoda e "centroidit".

Kuantizimi

Në këtë proces ndahen në bashkësi vlerat e mundshme numerike të inputeve të sistemit. Këto bashkësi emërtohen me variabla linguistikë. Vlerat numerike të inputit TDCG ndahen në bashkësitë e emërtuara "Condition 1" (Kushti 1), "Condition 2" (Kushti 2), "Condition 3" (Kushti 3), "Condition 4" (Kushti 4). Vlerat numerike të inputit TDCG_Rate ndahen në bashkësitë e emërtuara "Low" (E ulët), "Medium" (E mesme), "High" (E lartë). Për të përcaktuar kufijtë e çdo intervali orientohemi nga tabela e metodës TDCG. Intervalet që i përkasin çdo bashkësie tregohen në ekuacionet e mëposhtme:

$$\text{TDCG} = \{\text{Condition 1, Condition 2, Condition 3, Condition 4}\}$$

$$\text{TDCG_Rate} = \{\text{Lo,Med,Hi}\}$$

$$\text{TDCG} = \begin{cases} \text{Condition 1,} & x < 720 \\ \text{Condition 2,} & 721 \leq x \leq 1920 \\ \text{Condition 3,} & 1921 \leq x \leq 4630 \\ \text{Condition 4,} & x > 4630 \end{cases} \quad (\text{ek 6.19})$$

$$TDCG_{Rate} = \begin{cases} Lo, & x < 10 \\ Med, & 10 \leq x \leq 30 \\ Hi, & x > 30 \end{cases} \quad (\text{ek 6.20})$$

Përcaktimi i funksioneve të anëtarësisë

Siç e përmendëm më sipër, tërësia e variablave numerikë të inputeve ndahen në bashkësi fuzzy. Këto bashkësi, në sistemin fuzzy përfaqësohen me funksione anëtarësie. Funksionet e anëtarësisë së të dyja inputeve janë të tipit trapezoidal. Funksionet e anëtarësisë në sistem përcaktohen në hallkën e dytë të sistemit, Treguesin e Funksioneve të Anëtarësisë (Figura 6.20). Kufijtë e funksioneve të anëtarësisë të inputeve përcaktohen nga intervalet e formulave 6.19 dhe 6.20. Në figurën 6.20 tregohen dy inputet (me ngjyrë të verdhë) dhe dy outputet (me ngjyrë të kaltër).

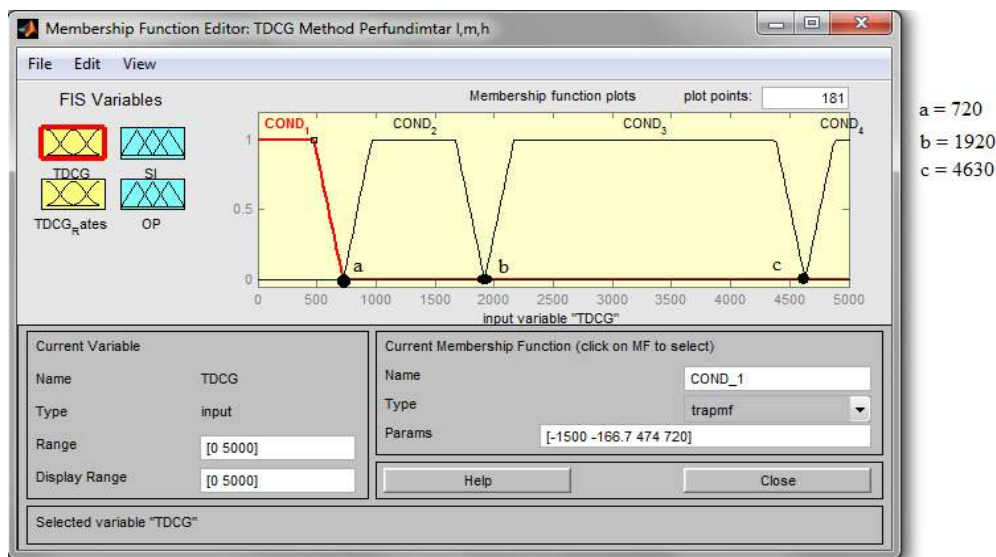


Fig.6.20 Treguesi i Funksioneve të anëtarësisë, inputi TDCG

Në figurën 6.20 tregohen funksionet membership të inputit TDCG. Pikat a,b,c në figurë shenjojnë kufijtë e funksioneve. Këto pika janë të barabarta me kufijtë e përcaktuar në ekuacionin 1. Kur shkruhet në sistem një vlerë numerike e inputit TDCG, sistemi përcakton automatikisht se në cilin funksion bën pjesë vlera numerike. Inputi TDCG përmban katër funksione të anëtarësisë, "Condition 1", "Condition 2", "Condition 3", "Condition 4". Në sistem është selektuar funksioni i emërtuar "Condition 1". Kufijtë e shtrirjes në hapësirën 2-dimensionale përcaktohen në fushën e bardhë të emërtuar "Params". Në seksionin "Type" është zgjedhur tipi trapezoidal. Intervali i vlerave të abshisës është [0:5000], ndërsa intervali i vlerave të ordinatës është [0;1].

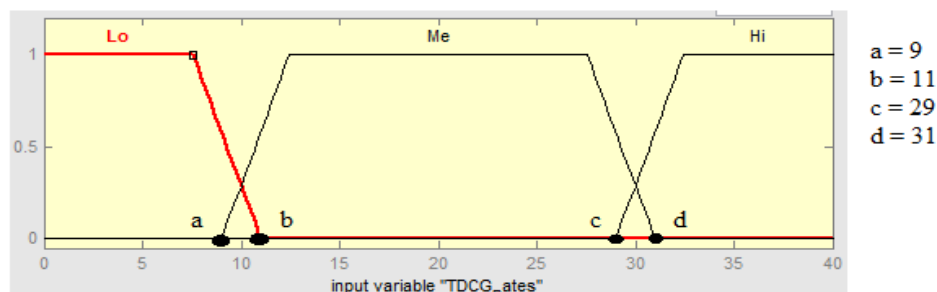


Fig.6.21 Funksionet e anëtarësisë së inputit "TDCG_Rate"

Në figurën 6.21 tregohen funksionet e anëtarësisë së inputit TDCG_Rate. Emërtimet e funksioneve janë "Low", "Medium", "High". Në ndryshim nga inputi i parë, në inputin e dytë funksionet interferojnë me njëra-tjetrën. Pikat a, b dhe c, d janë të baraslarguara nga pikat e prerjes së funksioneve. Pikat e prerjes së funksioneve të anëtarësisë janë pozicionuar mbi ordinata të barabarta me 10 dhe 30. Kjo tregon që shtrirja e funksioneve të anëtarësisë së inputit TDCG_Rate përkon me intervalet e ekuacionit 6.20. Në inputin TDCG_Rate, intervali i vlerave të abshisës është [0:40], ndërsa intervali i vlerave të ordinatës është [0;1].

Përpara se të ndërtojmë në fuzzy funksionet e outputeve, përcaktojmë intervalin e shtrirjes së çdo funksioni. Në sistemin fuzzy kemi dy outpute, intervali i mbledhjes së provëzës (SI) dhe masat që merren ose procedura operuese (OP). Për përcaktimin e funksioneve membership të outputeve orientohe mi nga tabela 6.7. Duke u nisur nga kjo tabelë, ndërtojmë 5 funksione të anëtarësisë për inputin TDCG dhe 4 funksione të anëtarësisë për inputin TDCG_Rate. Për emërtimin e funksioneve të anëtarësisë nisemi nga emërtimet e tabelës 6.7. Në ndryshim nga inputet, ku kufijtë e të cilëve përcaktohen nga tabela 6.7, outputet e sistemit fuzzy s'janë të përcaktuara nga kjo tabelë. Ato mund të përcaktohen vetë nga ndërtuesi i këtij sistemi ose mund të merren si referencë literatura të ndryshme. Shkruajmë intervalet e shtrirjes për funksionet e outputeve.

$$SI=\{SID,SIW,SIM,SIQ,SIA\}; \quad OP=\{OPD,OPC,OPB,OPA\};$$

$$SI = \begin{cases} SID, & 0 \leq x \leq 2.1 \\ SIW, & 1.9 \leq x \leq 4.1 \\ SIM, & 3.9 < x < 6.1 \\ SIQ, & 5.9 \leq x \leq 8.1 \\ SIA, & 7.9 \leq x \leq 10 \end{cases} \quad (\text{ek 6.21})$$

$$OP = \begin{cases} OPD, & 0 \leq x \leq 2.6 \\ OPC, & 2.4 \leq x \leq 5.1 \\ OPB, & 4.9 \leq x \leq 7.6 \\ OPA, & 7.4 \leq x \leq 10 \end{cases} \quad (\text{ek 6.22})$$

Pasi përcaktuam intervalin e shtrirjes së çdo funksioni në boshtin e abshisave, i ndërtojmë funksionet e anëtarësisë të outputeve në sistemin fuzzy. Për të dy outputet, funksionet do të jenë të tipit trapezoidal.

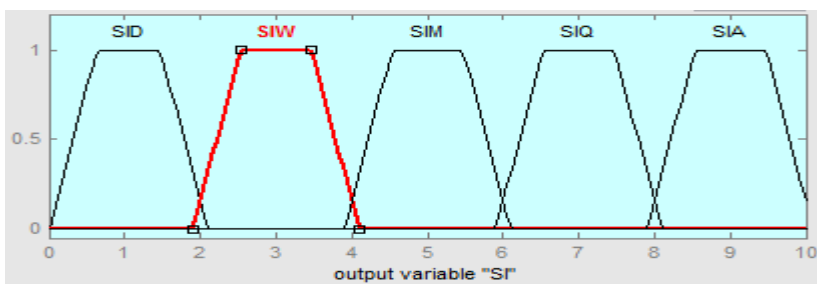


Fig. 6.22 Funksionet e anëtarësisë së inputit "SI"

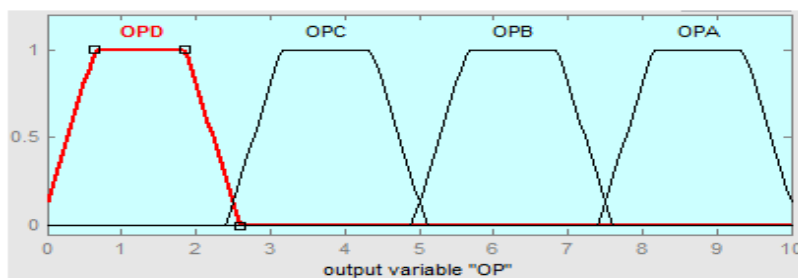


Fig. 6.23 Funkzionet e anëtarësisë së inputit "OP"

Kufijtë e shtrirjes së funksioneve në boshtin e abshisave janë përcaktuar nga formulat 6.21 dhe 6.22. Siç dhe duket në figurat 6.22 dhe 6.23, funksionet fqinje interferojnë njëri-tjetrit. Në të dyja outputet, intervalet e shtrirjes së funksioneve janë $[0;1]$. Në bazë të vlerës së inputeve, rregullat e sistemit fuzzy bëjnë vlerësimin e inputeve dhe zgjedhin nga një funksion për çdonjërin prej dy outputeve.

Ndërtimi i strukturës së rregullave fuzzy

Nëse studiohet me kujdes tabela 1, vihet re që kombinimi i dy inputeve jep një kombinim të dy outputeve. Duke ndjekur këtë logjikë, jemi në gjendje të formulojmë të gjitha rregullat fuzzy. Pra, rregullat fuzzy janë një rrjedhë logjike e tabelës 6.7. Një rregull fuzzy përbëhet nga dy pjesë, "shkaku" (Nëse...) dhe "pasoja" (...atëherë"). Në pjesën e parë vlerësohen variablat e inputeve, në pjesën e dytë kryhet selektimi i outputeve të sistemit. Në të dyja pjesët e çdo rregulli është përdorur operatori "and". Shkruajmë rregullat që do të injektohen në sistemin fuzzy.

1. Nëse Sasia Totale e Gazeve (TDCG) është Kushti 1 dhe Sasia e Gjeneruar në Ditë (TDCG_Rate) është E Ulët, atëherë Intervali i Mbledhjes së Provëzës (SI) është çdo 6 muaj (SIA) dhe Procedura Operuese (OP) është operim normal i transformatorit (OPA).
2. Nëse Sasia Totale e Gazeve (TDCG) është Kushti 1 dhe Sasia e Gjeneruar në Ditë (TDCG_Rate) është E Mesme, atëherë Intervali i Mbledhjes së Provëzës (SI) është çdo 3 muaj (SIQ) dhe Procedura Operuese (OP) është operim normal i transformatorit (OPA).
3. Nëse Sasia Totale e Gazeve (TDCG) është Kushti 1 dhe Sasia e Gjeneruar në Ditë (TDCG_Rate) është E Lartë, atëherë Intervali i Mbledhjes së Provëzës (SI) është çdo muaj (SIM) dhe Procedura Operuese (OP) është analiza e sasive individuale të gazeve, përcaktimi i varësisë së sasisë së gjeneruar të gazeve ndaj ngarkesës në transformator (OPB).
4. Nëse Sasia Totale e Gazeve (TDCG) është Kushti 2 dhe Sasia e Gjeneruar në Ditë (TDCG_Rate) është E Ulët, atëherë Intervali i Mbledhjes së Provëzës (SI) është çdo 6 muaj (SIQ) dhe Procedura Operuese (OP) është analiza e sasive individuale të gazeve, përcaktimi i varësisë së sasisë së gjeneruar të gazeve ndaj ngarkesës në transformator (OPB).
5. Nëse Sasia Totale e Gazeve (TDCG) është Kushti 2 dhe Sasia e Gjeneruar në Ditë (TDCG_Rate) është E Mesme, atëherë Intervali i Mbledhjes së Provëzës (SI) është çdo muaj (SIM) dhe Procedura Operuese (OP) është analiza e sasive individuale të gazeve, përcaktimi i varësisë së sasisë së gjeneruar të gazeve ndaj ngarkesës në transformator (OPB).
6. Nëse Sasia Totale e Gazeve (TDCG) është Kushti 2 dhe Sasia e Gjeneruar në Ditë (TDCG_Rate) është E Lartë, atëherë Intervali i Mbledhjes së Provëzës (SI) është çdo muaj (SIM) dhe Procedura Operuese (OP) është analiza e sasive individuale të gazeve,

përcaktimi i varësisë së sasisë së gjeneruar të gazeve ndaj ngarkesës në transformator (OPB).

7. Nëse Sasia Totale e Gazeve (TDCG) është Kushti 3 dhe Sasia e Gjeneruar në Ditë (TDCG_Rate) është E Ulët, atëherë Intervali i Mbledhjes së Provëzës (SI) është çdo muaj (SIM) dhe Procedura Operuese (OP) është analiza e sasive individuale të gazeve, planifikimi i shkyqjes së transformatorit nga rrjeti (OPC).

8. Nëse Sasia Totale e Gazeve (TDCG) është Kushti 3 dhe Sasia e Gjeneruar në Ditë (TDCG_Rate) është E Mesme, atëherë Intervali i Mbledhjes së Provëzës (SI) është çdo javë (SIW) dhe Procedura Operuese (OP) është analiza e sasive individuale të gazeve, planifikimi i shkyqjes së transformatorit nga rrjeti (OPC).

9. Nëse Sasia Totale e Gazeve (TDCG) është Kushti 3 dhe Sasia e Gjeneruar në Ditë (TDCG_Rate) është E Lartë, atëherë Intervali i Mbledhjes së Provëzës (SI) është çdo javë (SIW) dhe Procedura Operuese (OP) është analiza e sasive individuale të gazeve, planifikimi i shkyqjes së transformatorit nga rrjeti (OPC).

10. Nëse Sasia Totale e Gazeve (TDCG) është Kushti 4 dhe Sasia e Gjeneruar në Ditë (TDCG_Rate) është E Ulët, atëherë Intervali i Mbledhjes së Provëzës (SI) është çdo javë (SIW) dhe Procedura Operuese (OP) është analiza e sasive individuale të gazeve, planifikimi i shkyqjes së transformatorit nga rrjeti (OPC).

11. Nëse Sasia Totale e Gazeve (TDCG) është Kushti 4 dhe Sasia e Gjeneruar në Ditë (TDCG_Rate) është E Mesme, atëherë Intervali i Mbledhjes së Provëzës (SI) është çdo ditë (SID) dhe Procedura Operuese (OP) është analiza e sasive individuale të gazeve, planifikimi i shkyqjes së transformatorit nga rrjeti (OPC).

12. Nëse Sasia Totale e Gazeve (TDCG) është Kushti 4 dhe Sasia e Gjeneruar në Ditë (TDCG_Rate) është E Lartë, atëherë Intervali i Mbledhjes së Provëzës (SI) është çdo ditë (SID) dhe Procedura Operuese (OP) është shkyqja e transformatorit nga rrjeti (OPD).

Rregullat fuzzy implementohen në sistemin fuzzy, konkretisht në "Treguesin e Rregullave Fuzzy". Këto rregulla përmbledhin njohuritë e ekspertit të fushës.

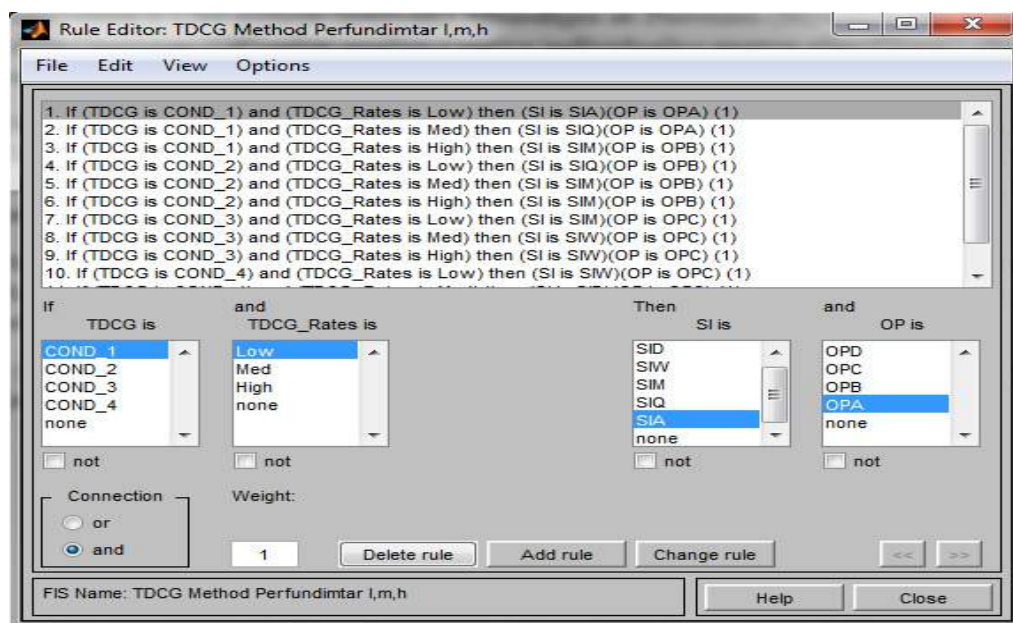


Fig.6.24 Treguesi i Rregullave Fuzzy

Në figurën 6.24 tregohet Treguesi i Rregullave Fuzzy, në të cilin janë implementuar rregullat fuzzy. Nga figura 6.24 dallohet forma e çdo rregulli "Nëse ...atëherë...". Si operator lidhës është përdorur operatori "and". Pësha e çdo rregulli është e barabartë me 1, gjë që do të thotë se çdo rregull ndikon në shkallë të barabartë në sistem. Me vendosjen e vlerave numerike në sistem, ato përcaktohen automatikisht se kujt funksion të inputeve u përkasin. Më pas hyjnë në lojë rregullat fuzzy. Ato bëjnë vlerësimin e variablave linguistikë të inputeve dhe përzgjedhin në secilin prej dy outputeve nga një funksion të anëtarësisë. Funksionet e përzgjedhur përfaqësojnë variablat linguistikë të outputeve.

Vëzhguesi i Rregullave Fuzzy

Kjo hallkë realizon automatikisht diagnozën e vajit të transformatorit në bazë të të dhënave të gazeve që vendosen në sistem. Dritarja Matlab e kësaj hallke tregohet në figurën 6.25. Në figurë tregohen 12 rreshta me grafikë (përveç dy grafikëve përfundimtarë). Ky numër përkon me numrin e rregullave fuzzy. Çdo rresht i grafikëve paraqet zbatimin e rregullit përkatës në sistem. Grafikët e dy kolonave të para (me ngjyrë të verdhë) paraqesin procesin e vlerësimit të inputeve nga rregullat fuzzy. Në këto grafikë tregohen funksionet e anëtarësisë të inputeve. Pasi vendosen vlerat numerike të inputeve në sistem, përcaktohet automatikisht se kujt funksioni të anëtarësisë i përkasin këto vlera. Funksionet e anëtarësisë që u përkasin këto vlera ngjyrosen me të verdhë. Grafikët e dy kolonave të dytë paraqesin funksionet e anëtarësisë të outputeve. Funksionet e përzgjedhur të outputeve ngjyrosen me blu. E ilustruam me një shembull. Do të marrim shembullin e mësipërm që e zbatuam duke përdorur tabelën 6.7. Kësaj radhe të dhënat do i vendosim në sistem dhe sistemi do kryejë automatikisht diagnozën.

Shembull:

TDCG = 1026 ppm; TDCG_Rate = 13.2 ppm/ditë

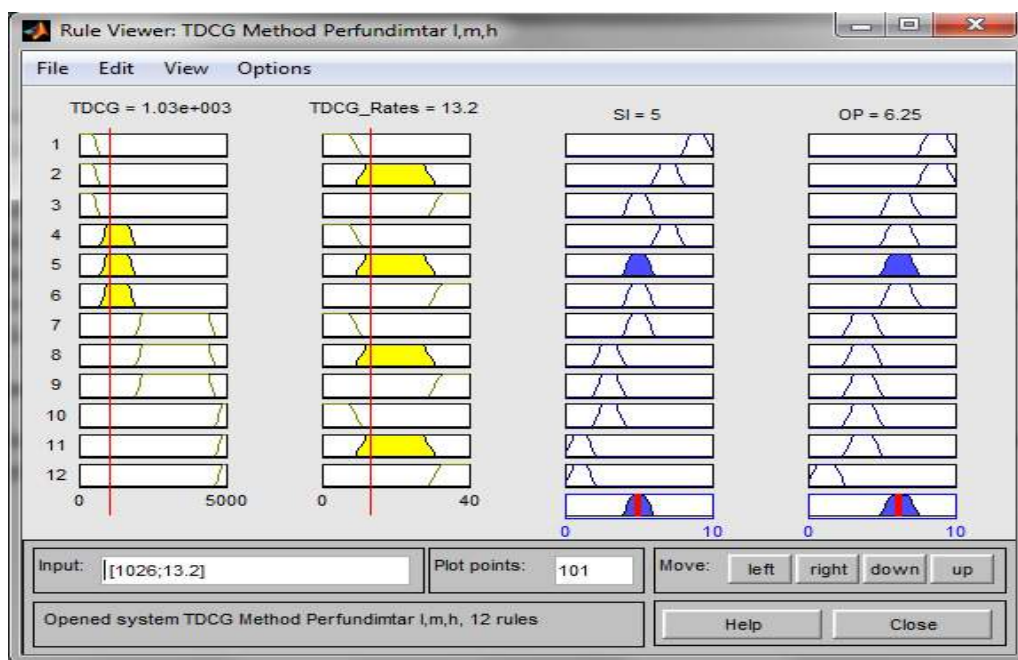


Fig. 6.25 Vëzhguesi i Rregullave, shembull konkret

Vlerat e dy inputeve vendosen në fushën e bardhë që lexon "Input". Funksionet që u përkasin këto vlera ngjyrosen me të verdhë. Përcaktimi i përkatësisë së vlerave ndaj funksioneve quhet procesi i fuzifikimit. Inputi i parë i përket funksionit që vlerësohet nga

rregulli nr. 4,5,6, ndërsa inputi i dytë u përket funksioneve që përcaktohen nga rregullat nr. 2,5,8,11. Në këtë sistem përdoret operatori "and". Kjo do të thotë se, që të zbatohet një rregull në sistem duhet që ai të jetë në gjendje të vlerësojë të dy inputet. E thënë ndryshe, që të zbatohet një rregull duhet që dy vlerat numerike t'u përkasin të dy funksioneve të anëtarësisë së inputeve që vlerëson rregulli. Në këtë rast, kjo ndodh vetëm për rregullin nr. 5. Ky rregull bën përzgjedhjen e funksioneve të anëtarësisë të outputeve (grafikët e ngjyrosur me blu). Secili prej këtyre funksioneve nuk mbledhet me asnjë funksion tjetër të kolonës përkatëse. Kjo ndodh, sepse zbatohet vetëm një rregull në sistem. Çka bën që dy funksionet përfundimtare të jenë identikë në formë e madhësi të sipërfaqes me funksionet e përzgjedhur të rregulli numër 5. Nga përpunimi i dy funksioneve përfundimtare del nga një numër për çdo funksion SI=5 dhe OP=6.25. Kthehemi në hallkën "Treguesi i Funksioneve Membership" dhe shohim se kujt funksioni të çdonjërit prej inputeve i përket secila prej vlerave. SI=5 i përket funksionit SIM, OP=6.25 i përket funksionit OPB. Pra, diagnoza përfundimtare është:

"Intervali kohor i mbledhjes së provëzës së vajit duhet kryer çdo muaj (SIM) dhe operatori duhet të veprojë me kujdes, duhet analizuar sasia individuale e gazeve për të gjetur defektin e mundshëm, duhet përcaktuar varësia ndërmjet sasisë totale të gjeneruar të gazeve dhe ngarkesës në transformator (OPB)".

Vëzhguesi i sipërfaqes

Kjo hallkë e sistemit Fuzzy tregon një grafik tredimensional. Ai tregon intervalin e vlerave të një outputi në sajë të kombinimit të vlerave të dy inputeve.

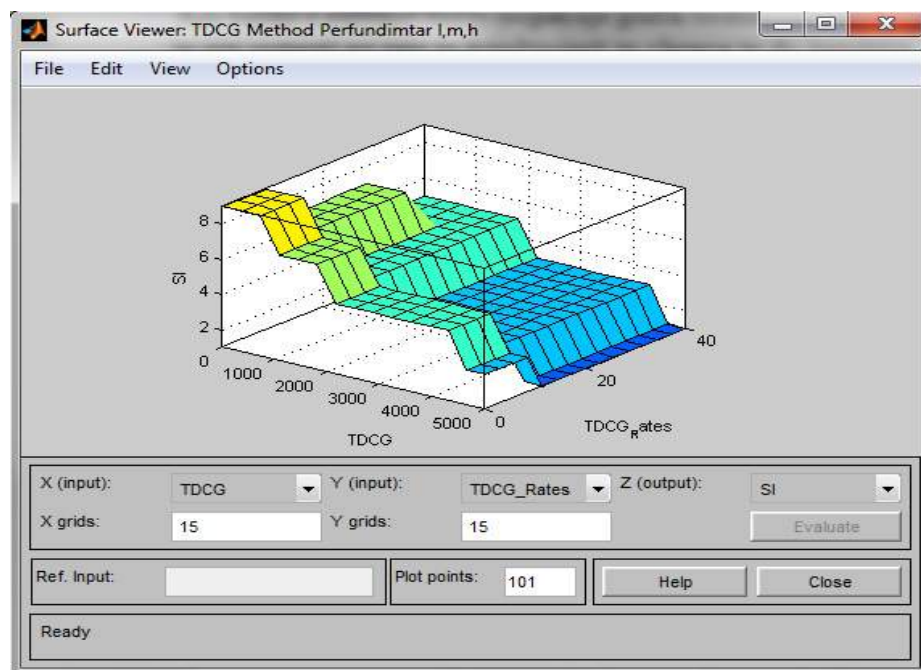


Fig.6.26 Vëzhguesi i sipërfaqes

Variablat e inputeve TDCG dhe TDCG_rates janë vendosur përkatësisht në boshtet X dhe Y. Nga kombinimi i vlerave të këtyre variablave dalin variablat e outputit SI, të cilat janë vendosur në boshtin Z. Përveç outputit SI, në sistem diagnostikohet dhe outputi OP. Në figurën 6.27 tregohet intervali i vlerave të outputit OP, që del nga kombinimi i dy inputeve të sistemit.

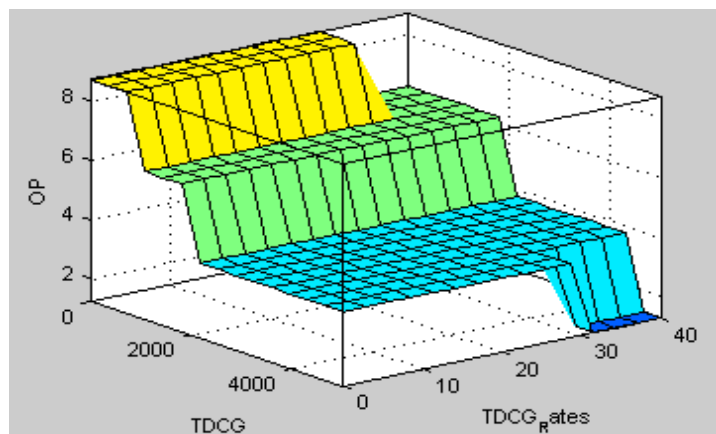


Fig.6.27 Outputi OP

Analizuam ndërtimin e sistemit fuzzy që përmban në vetvete metodën TDCG. Së bashku me sistemin fuzzy, që përmban metodën Roxhers, bëhen dy metoda të zbatuara nëpërmjet logjikës fuzzy.

6.4. Diagnoza e 15 matjeve me Fuzzy TDCG dhe krahasimi i metodës Fuzzy TDCG me metodën diagnostikuese ANSI/IEEE C57.104

Në këtë paragraf analizohen matjet e kryera me anë të Metodës së Sasisë Totale të Gazeve të Tretura të Djegshme (TDCG) në vajin e transformatorit. Kjo analizë është kryer me sistemin fuzzy që kemi ndërtuar për këtë qëllim. Të dhënat që do të përdoren në këtë analizë janë marrë nga një material në të cilin studiohet metoda TDCG. Në të është studiuar aplikimi i metodës TDCG nëpërmjet logjikës fuzzy. Aplikimi i TDCG nëpërmjet logjikës fuzzy krahasohet në këtë material me metodën diagnostikuese ANSI/IEEE C57.104. E njëjta rrugë do të ndiqet edhe në analizën që kryem duke përdorur sistemin fuzzy që ndërtuam për këtë qëllim. Sistemi fuzzy në të cilin është aplikuar metoda TDCG do të krahasohet për nga ana e rezultateve me metodën ANSI/IEEE.

Siç u përmend më sipër, të dhënat që do të përdoren janë marrë nga një material ku aplikohet logjika fuzzy. Në këtë material janë marrë sasi të gazeve që çlirohen në vaj nga shtatëdhjetë transformatorë me fuqi 6.3 – 52 MVA, frekuencë 50 Hz dhe me raporte të tensioneve 220/11kV, 132/33kV, 132/11kV, 66/11kV. Nga tërësia e të dhënave të gazeve janë marrë dhjetë matje për t'u studiuar. Këto janë paraqitur në tabelën e mëposhtme.

Tab.6.8 Matjet e gazeve të tretshme në vaj

Nr. i matjes	H ₂	CO ₂	CO	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	CH ₄	C ₂ H ₂	TDCG
1	6	2552	295	27	137	79	<0.5	544
2	5	2261	51	63	160	4	2	280
3	< 10	8185	358	21	84	18	16	506
4	7	9320	726	327	106	171	<0.5	1337
5	16	5004	935	28	6	12	29	1026
6	1866	229	10	111	2	64	1265	3318
7	1879	198	6	36	5	29	521	2477
8	505	2626	340	817	82	256	881	2881
9	3619	2395	41	80	4	61	900	4705
10	3524	103	10	115	4	69	1163	4885

Sasia Totale e Gazeve të Djegshme të Tretura është e barabartë me:

$$\text{TDCG} = \text{H}_2 + \text{CO} + \text{C}_2\text{H}_4 + \text{C}_2\text{H}_6 + \text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_2;$$

TDCG përdoret si input i parë për sistemin e ndërtuar. Si input i dytë përdoret sasia e gjenerimit të gazeve në ditë:

$$\text{TDCG_Rate} = \frac{(S_t - S_o)}{T}$$

S_t – TDCG aktuale, S_o – TDCG e mëparshme, T – koha e matur në ditë.

Si outpute të sistemit fuzzy janë: SI – Intervali Kohor i Marrjes së Provës dhe OP – Procedura Operuese ose masat e marra ndaj transformatorit.

Në tabelën 6.9 paraqiten sasitë totale dhe sasitë e gjeneruara të gazeve në ditë, që vlerësohen nga metoda diagnostikuese ANSI/IEEE C57.104.

Tab.6.9 Metoda IEEE C57.104

Nr i matjes	TDCG	TDCG_Rate	Masat e marra sipas metodës IEEE C57.104	
			Intervali kohor i marrjes së provës (SI)	Procedura operuese (OP)
1	544	<10	SIA	OPA
		10 – 30	SIQ	
		>30	SIM	OPB
2	280	<10	SIA	OPA
		10 – 30	SIQ	
		>30	SIM	OPB
3	506	<10	SIA	OPA
		10 – 30	SIQ	
		>30	SIM	OPB
4	1337	<10	SIQ	OPB
		10 – 30	SIM	
		>30		
5	1026	<10	SIQ	OPB
		10 – 30	SIM	
		>30		
6	3318	<10	SIM	OPC
		10 – 30	SIW	
		>30		
7	2477	<10	SIM	OPC
		10 – 30	SIW	
		>30		
8	2881	<10	SIM	OPC
		10 – 30	SIW	
		>30		
9	4705	<10	SIW	OPC
		10 – 30	SID	
		>30		OPD
10	4885	<10	SIW	OPC
		10 – 30	SID	
		>30		OPD

Në tabelën 6.10 paraqiten 15 matjet të kryera me sistemin tonë fuzzy, të cilin e kemi ndërtuar për këtë qëllim. Të dhënat e TDCG janë marrë nga tabela 6.9 (kolona e dytë e tabelës 6.9). Të dhënat e TDCG_Rate do të krijohen vetë, duke u nisur nga tri intervalet në kolonën e tretë të tabelës 6.9. Pas diagnozës së këtyre të dhënave nëpërmjet sistemit fuzzy që kemi ndërtuar, bëhet krahasimi me rezultatet e metodës IEEE C57.104.

Tab. 6.10 Krahasimi mes dy diagnozave

Nr i matjes	TDCG	TDCG_Rate	Diagnoza IEEE C57.104	Diagnoza Fuzzy	Pajtueshmëria
1	544	7.8	SIA,OPA	SIA,OPA	√
2	280	16.7	SIQ,OPA	SIQ,OPA	√
3	506	20.2	SIQ,OPA	SIQ,OPA	√
4	1337	38.9	SIM,OPB	SIM,OPB	√
5	1026	13.2	SIM,OPB	SIM,OPB	√
6	3318	45.3	SIW,OPC	SIW,OPC	√
7	2477	2.6	SIM,OPC	SIM,OPC	√
8	2881	14.5	SIW,OPC	SIW,OPC	√
9	4705	33.4	SID,OPD	SID,OPD	√
10	4885	19.5	SID,OPC	SID,OPC	√
11	544	18.2	SIQ,OPA	SIQ,OPA	√
12	506	38.3	SIM,OPB	SIM,OPB	√
13	1026	47.2	SIM,OPB	SIM,OPB	√
14	2477	24.4	SIW,OPC	SIW,OPC	√
15	4705	2.5	SIW,OPC	SIW,OPC	√

Në tabelën 6.10 janë matur 15 të dhëna me sistemin fuzzy dhe janë krahasuar me metodën IEEE C57.104. Këto 15 të dhëna kanë derivuar nga 10 matjet e tabelës 6.8. Për inputin e parë të sistemit TDCG, 10 matjet e para janë marrë njëra pas tjetrës nga tabela 6.8. 5 matjet që mbeten janë marrë nga matjet numër 1, 3, 5, 7, 9. Për inputin e dytë TDCG_Rate, të dhënat janë extrapoluar.

Shembull : Llogaritja e TDCG_Rate për matjen nr. 5. Sasia Totale e Gazeve të Djegshme të Tretura aktuale është e barabartë me 1026 ppm. Sasia Totale e Gazeve të Djegshme e matur para 30 ditëve është supozuar 630 ppm. Sasinë Totale të Gazeve të Djegshme të gjeneruar në ditë, pra TDCG_Rate për matjen numër 5, e gjejmë duke zbatuar formulën:

$$TDCG_{Rate} = \frac{(St - So)}{T} = \frac{(1026 \text{ ppm} - 630 \text{ ppm})}{30 \text{ ditë}} = 13.2 \text{ ppm/ditë}$$

E njëjta logjikë është ndjekur për të krijuar 14 vlerat e tjera të TDCG_Rate. Në kolonën e katërt janë rezultatet (output) e diagnostikuara nëpërmjet metodës IEEE C57.104. Për çdo matje, dy të dhënat (input) i vendosim në tabelën 6.9, dhe prej kësaj gjenerohen outputet e kolonës së katërt të tabelës 6.10. Në kolonën e pestë janë outputet e pas diagnostikimit nga sistemi fuzzy, që ndërtuam për këtë qëllim. Pajtueshmëria midis dy metodave diagnostikuese është në shkallën 100%. Dimë që sistemi fuzzy ka dy inpute dhe dy outpute. Numri i këtyre është përcaktuar nga vetë metoda TDCG. Kombinimi i këtyre outputeve tregohet në tabelën e metodës TDCG. Kombinimet e outputeve janë shkruar në tabelën 6.11. Në të është shkruar numri që ka arritur çdo kombinim i outputeve në 15 matjet e kryera.

Tab.6.11 Shpërndarja e diagnozave të kryera

Kombinimi i outputeve	SIA, OPA	SIQ, OPA	SIM, OPB	SIQ, OPB	SIM, OPB	SIM, OPC	SIW, OPC	SID, OPC	SID, OPD
Numri i rasteve	1	3	2	0	2	1	4	1	1

Siç vërehet, në tabelën 6.11 kemi në total 9 kombinime të mundshme. Aty është studiuar shpërndarja e diagnozave të 15 matjeve në këto 9 kombinime. Outputet janë paraqitur në formën e inicialeve. Konkretisht, outputet janë masat që duhen marrë ndaj transformatorit të fuqisë dhe afati i provës. Masat konkrete do të jenë si më poshtë:

- 1 rast - marrja e provëzës së vajit çdo 6 muaj (SIA) dhe operim normal i transformatorit në rrjet (OPA);
- 3 raste - marrja e provëzës së vajit çdo 3 muaj (SIQ) dhe operim normal i transformatorit në rrjet (OPA);
- 2 raste - marrja e provëzës së vajit çdo muaj (SIM) dhe operatori duhet të veprojë me kujdes, të analizojë sasinë e gazeve individuale për të gjetur shkakun e defektit, të përcaktojë varësinë e gjenerimit të gazeve ndaj ngarkesës së transformatorit (OPB);
- 0 raste - marrja e provëzës së vajit çdo 3 muaj (SIQ) dhe operatori duhet të veprojë me kujdes, të analizojë sasinë e gazeve individuale për të gjetur shkakun e defektit, të përcaktojë varësinë e gjenerimit të gazeve ndaj ngarkesës së transformatorit (OPB);
- 2 raste - marrja e provëzës së vajit çdo muaj (SIM) dhe operatori duhet të veprojë me kujdes, të analizojë sasinë e gazeve individuale për të gjetur shkakun e defektit, të përcaktojë varësinë e gjenerimit të gazeve ndaj ngarkesës së transformatorit (OPB);
- 1 rast - marrja e provëzës së vajit çdo muaj (SIM) dhe operatori duhet të veprojë me kujdes, të analizojë sasinë e gazeve individuale për të gjetur shkakun e defektit, duhet planifikuar shkyçja e transformatorit nga rrjeti (OPC);
- 4 raste - marrja e provëzës së vajit çdo javë (SIW) dhe operatori duhet të veprojë me kujdes, të analizojë sasinë e gazeve individuale për të gjetur shkakun e defektit, duhet planifikuar shkyçja e transformatorit nga rrjeti (OPC);
- 1 rast - marrja e provëzës së vajit çdo ditë (SID) dhe operatori duhet të veprojë me kujdes, të analizojë sasinë e gazeve individuale për të gjetur shkakun e defektit, duhet planifikuar shkyçja e transformatorit nga rrjeti (OPC);
- 1 rast - marrja e provëzës së vajit çdo ditë (SID) dhe duhet shkyçur urgjentisht transformatori nga rrjeti (OPD).

Duke u bazuar në tabelën 6.11 do të paraqesim grafikisht shpërndarjen e 15 matjeve të kryera në 9 kombinimet e outputeve. Në grafikun e mëposhtëm, në boshtin e abshisave paraqiten të gjitha kombinimet e mundshme të outputeve, ndërsa në boshtin e ordinatave paraqitet numri i rasteve të diagnostikuara që i përket çdo kombinimi të outputeve.

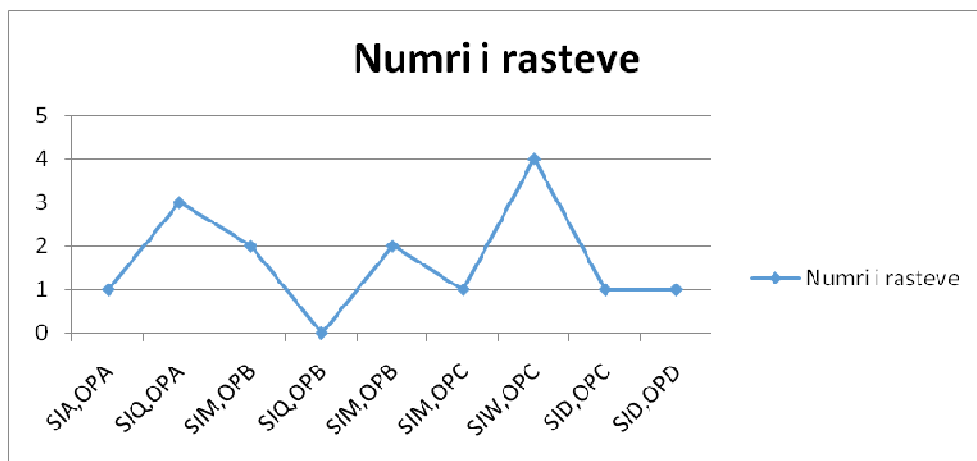


Fig. 6.18 Numri i rasteve për çdo kombinim të outputeve

Siç vërehet dhe nga grafiku, numri më i lartë i outputeve është SIW,OPC. Më pas vijnë SIQ,OPA. Për outputet SIQ,OPB, numri i diagnostikimeve është zero.

Konkluzione

1. Është stabilizuar përdorimi i një metode të re, metoda e logjikës Fuzzy, e cila lejon analizën e të dhënave nga DGA. Ajo ofron gjykimin e gjendjes së transformatorëve të fuqisë dhe analizën e shkaqeve të defekteve. Paraqitja e ilustruar e përdorimit të kësaj metode shërben si një manual përdorimi.
2. Janë ndërtuar disa sisteme Fuzzy në platformën Matlab. Me anë të tyre bëhet e mundur që të kryhen llogaritje të shpejta me kosto minimale, pasi përcaktohet jo vetëm gjendja e transformatorit, por edhe matjet pasardhëse të DGA. Kjo është një ndihmesë për mirëmbajtjen dhe vendimmarrjen e shërbimit dhe riparimit të transformatorëve.
3. Analiza apo diagnostikimi i saktë dhe në kohën e duhur i gjendjes, realizuar me sistemet Fuzzy që kemi ndërtuar, shërben që transformatorët e fuqisë të riparohen, vaji të rigjenerohet apo ndërrohet në kohë optimale; dmth. as para kohe, por edhe të mos lejohen defekte të rënda. Optimizmi i kohëzgjatjes së punës është i lidhur me pakësimin e fondeve për mirëmbajtjen e tyre, çka sjell një përfitim të konsiderueshëm ekonomik.
4. Duke pasur këtë paketë sistemesh gjykimi Fuzzy, bëhet e mundur që puna e transformatorëve të fuqisë të jetë më e sigurt. E kjo, kuptohet, do të ndikojë drejtpërdrejt në rritjen e sigurisë së sistemit energjetik.

KAPITULLI 7

IMPLEMENTIMI I DGA-ONLINE NË SISTEMIN ELEKTROENERGJETIK SHQIPTAR

7.1. Hyrje

Në sistemin elektroenergjetik Shqiptar, transformatorët përbëjnë asetin kryesor në marrjen e kapaciteteve të prodhimit dhe transmetimit. Në kompanitë KESH dhe OST janë të instaluar transformatorë me përmasa të mëdha dhe me kosto të lartë. Defektet në to sjellin probleme, të cilat lidhen me shpërndarjen e ngarkesës dhe mungesën e kapaciteteve rezervë. Theksojmë se norma vjetore e dëmtimit për të gjithë transformatorët e fuqisë është 2%, dhe për transformatorët e tensionit të lartë shkon deri në 5%.

Në rastin e dëmtimeve të pariparueshme, për zëvendësimin e transformatorëve kërkohet kohë e gjatë, e cila shoqërohet me humbje të mëdha financiare për këto kompani.

Arsyet e mësipërme e bëjnë të domosdoshme marrjen e masave për parandalimin e rrezikut të fshehur të dëmtimit të transformatorit. Kërkohet të sigurohen njohuri për gjendjen e transformatorëve, shkallën e vjetritit të tyre, zbulimin e defekteve që në fillësë, në mënyrë që të jepet një zgjidhje e shpejtë në mirëmbajtje.

Mënyra më e mirë për vlerësimin e gjendjes së transformatorit është analiza e gazeve të tretur në vajin e tij (DGA). Në vitin 2012, OST u pajis me aparatën portabël DGA "MYRKOS".



Fig. 7.1 Pajisja "MYRKOS", portabël DGA

Nëpërmjet kësaj DGA tradicionale, u realizua marrja manuale e kampioneve të vajit të transformatorëve dhe kryerja e analizave laboratorike. Në disa raste, kryerja e këtyre analizave kërkonte kohë të gjatë për shkak të vështirësisë së kalibrimit të aparatit me gazet etalon. Kalibrimi i instrumentit është i nevojshëm vetëm një herë në ditë, përpara analizës së kampionit të parë të vajit.

Nxjerrja e rezultateve varionte deri në disa ditë dhe rivlerësimi i gjendjes së transformatorit bëhej pas 6 apo 12 muajsh (matjet e realizuara për transformatorët kryesorë të OST-së paraqiten tek Shtojca2). Kjo lloj pajisje nuk mund të realizojë zbulimin e dëmtimeve që në fillësë, në mënyrë që të jepet një zgjidhje e shpejtë në mirëmbajtje. Në kushtet kur mosha e transformatorëve të instaluar në sistem po i afrohet asaj të projektuar dhe ndërkohë që 50% e ekspertëve të fushës do të dalin në pension në 10 vitet e ardhshme, lindi nevoja e investimit për monitorimin dhe diagnostikimin në kohë reale të gjendjes së transformatorëve nëpërmjet DGA-Online.

Aparaturat për DGA Online janë ndërtuar sipas dy modeleve kryesore:

- a) Monitoruesit e Hidrogjenit dhe të lagështisë, janë më të lirë, por ato mund të mos konstatojnë shenjat e hershme të hark-ut.
- b) Monitoruesit "Multi-Gaz", mundësojnë diagnostikimin në kohë reale (Online) të dëmtimeve të ndryshme.

Nga hulumtimet, CIGRE-ja rekomandon (TB#409) që të përdoret monitorues hidrogjeni për transformatorët relativisht të "shëndetshëm", dhe monitorues multi-gaz për transformatorët ku problemet janë të mundshëm.

Përdorimi i teknologjisë DGA-Online mundëson:

- Marrjen automatike të kampionit në një cikël të mbyllur, pa prezencën e ekspertit
- Nxjerrjen e rezultateve për çdo një orë
- Vlerësimin e gjendjes së transformatorit për çdo orë
- Nxjerrjen nga puna të transformatorit përpara se të jetë vonë, që në shfaqjen e dëmtimeve të para
- Redukton riskun e aksidenteve në punë
- Redukton stakimet e paplanifikuara
- Redukton shkallën e dëmtimeve të pajisjeve të vjetra dhe të reja
- Ul koston e mirëmbajtjes
- Rrit jetëgjatësinë e transformatorëve si në figurën 7.2;
- Zbulon dëmtimet e shpejta (disa ditë apo orë)

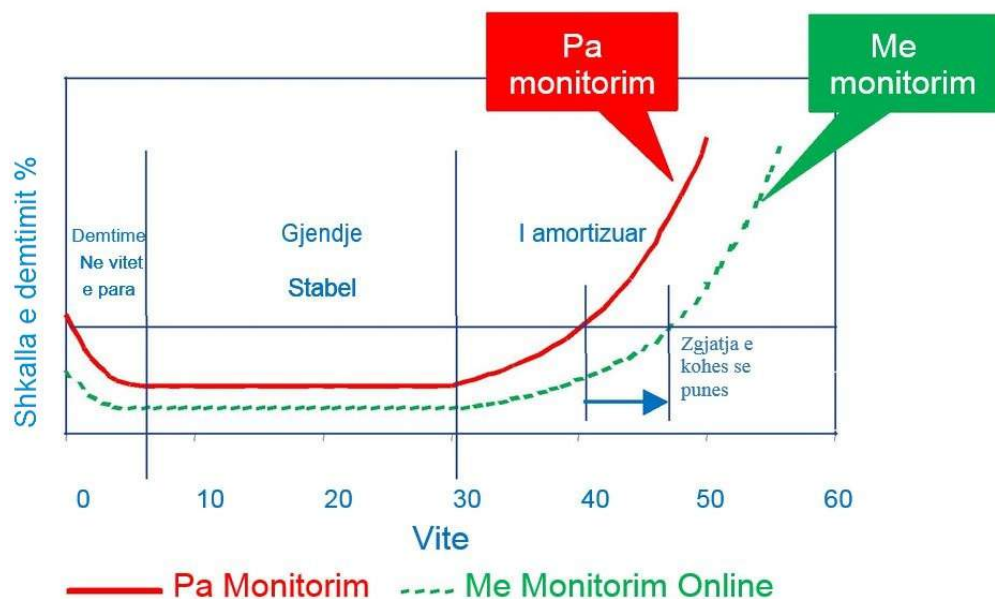


Fig. 7.2 Jetëgjatësia e transformatorëve me dhe pa monitorim

Kompanitë Shqiptare, KESH dhe OST, kanë filluar të investojnë vitet e fundit për monitorim-diagnostikimin me DGA-Online të transformatorëve kryesorë.

KESH ka instaluar që prej vitit 2014 sistemin e DGA-Online të tipit TRANSFIX, si në figurën 7.3, për të monitoruar dhe diagnostikuar transformatorët e blloqeve të HEC-ve të kaskadës së lumit Drin.



Fig. 7.3 Aparati TRANSFIX

OST është në procesin e instalimit te sistemeve DGA Online:

- a) Për monitorimin e hidrogjenit dhe lagështisë në nënstacionin 400 kV Zemblak për transformatorët T1 dhe T2 me fuqi 150 MVA. Në këta transformatorë aktualisht është instaluar sistemi i mbrojtjes nga shpërthimi dhe parandalimi i zjarrit i tipit “SERGI” (nëpërmjet përdorimit të Azotit).
- b) Monitoruesin “Multi-Gaz” të tipit TAPTRANS, si në figurën 7.4, për të monitoruar dhe diagnostikuar transformatorët 400 kV të nënstacioneve Tirana 2 dhe Elbasan 2.



Fig. 7.4 Aparati TAPTRANS

Pajisjet DGA-Online TRANSFIX dhe TAPTRANS për kalibrimin dhe vlerësimin e përqendrimeve të gazeve përdorin metodën e “Spektroskopisë Fotoakustike” (Photoacoustic Spectroscopy). Kjo metodë: (i) kryen matjen e gazeve individuale në një përzierje gazesh pa bërë ndarjen fizike të tyre, (ii) identifikon zonat spektrale përkatëse, (iii) përcakton sasinë e gazeve nëpërmjet efekteve foto-akustike, (iv) nuk përdor gaze etalon dhe (v) punon në kushtet e shfrytëzimit të transformatorit. Në figurën 7.4.1 jepen komponentët bazë të “Spektroskopisë Fotoakustike”.

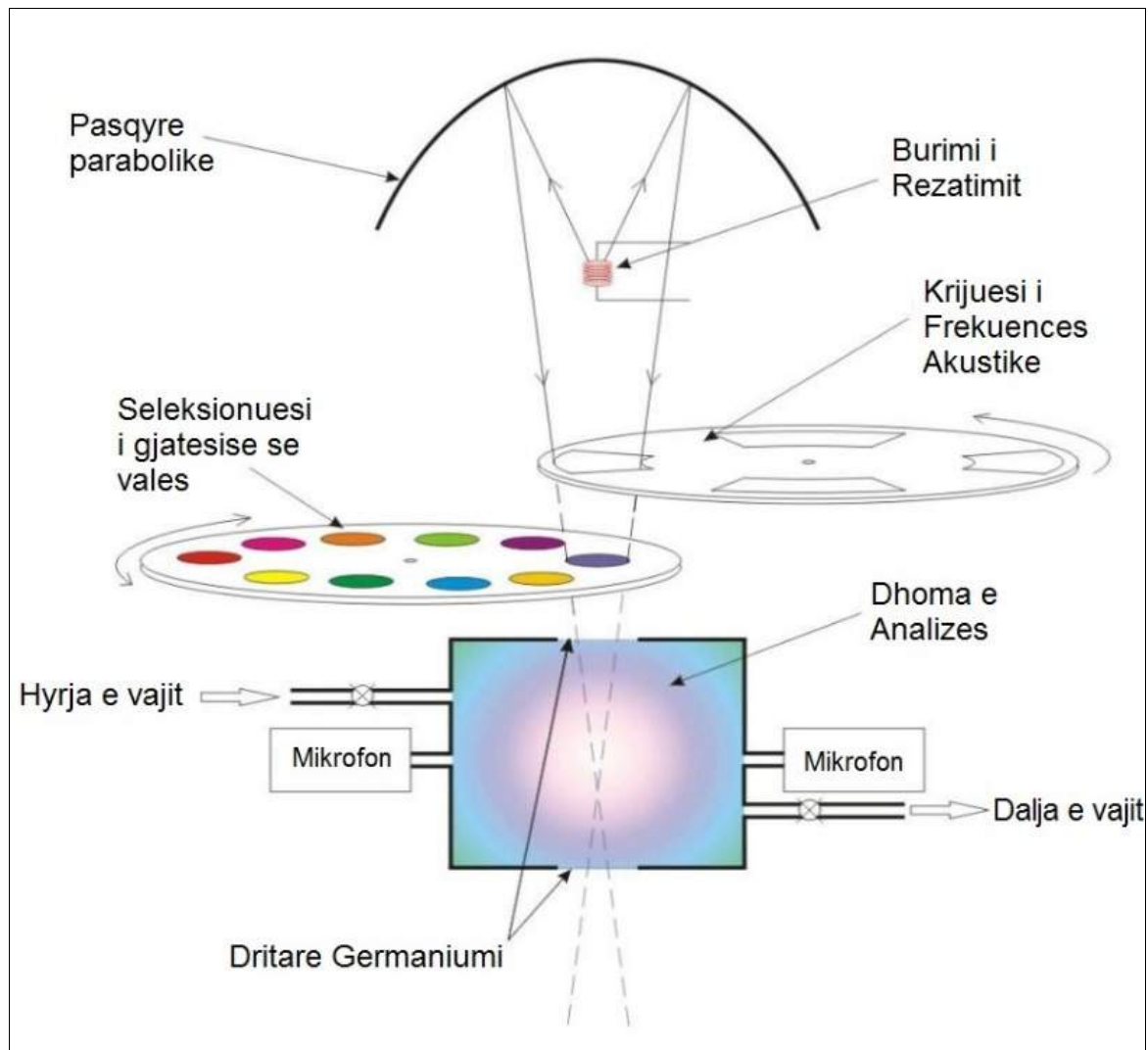


Fig. 7.4.1 Komponentët bazë të "Spektroskopisë Fotoakustike"

- Burimi i rrezatimit është rreth 900 °C
- Frekuenca akustike që krijohet është 29.5Hz
- Seleksionuesi i gjatësisë së valës bën ndarjen optike të një gazi në një përzierje;
- Kampioni i vajit kalon nëpër dhomën e analizës
- Mikrofonat matin intensitetin e presionit të impulsit

Intensiteti akustik + seleksionuesin e valës = Përqendrimin e gazit (ppm).

7.2. Implementimi i DGA-së në transformatorët e kaskadës së Drinit

Në këtë kapitull do të trajtohet një pjesë e historikut të defekteve të transformatorëve të instaluar në hidrocentralet kryesore të vendit.

Bazuar në: (i) historikun e defekteve, (ii) nevojat e zbulimit të defekteve të transformatorëve që në hapat e parë, (iii) rëndësinë e këtyre burimeve në sistemin elektroenergetik shqiptar, (iv) shpenzimet dhe humbjet e mëdha që shoqërojnë këto

avari, lindi si domosdoshmëri monitorimi dhe diagnostikimi në kohë reale i gjendjes së këtyre transformatorëve.

Instalimi i sistemit qendror të monitorimit dhe diagnostikimit “On-Line DGA&BMT” është realizuar te transformatorët e bllokut (gjenerator-transformator) në hidrocentralet e Fierzës, Komanit dhe Vaut të Dejës. Sistemi on-line DGA&BMT është prodhim i “General Electric”, ku njësitë on-line DGA janë model GE KelmanTransfix, që monitorojnë 8 gazet standarde të defektit plus lagështirën e vajit në transformator, ndërsa setet BMT janë model GE Intelix BMT 300 dhe kryejnë dy funksione me një pajisje: matin kapacitetin e tangent deltës relative të izolatorëve kalimtarë 220 kV, si dhe shkarkimet pjesore brenda në kazanin e transformatorit të fuqisë.

Sipas praktikës së realizuar deri në vitin 2013, shërbimet e mirëmbajtjes së transformatorëve janë bazuar në realizimin e remonteve profilaktike dhe të mesme të planifikuara. Në 10-15 vitet e fundit, KESH është ndeshur me avari shumë të rënda në transformatorët e blloqeve në të tre HEC-et e kaskadës së Drinit.

Ndër këto avari, më e rënda, gati katastrofike për centralin, ka qenë ajo në HEC Vau Dejës në vitin 2005, ku nga dëmtimi i një izolatori kalimtar 220 kV ka eksploduar, ka marrë flakë dhe është djegur plotësisht transformatori 60 MVA i bllokut (gjenerator-transformator) Nr. 2. Zjarri, nëpërmjet kabllave të vjetër (të imprenjuar në vaj), ka penetruar në sallën e centralit, duke djegur të gjithë kabllo dhe një pjesë të madhe të paneleve, përfshirë panelet e reja të rehabilituara të agregatit Nr. 5 (në proces komisionimi). Ky dëmtim solli si pasojë nxjerrjen nga puna të të gjithë centralit për një kohë mbi 30-ditore.

Defekte tepër të rënda kanë ndodhur në HEC Koman në dy transformatorët 170 MVA të blloqeve, përkatësisht, në vitin 2004 ka ndodhur dëmtimi i pështjellës së një faze të TR2 nga lidhja e shkurtër trefazore në kontaktet e rregullatorit të ancafkave, shoqëruar me derdhjen e gjithë sasisë së vajit izolues. Në vitin 2005, ka ndodhur dëmtimi i një izolatori kalimtar 220 kV te TR1 170 MVA.

Riparimet e tyre kanë zgjatur 45-50 ditë për secilin rast.

Defekte mjaft të rënda kanë ndodhur edhe në HEC Fierzë në katër transformatorët 150MVA të blloqeve. Në vitin 1981 ka pasur dëmtime në pështjella te TR2, në 1986 si pasojë e lidhjes së shkurtër ndërmjet fazave b-c në anën 13.8 kV është dëmtuar TR4, në 1997 ka pasur dëmtime të rënda në pështjellat e të tria fazave TR2, në 1998 është dëmtuar TR4 nga shpërthimi i një izolatori kalimtar nga ana 13.8 kV dhe në vitin 1999 është dëmtuar TR3 si pasojë e shpërthimit të një izolatori kalimtar 220 kV edhe TR1 ka pasur defekt të rëndë ndërmjet pështjellave. Aktualisht të katër transformatorët e blloqeve të centralit janë zëvendësuar me të rinj.

Duke qenë se transformatorët e blloqeve të HEC Koman janë në shfrytëzim prej 30 vitesh, është parashikuar rehabilitimi i sistemit ftohës të tyre dhe remonti me hapje të plotë të pështjellave. Transformatorët e blloqeve të HEC Vau Dejës dhe HEC Fierzë pas zëvendësimit janë në shfrytëzim prej 10 deri në 15 vite.

Nisur nga ky historik kaq negativ i defekteve dhe dëmtimeve të transformatorëve të centraleve kryesore të vendit, ku përveç humbjeve ekonomike nga mosprodhimi i energjisë elektrike (periudha e riparimit të transformatorit mbi 30-40 ditë, ose e blerjes mbi 60 ditë) dhe rrezikimit të jetës së personelit shfrytëzues, doli si domosdoshmëri ndryshimi i filozofisë së mirëmbajtjes së tyre, implementimi i sistemit të monitorimit në kohë reale dhe diagnostikimi me DGA.

Duke shfrytëzuar analizën e të dhënave të matjeve të sistemit on-line DGA (tashmë të instaluar), në funksion të një mirëmbajtje sa më efektive, gjatë vitit 2014 dhe 2015 shërbimet e mirëmbajtjes së transformatorëve janë bazuar kryesisht në kushtet konkrete të punës së transformatorit; që do të thotë, nga analiza e rezultateve të matjeve të

gazeve të çliruara dhe lagështirës në vajin e transformatorëve të fuqisë, të kryhen ndërhyrjet e nevojshme.

Në kuadrin e remonteve të mesme të planifikuara për vitin 2014 në HEC Fierzë, pajisjet “DGA on-line” kishin evidentuar nivel të rritur të lagështirës dhe përqendrim të rritur të gazit oksigjen dhe dyoksid karboni te transformatorët e blloqeve. Për këtë u kryen shërbimet e tharjes së transformatorëve dhe degazimit të vajit me pajisje trajtuese vakum-filtër, derisa parametrat e vajit u rikthyen në vlerat e lejuara sipas standardeve. Gjatë fillimit të vitit 2015, tek dy transformatorë në HEC Koman u evidentua rritje e përqendrimit të gazeve O₂ dhe CO₂, si dhe rritje e nivelit të lagështirës deri në 40 ppm. U realizua tharje e transformatorit dhe degazim i vajit me pajisje trajtuese vakum-filtër, (mirëmbajtje jashtë programit kohor të skeduluar).

Të dhënat e mëposhtme përbëhen nga matje të çdo gazi individual në ppm. Në tabelën 7.1 janë paraqitur të dhënat e matura në transformatorin e HEC Koman, në dy muaj rresht. Duke vlerësuar përqindjet relative të gazeve në DGA dhe rritjen mujore mund të identifikohet lloji i dëmtimit në transformator, shihet një rritje e dioksidit të karbonit, oksigjenit dhe lagështisë, ndërsa TDCG është më pak se 720ppm. Pra është e nevojshme, rehabilitimi i vajit nëpërmjet degasifikimit dhe dehumidifikimit. Pas këtij procesi, proporcionet relative të gazrave në DGA janë në vlerat normale (tabela 7.2).

Tab.7.1 te dhenat e gazeve individuale te TR4 HEC Koman

Njesia	Data	Hidrogjen (ppm)	Metan (ppm)	Acetilen (ppm)	Etilen (ppm)	Etan (ppm)	Oksid Karboni (ppm)	Dioksid Karboni (ppm)	Oxigjen (ppm)	TDCG (ppm)	Lageshtira (ppm)
TR4 HEC KOMAN	5/1/2015 18:00	13.7	16.3	0	17.8	64	314.8	3565	19937.4	427	34.7
	3/12/2014 23:00	12.6	14.1	0	8	74.8	238.2	2744	17353.7	347	39.9
	Trendi Mujor	1.1	2.2	0	9.8	-10.8	76.6	821	2583.7	80	-5.2

Tab.7.2 Te dhenat e gazeve individuale te TR4 pas degasifikimit dhe dehumidifikimit

Njesia	Data	Hidrogjen (ppm)	Metan (ppm)	Acetilen (ppm)	Etilen (ppm)	Etan (ppm)	Oksid Karboni (ppm)	Dioksid Karboni (ppm)	Oxigjen (ppm)	TDCG (ppm)	Lageshtira (ppm)
TR4	16/02/2015 18:00	0	1	0	1	3.5	0	100	500	5.5	9

7.3. Monitoruesi i lagështirës dhe gazeve të tretura në vajin e transformatorëve Aparati TRANSFIX

Aparati Transfix është pjesa e hardware-it e sistemit zbatues të metodës DGA-Online, i cili është instaluar në transformatorët e blloqeve të tre hidrocentraleve të kaskadës së Drinit. Ky aparat monitoron sasinë e gazeve "online" në mënyrë automatike (çdo një orë) dhe në mënyrë manuale.

Në formë tabelore jepen specifikimet teknike të aparatit TRANSFIX si më poshtë:

Tab.7.3 Specifikimet teknike të aparatit TRANSFIX

GAZI I MATUR	ZONA E MATJES (vlera ne ppm)
Hidrogjen (H ₂)	5-5,000
Metan (CH ₄)	2-50,000
Etan (C ₂ H ₆)	2-50,000
Etilen (C ₂ H ₄)	2-50,000
Acetilen (C ₂ H ₂)	0.5-50.000
Monoksid karboni (co)	2-50.000
Dyoksid karboni (co ₂)	20-50.000
Oksigjen(O ₂)	100-50.000
Saktësia e matjes së gazeve	±5% ose ±LDL (cilado që të jetë më e madhe)
Ujë (H ₂ O)	0-100 RS (i dhënë në 50 °C ose në temperaturën e matur të vajit)
Nitrogjen (N ₂)	E llogaritur
Mjedisi	
Zona e temp. së ambientit të jashtëm	-40 deri në 50 °C
Lartësia	Më pak se 200m
Presioni atmosferik	Më pak se 1050mbar
Zona e temperaturës së vajit.	-40 deri në 120 °C
Lagështia	10-95%RH Jo-kondensues
Mbrojtja	IP55
Pesha	Më pak se 80 kg
Kërkesat e fuqisë	110/230 VAC (e dhënë nga fabrika), 50/60 hz, 8A _{MAX}
Reletë Njëfazore të Alarmit: NO (Normalisht e shkyçur) dhe NC (Normalisht të kyçura) të garantuar	5A 250 VAC,30 VDC
Siguresat	10A 500V(gg),10x38mm
Frekuenca e matjes	Çdo 1 orë deri në çdo 1 ditë

7.4. Aplikacioni “Perception”

Sistemi monitorues “DGA Online” i instaluar në tri hidrocentralet përbëhet nga aparati TRANSFIX dhe software-i “Perception”.

Ndërfaqja “Perception” është e përbërë nga tri nënprograme:

- **Perception Express** - Mund të lidhet vetëm me një bazë të dhënash lokale që ndodhen në të njëjtin laptop apo PC. Kështu, të gjitha të dhënat e burimit duhet të shkarkohen në atë kompjuter. “Perception Express” shoqërohet me disa nënprograme për të realizuar një paketë analizash të të dhënave lokale dhe është i limituar në bazën e të dhënave vetëm të dy pajisjeve.
- **Perception Desktop** - Aplikacioni kryesor i programit “Perception”. Mundëson hyrjen në asetin qendror të bazës së të dhënave. Ai bën të mundur diagnostikimin e avancuar në bazë të të dhënave të përfuara nga pajisja TRANSFIX, jep një raport që përmban informacionin kryesor për transformatorin, si dhe ofron lehtësirat e nevojshme për zbatimin e aplikacioneve të jashtme. Ky aplikacion mund të operojë i vetëm ose si pjesë e një kompleti të madh të menaxhimit të aseteve qendrore në bashkëveprim me Perception Server.
- **Perception Server** - Niveli superior i menaxhimit të të dhënave të transformatorit. Siguron një vëzhgim të shpejtë dhe gjerësisht të rrjetit nëpërmjet vëzhgimit të një paneli, shkarkim automatik të të dhënave me program të konfiguruar, njoftim me e-mail të ndryshimit të gjendjes së transformatorit dhe një aftësi të eksportit të të dhënave.

7.4.1. Përcaktimet e “Perception Desktop”

Është një software i dizenuar për të ndihmuar personelin e impianteve të fuqisë për mirëmbajtjen dhe menaxhimin e transformatorëve me vaj. Përdoret kryesisht për zbulimin e gjendjeve defektoze, si dhe për matjen e provëzës së marrë periodikisht nga transformatori dhe çelësat në nënstacione.

Ky software përdor të dhënat e marra nga programet manuale ose automatike të mbledhjes periodike të provëzave dhe nga analizat e gjendjes së vajit të pajisjeve. Ai përdor një numër rregullash të rëndësishme për të dhënë informacionin e duhur për gjendjen e vajit izolues të pajisjeve në nënstacion. Kjo ndihmon në realizimin e një plani mirëmbajtjeje dhe identifikimin e një defekti të mundshëm.

Perception është një sistem informacioni dhe ekspert në analiza, ai është vetëm një ndihmë dhe s’duhet të shihet si një zëvendësim i njohurive të dikujt që është ekspert në analizën e vajit izolues të pajisjeve të impianteve të fuqisë.

7.4.1.1. Nxjerrja e rezultateve të sistemit të monitorimit dhe diagnostikimit

Statusi: Tabela e Statusit vendos, liston vlerat më të fundit të shkarkuara të matjeve të kryera dhe statusin që ato kanë kundrejt limitit që përfaqëson gjendjen alarmuese.

Diagramat: Përdoren për të paraqitur të dhënat e papërpunuara, për matjet e përzgjedhura. Mund të krijohen grafikë, ku secili paraqet grupe të ndryshme gazesh.

Tabela e të Dhënave: Liston çdo parametër të provëzave të veçanta.

Sasia Totale e Gazeve të Djegshme të Tretura në Vaj (TDCG): Diagrama TDCG paraqet vlerat e çastit për çdo gaz, si dhe shumën e tyre totale.

Gazet Kryesore (Key Gas): IEEE C57-104 realizon procesin e diagnostikimit nëpërmjet llogaritjes së proporcioneve relative (në përqindje) të gazeve kryesore, ndaj sasisë së gazeve të tjera në transformator.

Raportet e Gazeve (Gas Ratios): Paraqet raportet e gazeve kryesore në një grafik 3-dimensional. Metodat e përdorura janë “Raporti i Roxhersh dhe ”Raporti i Doernenburgut”, të përcaktuara sipas Standardeve IEC 60599, IEEE C57.104.

Trekëndëshi i Duvalit: Bën diagnostikimin e gjendjes së pajisjeve, duke u nisur nga përqendrimi i gazeve të tretura në vaj. Pas diagnostikimit jepen sugjerimet për masat që duhen marrë.

Analizat Japoneze ETRA: Janë diagrama që përdoren si mjet diagnostikues. Ky aplikacion disponon Diagramat A dhe B.

Modelet: Realizojnë diagnostikime duke përdorur modelet matematike të transformatorit, bazuar në standardet IEEE ose IEC. Këto modele llogariten duke përdorur karakteristikat e transformatorit të monitoruar.

Monitori i Unazave: Ky grafik përdoret vetëm me pajisjen Intellix BMT 300 (mat kapacitetin e tangent deltës relative të izolatorëve kalimtarë 220 kV, si dhe mat

shkarkimet pjesore brenda në kazanin e transformatorit). Është grafik që paraqet rrymën rrjedhëse të unazave dhe këndin fazor të rrymës.

Shkarkim i Pjesshëm: Ky grafik përdoret vetëm me pajisjen Intellix BMT 300 dhe paraqet Shkarkimet e Pjesshme.

Histogrami i Monitorit të Unazave: Është grafik që tregon historinë e të dhënave dhe krijon një ide për densitetin e matjeve në grafik.

Raporti: Vendosi çdo raport të gazeve të ndërtuar për t'u përdorur në pajisjet TRANSFIX.

	Trends	Status	Data Table	TDCG	Key Gas	Gas Ratio	Ratios	Duval's Triangle	ETRA	Models	Bushing Monitor	Partial Discharge
Transfix 1.6	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
Transfix 1.5	●	●	●	●	●	●		●	●			
Taptrans	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
Dualtrans	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
Multitrans	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
Minitrans	●	●	●				●					
Hydran M2	●	●	●							●		
Intellix MO150	●	●	●							●		
Transformer	●	●	●	●	●	●		●	●			
Intellix BMT 300	●	●	●								●	●

Fig. 7.5 Grafikët diagnostikues sipas tipit të pajisjes që përdoret

7.4.1.2. Grafikët diagnostikues

Këta grafikë mund të konfigurohen për të treguar grupet e gazeve ose parametrat e tjerë të matur.

Zonat e grafikut:

- ①-Tregon intervalin kohor në boshtin e abshisave (data dhe ora, të përcaktuara nga vendndodhja e grafikut).
- ②-Tregohet legjenda për parametrat e matur për çdo gaz dhe vlerën e lagështirës.
- ③-Janë vlerat e matura të gazit përkatës dhe lagështirës, të paraqitura në ordinatën e grafikut.
- ④-Tregon një instrument që mundëson zmadhimin ose zvogëlimin e një pjese të grafikut sipas llojit të gazit dhe lagështisë.

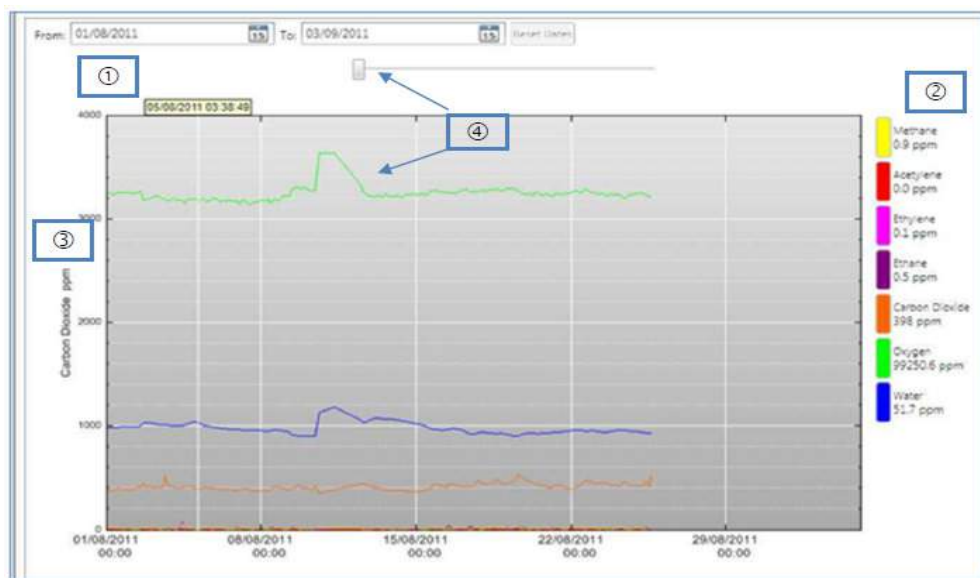


Fig. 7.6 Analiza e grafikëve të gazeve të tretura

Ne figurën 7.7 jepen vlerat e fundit të matura (të gazeve dhe të lagështirës). Është vendi i parë ku duhet filluar investigimi i një gjendje alarmuese.

Measurement Point	Status	Timestamp	Current Value	High Limit	High-High Limit	Low Limit	Low-Low Limit	ROC
MainTank:								
Hydrogen	High	15/02/2012 14:00	0.6 ppm	0.1 ppm	150.0 ppm			
Methane	High-High	15/02/2012 14:00	0.9 ppm	0.4 ppm	0.5 ppm			
Acetylene	Off	15/02/2012 14:00	0.1 ppm	1.0 ppm	30.0 ppm			
Ethylene	Off	15/02/2012 14:00	0.0 ppm	1.0 ppm	100.0 ppm			
Ethane	Off	15/02/2012 14:00	0.0 ppm	1.0 ppm	100.0 ppm			
Carbon Monoxide	High	15/02/2012 14:00	1.1 ppm	1.0 ppm	1500.0 pp			
Carbon Dioxide	High	15/02/2012 14:00	406.3 ppm	1.0 ppm	11000.0 p			
Oxygen		15/02/2012 14:00	101 ppm					
TDCG		15/02/2012 14:00	2.6 ppm					
Water	High	15/02/2012 14:00	21.5 ppm	1.0 ppm	30.0 ppm			
AmbientTemp		15/02/2012 14:00	26.9 °C					
NormalizationTemp		15/02/2012 14:00	20.0 °C					
OilPressure		15/02/2012 14:00	9.0 KPa					
OilTemp		15/02/2012 14:00	40.4 °C					
Nitrogen		15/02/2012 14:00	0 ppm					
TrLoad		15/02/2012 14:00	0.2 ppm					

Fig.7.7 Vlerat e matura të gjendjes së transformatorit

Parametrat që paraqesin një gjendje alarmuese janë theksuar me shirit. Parametrat alarmues që kanë statuset "High-High" janë shenjuar me të kuqe. Parametrat alarmues që kanë statuset "High" janë shenjuar me portokalli. Kolona me emërtimin "ROC" tregon nëse është vënë alarm për ndryshimin e masës së një gazi. Nëse është aktivizuar alarmi "ROC", kolona që lexon Status do të lexojë "ROC".

a. Paneli i të dhënave

Ky panel liston të dhënat e marra midis rreshtit të të dhënave kryesore që janë selektuar. Mund të shtohen ose të hiqen matjet siç tregohet në figurën 7.8.

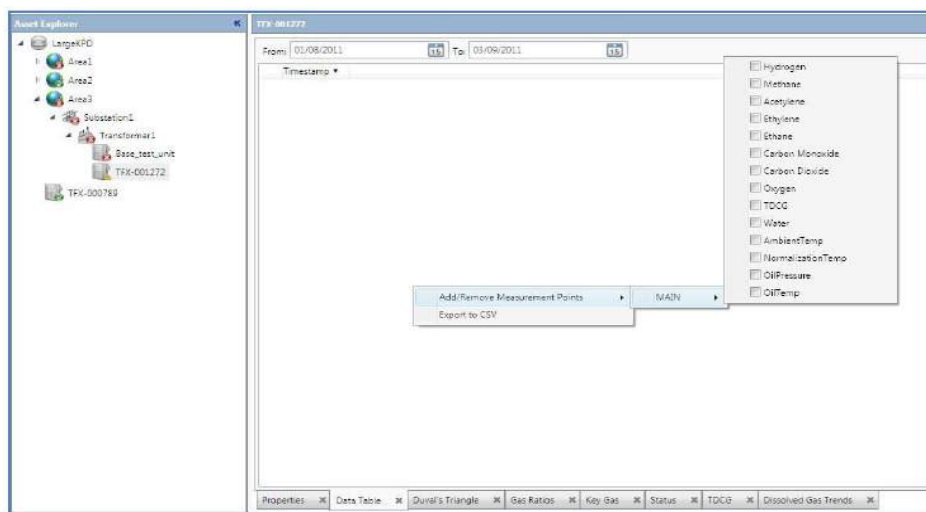


Fig.7.8 Heqja ose shtimi i një parametri të matur

Parametrat e selektuar janë paraqitur në një prej pesë kolonave:

E bardhë: Të dhënat tregojnë gjendje normale.

Portokalli: Të dhënat tregojnë gjendje paralajmëruese, kur kanë kaluar vlerat e pragut.

E kuqe: Të dhënat tregojnë gjendje alarmante, parametrat kanë kaluar vlerat e pragut.

Rozë: Tregon një gjendje paqartësie në saktësinë e matjes.

Blu: Tregon gabim në matjen e të dhënave.

Shembujt janë treguar në figurën 7.9

From:	01/08/2011	15	To:	03/09/2011	15
	Timestamp ▼	Ethylene (ppm)	Ethane (ppm)	Carbon Dioxide (ppm)	Methane (ppm)
	22/08/2011 16:44	0.0	0.0	0	0.0
	22/08/2011 16:45	0.0	0.0	0	0.0
	22/08/2011 18:00	244.3	341.7	624	2.1
	22/08/2011 19:00	247.1	349.1	633	1.3
	22/08/2011 20:00	244.6	344.3	632	1.2
	22/08/2011 21:00	244.6	347.2	633	0.7
	22/08/2011 22:00	243.7	342.7	630	0.8
	22/08/2011 23:00	244.6	347.2	631	2.5

Fig. 7.9 Ngjyrat që tregojnë gjendjen e të dhënave

b. Alarmi i shkallës së ndryshimit të masës së gazeve



Fig. 7.10 E-mail sinjalizues

Për të përcaktuar limitet ROC (Shkalla e Ndryshimit) veprohet në panelin “Alarms”. Në shembullin e mëposhtëm tregohet konfigurimi i limitit të përqendrimit maksimal të gazeve dhe limitit i shkallës maksimale të ndryshimit të përqendrimit të gazit në ditë (ppm/day). Njësia matëse e kohës për ROC është dita, dhe konfigurimi është për çdo 1 orë, siç tregohet në fushën “ROC Time Window”. Numri minimal i provëzave për të llogaritur ROC-në është 1. Kjo tregohet në fushën “ROC Minimum Samples”.

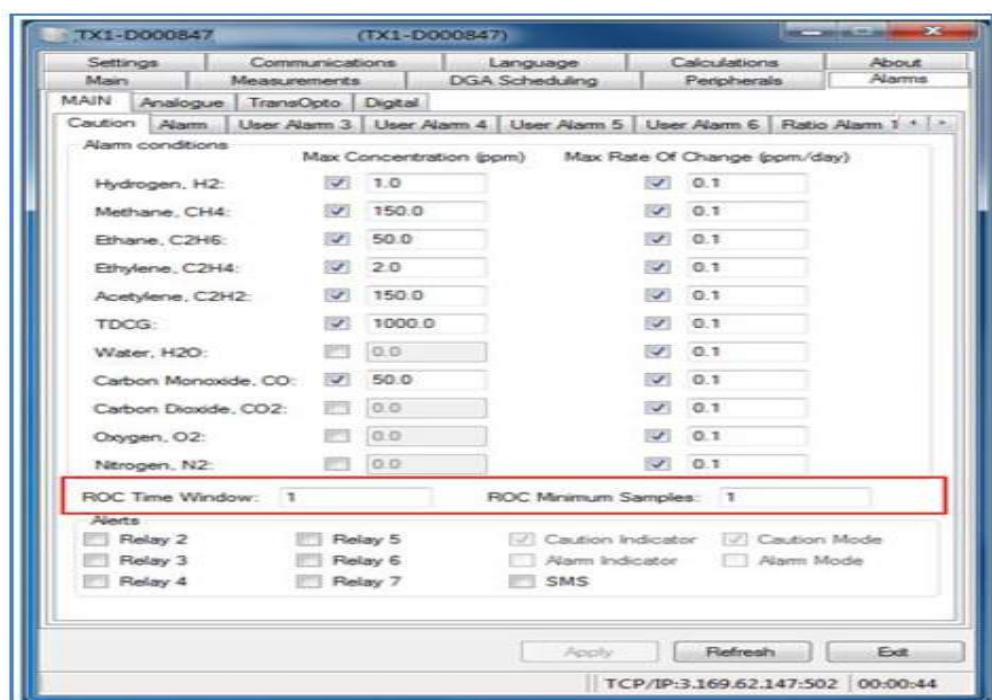


Fig. 7.11 Konfigurimet e limiteve në panelin “Alarms”

c. Alarmi i raporteve të gazeve në TRANSFIX

Manuali i Raportit të Gazeve paraqet çdo raport të gazeve dhe limitet e tyre normale. Hapësira brenda këtyre limiteve tregon sasi të normale të gazit të çliruar në vajin e transformatorit, kur kalohen këto dy limite, nga aparati sinjalizohet gjendje alarmuese.

Në figurën 7.12 tregohet paneli i softit “Perception”, që punon në bashkëveprim me aparatin Transfix. Në panel tregohet grafiku i një raporti të gazeve (me ngjyrë jeshile). Dy vijat e kuqe japin pragun e poshtëm dhe të sipërm të këtij raporti. Nëse ato kalohen, sinjalizohet gjendje alarmante.

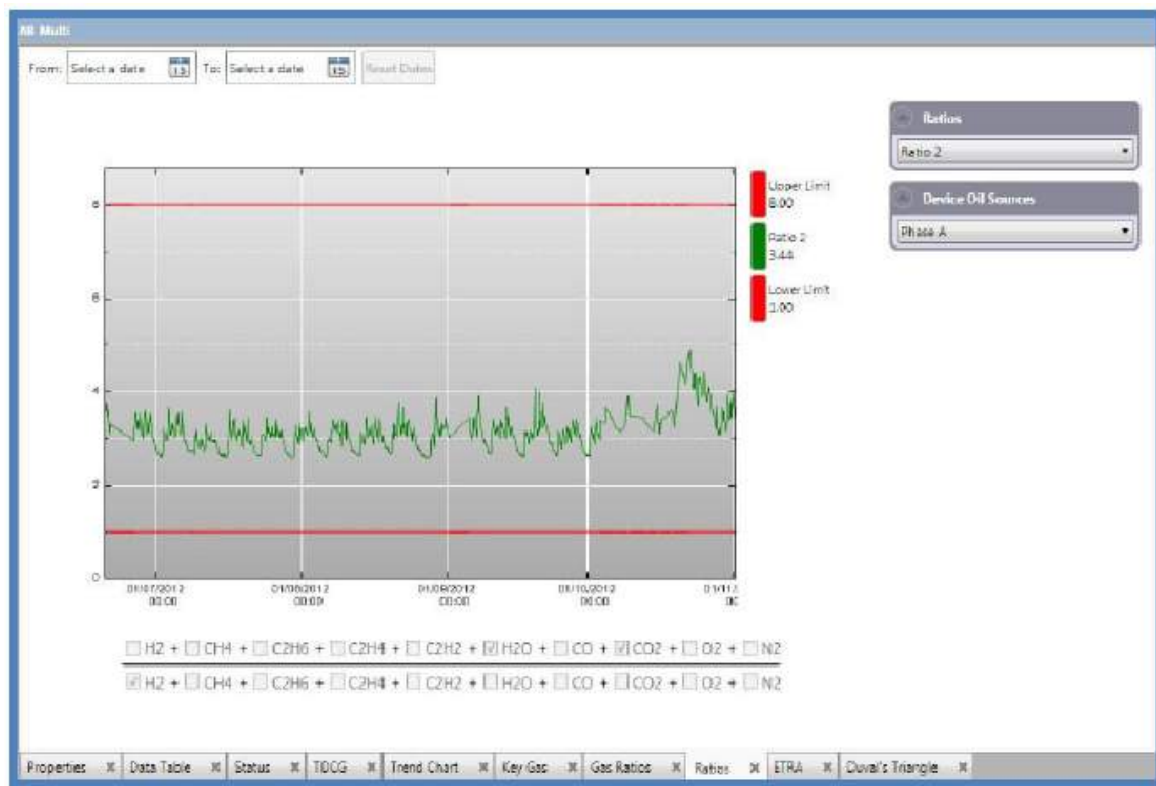


Fig. 7.12 Grafiku i raportit të një gazi brenda limitit të duhur

d. Metoda dhe grafiku i TDCG

Metoda e Sasisë Totale të Gazeve të Djegshme të Tretura (TDCG) në vajin e transformatorit përcakton masat që duhet të ndërmarrë operatori i nënstacionit në sajë të matjes së shumës së sasisë së 6 gazeve të tretura në vaj.

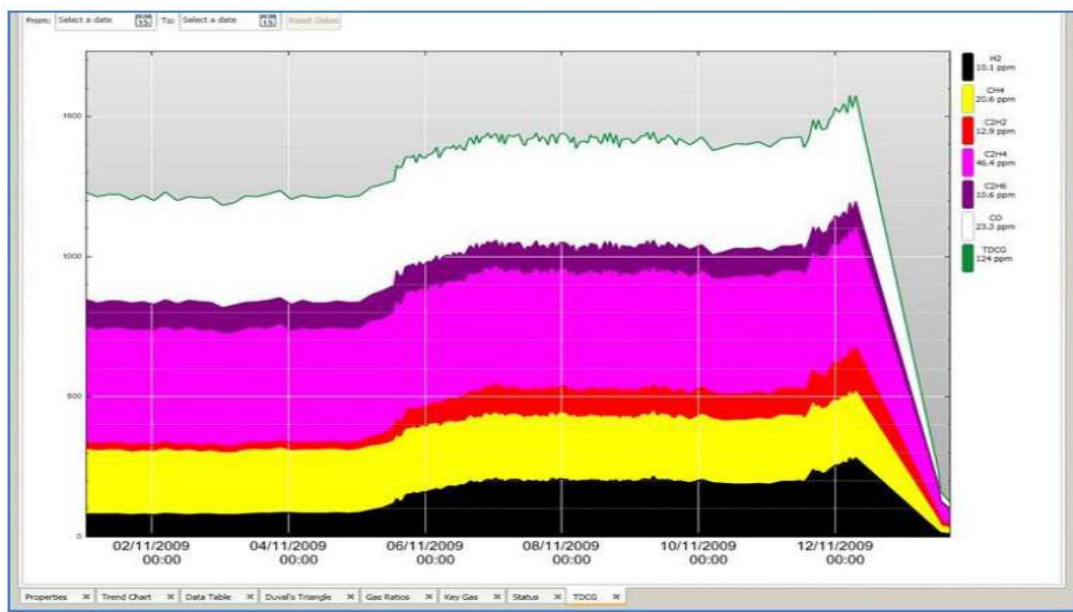


Fig.7.13 Grafiku i TDCG

Sasia e monitoruar dhe shuma e tyre tregohet në figurën 7.10. Duke skanuar fushën e grafikut mund të vëzhgohet TDCG në ato pjesë ku pëson rritje.

e. Metoda e gazit kryesor (Key Gas Method)

Në panelin që aplikohet kjo metodë krahasohen vlerat e 4 gazeve kryesore kundrejt vlerave të pragut. Në bazë të përqendrimit relativ individual të 4 gazeve kryesore, përcaktohet fenomeni dëmtues në transformator.

Këto fenomene janë:

- Hark elektrik
- Humbjet kurorë, shkarkim i pjesshëm
- Mbinxehje e vajit
- Mbinxehje e celulozës

Në figurën e mëposhtme janë ilustruar katër grafikë, ku secili prej tyre tregon mundësinë e një defekti në varësi të përqendrimit të gazit kryesor që e karakterizon atë.

Në qendër të katër grafikëve tregohet data e leximit të të dhënave, e rrethuar me blu. Shtyllat e çdonjërit prej katër grafikëve tregon përqindjen individuale të çdo gazi ndaj sasisë totale të 6 gazeve. Për çdo gaz, shtylla e ngjyrosur tregon përqindjen aktuale të secilit, ndërsa shtylla me ngjyrë të verdhë tregon vlerën e pragut, kapërcimi i së cilës sinjalizon defekt në transformator.

Po të vihet re me kujdes, shtyllat me ngjyrë të verdhë janë konstante në të katër grafikët, sepse vlerat e tyre janë standarde të paracaktuara. Dy numrat që janë mbi çdo kolonë tregojnë vlerën e përqindjes aktuale dhe vlerën e pragut të çdo gazi. Ato janë rrethuar me të kuqe. Në qendër të çdo grafiku tregohet një vlerë në përqindje, e rrethuar me jeshile, e cila tregon mundësinë e ndodhjes së defektit. Mundësia e shfaqjes së një defekti në transformator varet nga numri i gazeve që kalojnë limitin dhe shkalla e kalimit të tij.

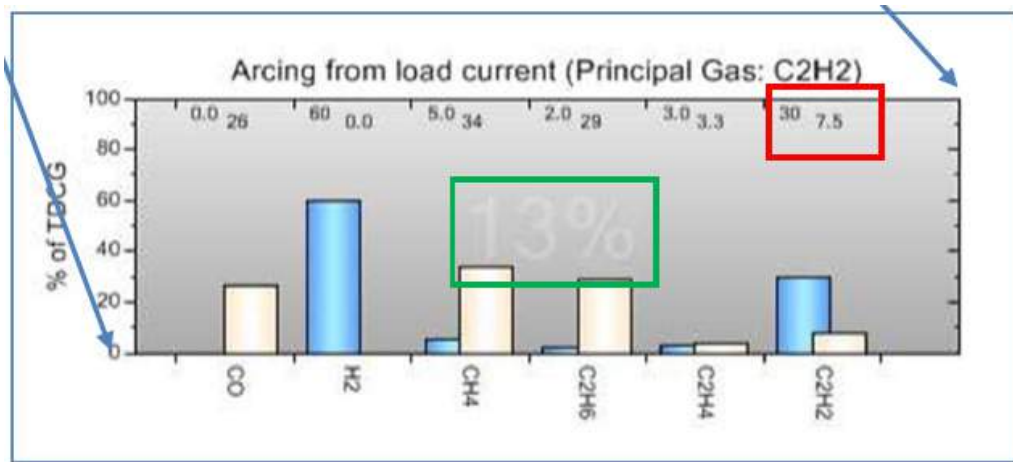


Fig.7.14 Grafiku i gazit C_2H_2

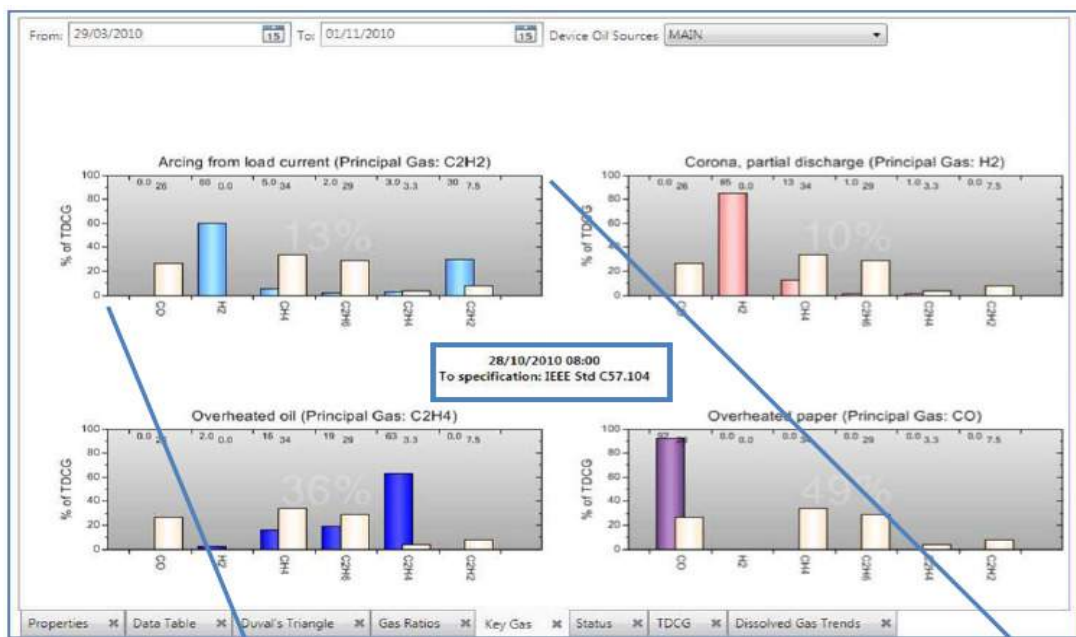


Fig. 7.15 Katër grafikët e Key Gas

f. Metoda e raportit të gazeve (Gas Ratios Method)

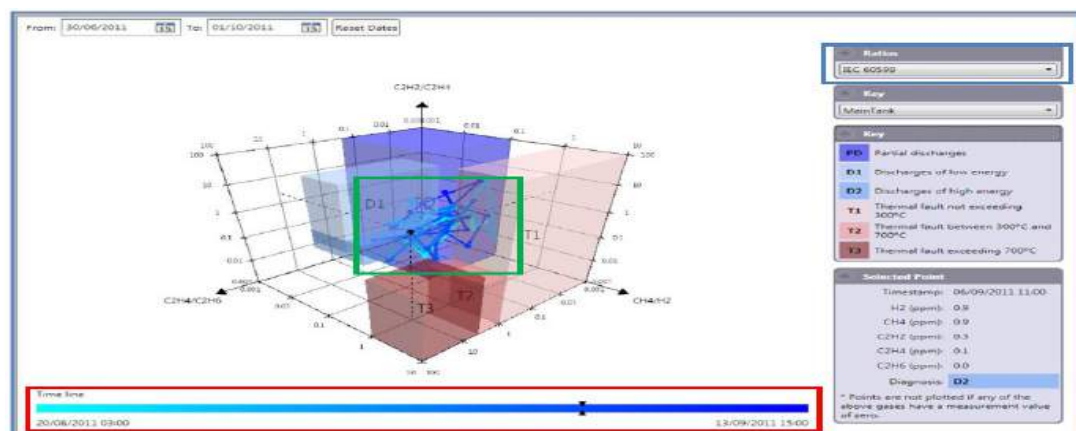


Fig. 7.16 Grafiku i metodës së raportit të gazeve

Panelli ku zbatohet kjo metodë paraqet raportet e përqendrimit të gazeve në një grafik tredimensional. Në varësi të ndërthurjes së vlerave që japin tri raportet e gazeve përcaktohet vendndodhja në hapësirën e grafikut, si dhe gjendja e transformatorit. Çdo gjendje e transformatorit paraqitet në grafik si një trup tredimensional, që zë një vëllim të caktuar në grafik. Gjendje e transformatorit është konkretisht fenomeni që po ndodh në të:

PD-Shkarkim i pjesshëm

D1-Shkarkim me sasi të vogël energjie

D2-Shkarkim me sasi të madhe energjie

T1-Defekt termik me temperaturë $< 300\text{ }^{\circ}\text{C}$

T2-Defekt termik me temperaturë $300\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 700\text{ }^{\circ}\text{C}$

T3-Defekt termik me temperaturë $> 700\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Metoda e zgjedhur për raportin e gazeve mund të selektohet në seksionin e emërtuar **Ratios**, i vendosur brenda katrorit me ngjyrë blu në figurën 7.16.

Alternativat e mundshme janë IEC 60599, IEEE C57.104, ose Tabela e Raporteve.

Në figurën e mësipërme tregohet dhe intervali kohor i kryerjes së matjes (i vendosur brenda katrorit të kuq). Raportet e gazeve të matura nga aparati (të vendosur brenda katrorit jeshil) janë paraqitur në hapësirën tredimensionale të grafikut. Ngjyra e tyre varion nga e kaltër në blu të errët. Ajo tregon kohën e matjes së tri raporteve, gjë që konfirmohet edhe nga ngjyra e njëjtë e grafikut njëdimensional të emërtuar "Time line".

Në figurën 7.17 tregohet Tabela e Raporteve. Në të tregohen 5 raportet e gazeve dhe 4 gjendjet e transformatorit, si dhe përshkrimi i këtyre gjendjeve.

Gjendja 1: Sasia Totale e Gazeve të Djegshme të Tretura (TDCG) në vaj nën këtë nivel përqendrimi tregon një operim normal të transformatorit. Nëse përqendrimi i një gazi kalon nivelin normal, duhet investigim i mëtejshëm në transformator.

Gjendja 2: TDCG në këtë nivel tregon sasi përqendrimi më të mëdha se normalja. Duhet investigim i mëtejshëm në mënyrë periodike. Ekziston mundësia e një defekti në transformator.

Gjendja 3: TDCG në këto nivele tregon nivel të lartë të dekompozimit të celulozës. Çdo nivel individual i një gazi që kapërcen nivelin normal, sinjalizon nevojën e një investigimi të mëtejshëm dhe në mënyrë periodike në transformator. Ekziston një probabilitet i lartë i një defekti në transformator.

Gjendja 4: TDCG që kalon këto nivele tregon sasi të larta të dekompozimit të celulozës. Operimi i mëtejshëm në rrjet i transformatorit mund të shkaktojë avari në të. Transformatori duhet nxjerrë nga puna.

From

Select a date

15

To

Select a date

15

Reset Date

Ratios	Ratios Used	Diagnosis
C57.104 TDCG**		Condition 1
C57.104 Individual Gas		Condition 3 - C2H2
Rogers	R1,R2,R5	Indeterminate
Deenenburg	R1,R2,R3,R4	Discharge Arcing

**The C57.104 Transformer Core sample from new or recently repaired transformers where no measurement history is available.

Name	Formula	Values
R1	CH4/H2	0.2
R2	C2H2/C2H4	12.5
R3	C2H2/CH4	0.5
R4	C2H6/C2H2	0.2
R5	C2H4/C2H6	0.4

Ratios

Ratios table

Device Oil Screen

Phase A

Measurement details

Timestamp: 01/11/2012 07:03

CH4 (ppm): 50.0

H2 (ppm): 201.0

C2H2 (ppm): 25.0

C2H4 (ppm): 2.0

C2H6 (ppm): 5.0

CO (ppm): 400.0

CO2 (ppm): 038

TDCG (ppm): 683

* Measurements are ignored if any of the above gases have a measurement value of zero.

Condition	Description
Condition 1	TDCG below this level indicates the transformer is operating satisfactorily. Any individual combustible gas exceeding specified levels should prompt additional investigation.
Condition 2	TDCG within this range indicates greater than normal combustible gas level. Any individual combustible gas exceeding specified levels should prompt additional investigation. Action should be taken to establish a trend. Fault(s) may be present.
Condition 3	TDCG within this range indicates a high level of decomposition. Any individual combustible gas exceeding specified levels should prompt additional investigation. Immediate action should be taken to establish a trend. Fault(s) are probably present.
Condition 4	TDCG exceeding this value indicates excessive decomposition. Continued operation could result in failure of the transformer. Proceed immediately and with caution.

Fig. 7.17 Tabela e raporteve dhe gjendjeve të transformatorit

g. Metoda e Trekëndëshit të Duvalit

Kjo metodë përdor një trekëndësh si hartë për të detektuar defektet në transformator. Në secilën brinjë vendoset intervali i mundshëm i përqendrimit relativ të një gazi. Pasi vendosen në tri brinjë tri përqendrime relative, në sipërfaqen e trekëndëshit shtrihen zonat që paraqesin gjendjen e transformatorit. Në bazë të të dhënave të matjes, kombinohen tri përqendrimet e gazeve. Duke u mbështetur në këto kombinime, përcaktohet dhe koordinata e vendosjes së një pike. Zona ku caktohen këto koordinata tregon gjendjen e transformatorit.

Trekëndëshi i Duvalit, në këtë soft paraqitet në formatin "Klasik". Kjo metodë bën diagnozën e këtyre defekteve:

- PD-Shkarkim i pjesshëm
- D1-Shkarkim me densitet të ulët energjie
- D2-Shkarkim me densitet të lartë energjie
- T1-Defekt termik, $t < 300^{\circ}\text{C}$
- T2-Defekt termik, $300^{\circ}\text{C} < t < 700^{\circ}\text{C}$
- T3-Defekt termik, $t > 700^{\circ}\text{C}$
- DT-Përzjerje e defektit termik dhe elektrik

Nëse vihet re me kujdes, në sipërfaqen e trekëndëshit ka një bashkësi pikash. Çdonjëra prej tyre përfaqëson një matje të diagnostikuar. Nëse duam të bëjmë selektimin e një pike, pra të një matjeje, ka dy mënyra. Mënyra e parë është ta selektojmë direkt në sipërfaqen e trekëndëshit, mënyra e dytë është duke rrëshqitur ashensorin në boshtin horizontal të kohës që lexon "Time Line". Në këtë bosht tregohet data e diagnozës së të dhënave. Ngjyra e tij në fillim është e kaltër, duke u shndërruar në blu të errët në fund të boshtit. Këto ngjyra kanë dhe pikat që përfaqësojnë matjet e diagnostikuara. Në seksionin që lexon **Selected Point** (Pika e Zgjedhur) tregohen të dhënat e matura për tri gazet dhe

defekti i diagnostikuar. Në rastin konkret, defekti është DT-Përzierje e defektit termik dhe elektrik.

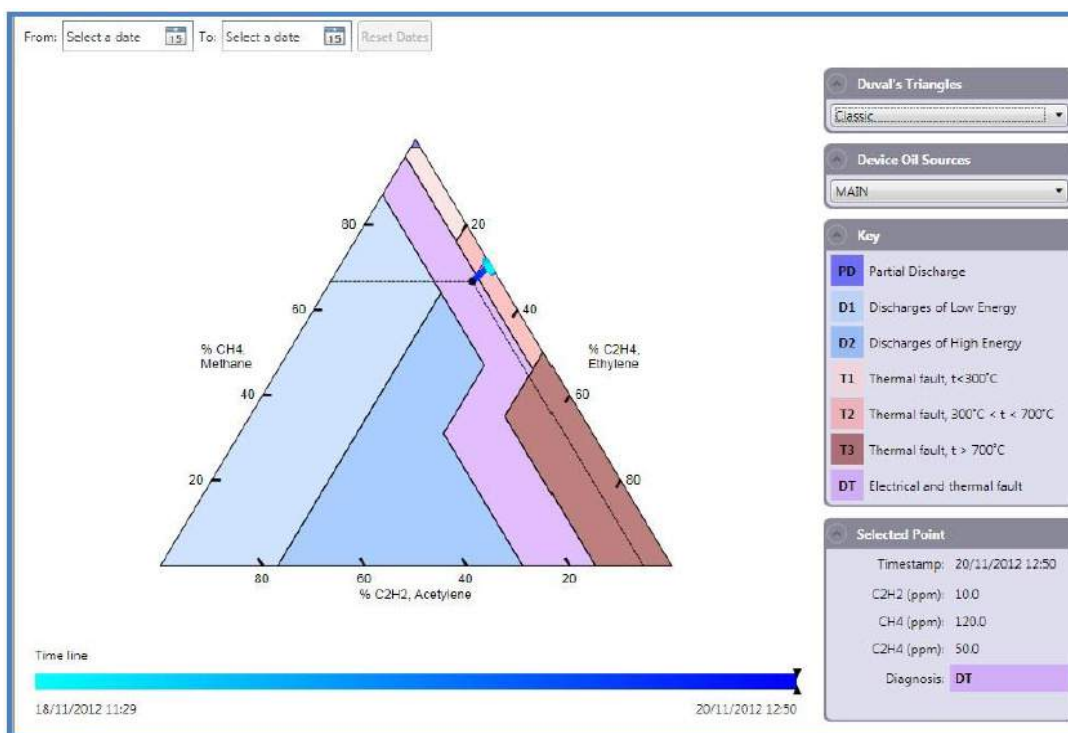


Fig. 7.18 Trekëndëshi i Duvalit

7.5. Shembull i zbatimit të logjikës Fuzzy në vlerësimin e gjendjes së transformatorit të bllokut nr. 4 të HEC Vau Dejës

Të dhënat konsistojnë në matjet numerike të çdo gazi individual kryesor në ppm. Në tabelën 7.4 jepet një shembull i të dhënave të matura të transformatorit të bllokut nr. 4 të HEC Vau Dejës për 4 orë dhe në grafikët 7.19 dhe 7.20 pasqyrohet niveli i gazeve të tretura dhe lagështirës për gjatë një muaji.

Tab.7.4 Të dhënat e gazeve të çliruara në transformatorin VD4

Ora e marrjes së të dhënave	H ₂ (ppm)	CH ₄ (ppm)	C ₂ H ₂ (ppm)	C ₂ H ₄ (ppm)	C ₂ H ₆ (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	O ₂ (ppm)	TDCG (ppm)	Lagështira (ppm)
7:00	0	0.9	0.5	0.1	0.6	2.2	117	825.9	4	2.9
6:00	0	1	0.3	0.1	1	2.8	106	807.6	5	2.9
5:00	0	1.4	0.2	0.2	0.3	2.4	102	805.3	4	3
4:00	0	1.3	0	0	0.2	2.6	110	816.5	4	3.1

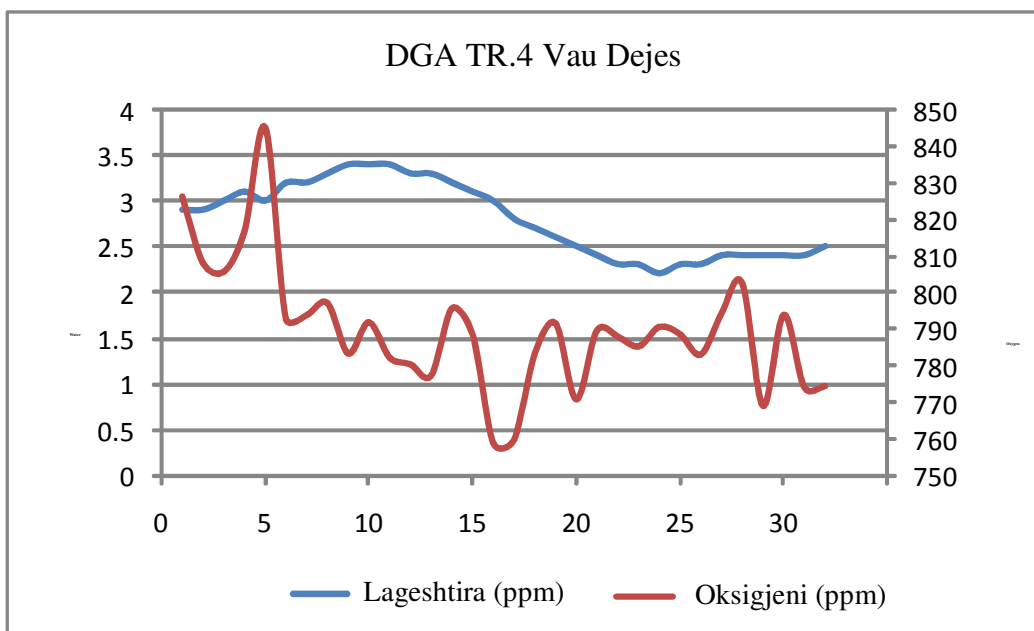


Fig. 7.19 Niveli i lagështirës dhe oksigjenit në ppm tek TR.4-V.Dejës

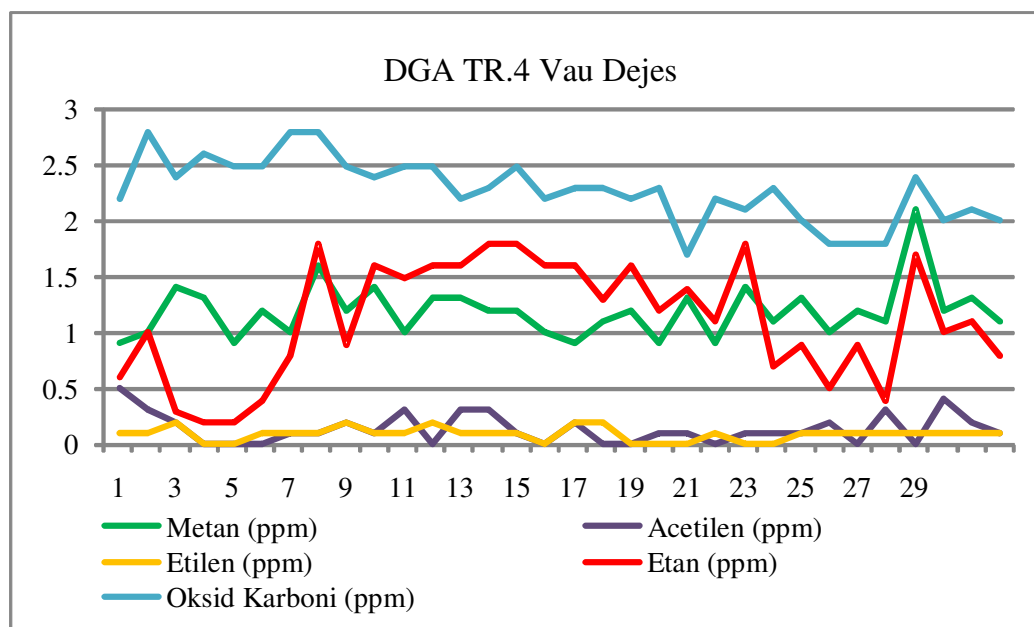


Fig. 7.20 Niveli i gazeve në ppm tek TR.4-V.Dejës

A. Analizimi i të dhënave të gazeve

Baza e të dhënave në këtë rast janë kampionet e DGA-Online të transformatorit të bllokut nr. 4 të HEC Vau Dejës, të matura të mërkurën e tretë të muajit gjatë një periudhe njëvjeçare (2014-2015). Në mënyrë që të identifikohen ndryshimet e përqendrimeve të gazeve të transformatorëve, krahasohen të dhënat e dy muajve të njëpasnjëshëm, me qëllim identifikimin e ndonjë rritjeje të dukshme të papritur të përqendrimeve.

Në tabelën 7.5 paraqiten të dhënat e 3 kampionëve të marrë për t'u vlerësuar sipas katër gjendjeve. Duke vështuar përqindjet përkatëse të gazeve në rezultatet e DGA-së (tabela

7.6), do të përpiqemi të identifikojmë tipin e avarisë që po ndodh në transformator, duke përdorur ngjashmërinë e histogramës mbi përqindjet përkatëse të gazit të djegshëm.

Në tabelën 7.5 tregohen nivelet e gazeve të djegshme të matura për tre transformatorë, ndërsa në tabelën 7.6 jepen përqindjet përkatëse të gazeve të djegshme.

Tab. 7.5 Të dhënat e gazeve të djegshme për tre transformatorë

Nr.	H ₂ (ppm)	CH ₄ (ppm)	C ₂ H ₂ (ppm)	C ₂ H ₄ (ppm)	C ₂ H ₆ (ppm)	CO (ppm)	TDGC (ppm)
F3	2212	353	80	191	77	280	3193
VD4	12	75	28	415	75	307	912
F1	314	18	115	37	5	572	1061

Tab. 7.6 Përqindjet e gazeve të djegshme për tre transformatorë

Nr.	TDGC (ppm)	H ₂ %	CH ₄ %	C ₂ H ₂ %	C ₂ H ₄ %	C ₂ H ₆ %	CO %
F3	3193	69.3	11.1	2.5	6.0	2.4	8.8
VD4	912	1.3	8.2	3.1	45.5	8.2	33.7
F1	1061	29.6	1.7	10.8	3.5	0.5	53.9

B. Diagnostikimi pa Fuzzy

Histograma mbi përqindjet e gazeve të tretshme të tre transformatorëve të tabelës 7.4 është paraqitur në figurën 7.21. Për rritje të konsiderueshme të nivelit të hidrogjenit te transformatorët këshillohet një kontroll për defekt elektrik, për shkak të efektit kurorë ose të harkut elektrik. Duke e krahasuar histogramën me katër llojet e përgjithshme të defekteve, mund të shohim se:

- në rastin e transformatorit F3 (me vlerë të lartë të gazit kryesor H₂ dhe vlerë të ulët të gazit kryesor CH₄), ai përshtatet me histogramën që tregon një kurorë në vaj, që do të thotë shkarkim i pjesshëm;
- në rastin e transformatorit VD4 (me vlerë të lartë të gazeve kryesore C₂H₄ dhe CO, si edhe me vlerë të vogël të CH₄ dhe C₂H₆), ai përshtatet me histogramën që tregon tejnxehje të vajit dhe tejnxehje të celulozës (në rastin e VD4, vlera e TDGC-së është pothuaj normale)
- në rastin e transformatorit F1 (me vlerë të lartë të gazeve kryesore CO dhe H₂, si dhe vlerë të vogël të C₂H₂), ai përshtatet me histogramën që tregon tejnxehje të celulozës dhe mundësinë e harkut elektrik në vaj.

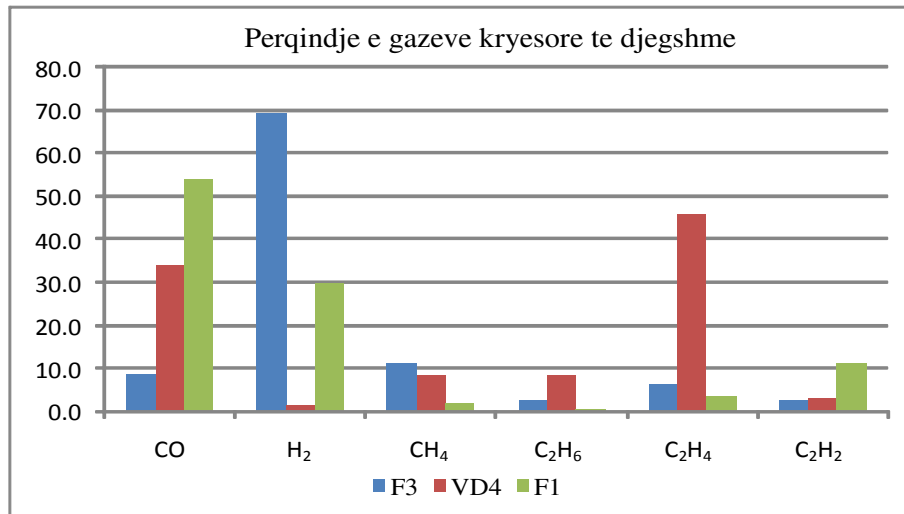


Fig.7.21 Përqindjet e gazeve kryesore të djegshme

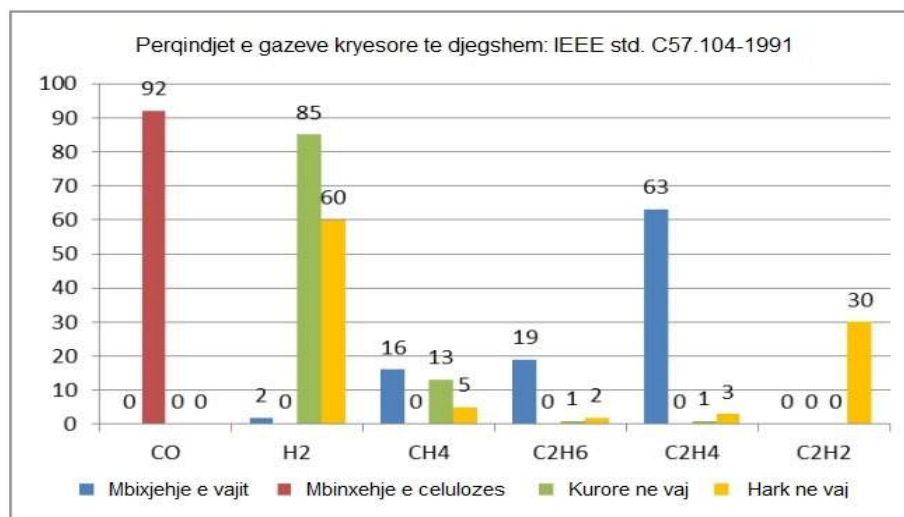


Fig.7.22 Histogrami i përqindjeve të gazeve kryesore sipas standardit IEEE

C. Diagnostikimi me Fuzzy

Rregullat fuzzy jepen nëpërmjet MatLab-it me aplikacionin “FIS Rule Viewer”, që tregohet në figurat 7.23, 7.24 dhe 7.25. Aplikimi i të dhënave hyrëse në metodën diagnostikuese “Fuzzy Key Gas”, marrim gjendjen e defektit si vijon:

- në rastin e transformatorit F3, u diagnostikuan defekte të mundshme të shumëfishta me nivele të ndryshme. Kështu që vlerësohet se nivelet e larta i përkasin kurorës në vaj, ndërsa nivelet mesatare i përkasin harkut në vaj;
- në rastin e transformatorit VD4, zanafilla e defektit është e panjohur. Ai mund të shpjegohet si vjetrim normal i transformatorit;
- në rastin e transformatorit F1, defekti termik vlerësohet si pasojë e nivelit mesatar të tejnxehjes së celulozës.

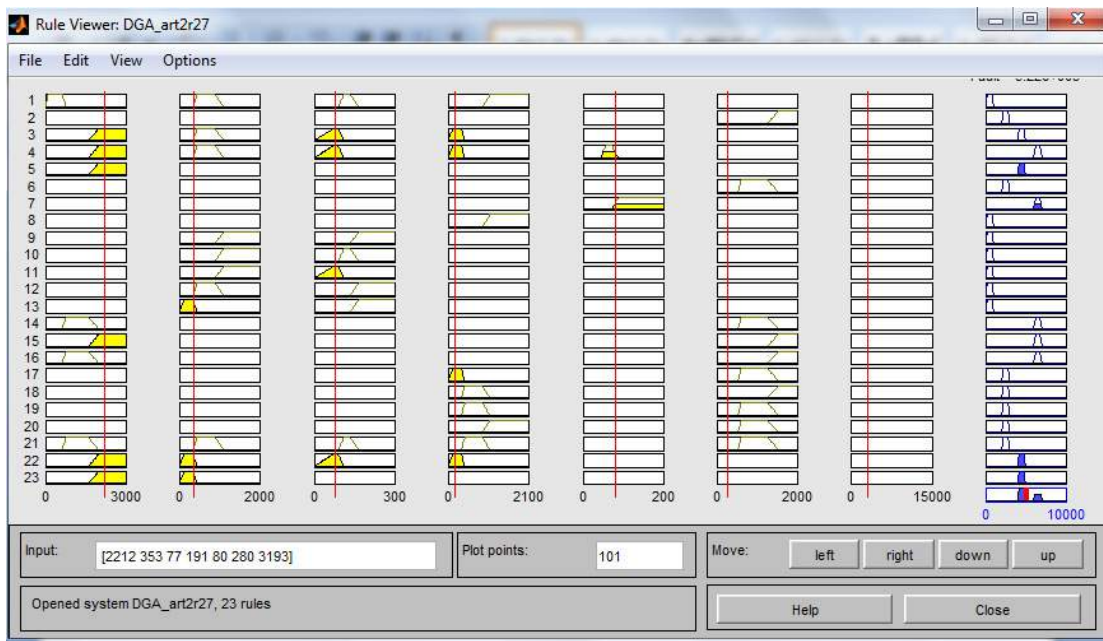


Fig. 7.23 Diagnostikimi i gazeve kryesore me Fuzzy për transformatorin F3

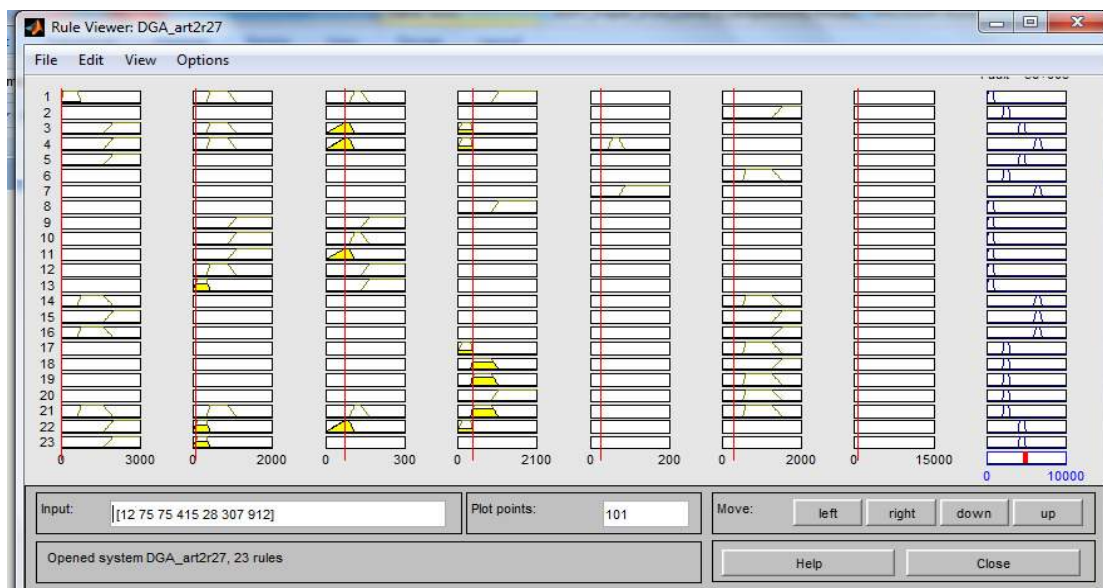


Fig.7.24 Diagnostikimi i gazeve kryesore me Fuzzy për transformatorin VD4

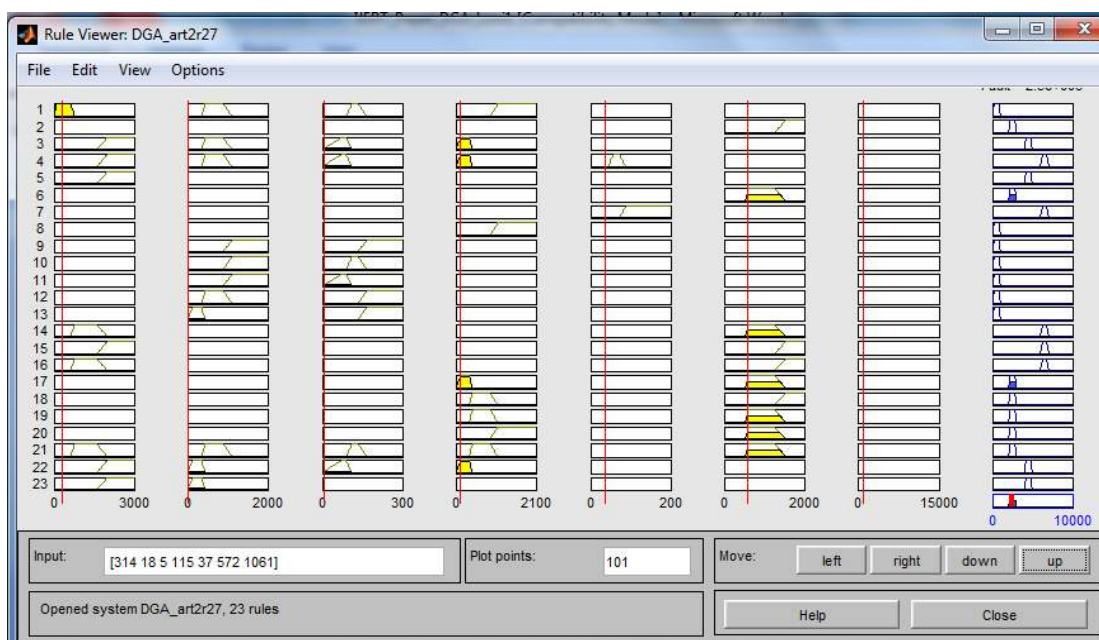


Fig.7.25 Diagnostikimi i gazeve kryesore me Fuzzy për transformatorin F1

Në tabelën e mëposhtme jepen të dhënat hyrëse-dalëse nëpërmjet logjikës fuzzy për të tre transformatorët në shqyrtim.

Tab.7.5 Fuzifikimi i të dhënave hyrëse

Nr.	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	CO	TDGC	Defekti
F3	H	L	M	M	L	N	M	Shkarkim i pjesshëm + hark
VD4	N	N	L	H	N	N	L	Normal
F1	L	N	H	N	N	M	L	Tejnxehje e vajit dhe celulozës

Te shembulli i mësipërm, gjatë diagnostikimit të transformatorëve me fuzzy dhe pa fuzzy, vëmë re se përdorimi i logjikës fuzzy përmirëson saktësinë e metodave të përdorura dhe vlerëson më saktë gjendjen e transformatorit.

PËRFUNDIMET DHE REKOMANDIME

1. Kërkesa për rritjen e sigurisë së punës së sistemit elektroenergjitik në tërësi ka detyruar kompanitë energjitike për të ndryshuar filozofinë e monitorimit dhe mirëmbajtjes së pajisjeve kryesore të tyre.

Sistemet elektroenergjetike po kalojnë ndryshime të shpejta. Kostoja në rritje e energjisë elektrike, elektrifikimi masiv i jetës së përditshme, dhe ndryshimet klimatike janë shtytësit kryesorë që do të përcaktojnë shpejtësinë me të cilën ndodhin këto ndryshime.

Punimi i paraqitur është një kontribut në kuadrin e përpjekjeve për shfrytëzimin e metodave të sotme në vlerësimin e gjendjes së transformatorëve dhe përpunimin e metodave më të sakta në këtë drejtim.

Në përfundim të kësaj teme doktorate mund them se objektivi që i kishim vënë vetes, unë së bashku me udhëheqësin shkencor Prof. Nako Hobdari, është plotësuar. Për ti lënë këtij punimi hapsira me qëllim zhvillimin e mëtejshëm të tij së bashku me teknikat e reja të analizës së DGA.

2. Në punim shtjellohet diagnostikimi i dëmtimit në transformatorët e fuqisë duke përdorur Analizën e Gazeve të Tretura në vaj. Analiza e Gazeve të Tretura në vajin e transformatorit shërben për të monitoruar gjendjen e transformatorit dhe është e aftë të detektojë defektet në transformator në fazën e tyre fillestare. Në këtë mënyrë, mund të marrën masa për parandalimin e përshkallëzimit të defektit, pra shmangët dëmtimi i transformatorit dhe ndërprerja e furnizimit me energji elektrike e konsumatorëve.

Duke patur parasysh rëndësinë e transformatorëve të fuqisë, janë shqyrtuar metodat e përdorura për diagnostikimin e dëmtimeve të ndryshme në to. Është bërë vlerësimi i saktësisë dhe qëndrueshmërisë së këtyre metodave në interpretimin e gjendjes së transformatorit sipas të dhënave të standartit IEEE. Nga kjo analizë vlerësohen gjithashtu metodat më të mira për diagnostikimin e grupeve të ndryshme të defekteve.

Janë vlerësuar diagnostikimet e suksesshme dhe pajtueshmëria e metodave të DGA-së. Kështu, rezultatet e testimit kanë vlerësuar që:

- a) Metoda e Trekëndëshit të Duval-it është metoda që ka pajtueshmërinë më të lartë.
 - b) Më pas vijnë Metoda e Gazit Kryesor, Normografi Logaritmik, Raportet IEC të Gazit, Raportet Roxher të Gazeve dhe e fundit Metoda Doernenburg.
 - c) Disa metoda të tjera kanë shkallë të ulët pajtueshmërie (< 50 %).
3. Për të rritur saktësinë e metodave të DGA është përdorur kombinimi i tyre me metodat e sistemeve eksperte. Logjika Fuzzy njihet si një sistem ekspert dhe është përdorur me sukses për diagnostikimin e defekteve në transformator.

Në bazë të analizës së kryer, për të dhënat e standartit IEEE, është arritur në përfundimin se përdorimi i logjikës fuzzy zvogëlon numrin e matjeve të padiagnostikuara (në këtë studim 17%). Kjo sjell rritjen e saktësisë për të gjitha matjet (nga 45% në 52%) dhe rritjen e pajtueshmërisë (nga 45% në 51%).

4. Është analizuar implementimi i DGA Online tek transformatorët e blloqeve të agregatëve, në hidrocentralet Fierzë, Koman e Vau i Dejës për të ndryshuar filozofinë e kontrolleve periodike, mirëmbajtjes si dhe në kuadrin e kompletimit të monitorimeve të pajisjeve kryesore të agregatëve. Është analizuar softi dhe pajisja monitoruese që përdoren në transformatorët e blloqeve të agregatëve të hidrocentraleve të kaskadës së Drinit.

Aparaturat për DGA Online janë ndërtuar sipas dy modeleve kryesore:

- c) Monitoruesit e Hidrogjenit, janë më të lirë, por ato mund të mos konstatojnë shenjat e hershme të hark-ut.
- d) Monitoruesit Multi-gaz, mundësojnë diagnostikimin në kohë reale (Online) të dëmtimeve të ndryshme.

Nga hulumtimet, CIGRE-ja rekomandon (TB#409) që të përdoret monitorues hidrogjeni për transformatorët relativisht të "shëndetshëm", dhe monitorues multi-gaz për transformatorët ku problemet janë të mundshëm.

- 5. Duke shfrytëzuar analizën e të dhënave të matjeve të sistemit DGA Online të instaluar nga ky investim i KESH, në funksion të një mirëmbajtje preventive sa më efektive, shërbimet e mirëmbajtjes të transformatorëve të fuqisë të realizuara gjatë vitit 2014 si dhe në vazhdim gjatë vitit 2015 janë bazuar kryesisht nga analiza e rezultateve të matjeve të gazeve të çliruar dhe lageshtirës në vajin e transformatorëve të fuqisë.

Sistemet DGA Online do të ofrojnë të dhëna që mund të përdoren për hulumtime të ndryshme në lidhje me saktësinë e metodave të vlerësimit të gjendjes së transformatorëve. Kjo do të ndikojë drejtë për së drejti në mënjanimin e shpenzimeve që do të bëheshin për vizitat e programuara në terren (në objekt) si dhe programimin e një mirëmbajtje preventive më efektive.

- 6. Metoda e propozuar, DGA dhe Sistemi Fuzzy, është në proces aplikimi më tej në transformatorët e OST.

Rezultatet e studimit tregojnë se metoda e propozuar, DGA dhe Sistemi Fuzzy, rrit shkallën e saktësisë së vlerësimit të gjendjes së transformatorëve në masën 16.6%.

PLANET PER TE ARDHMEN

Duke pasur parasysh zhvillimet e reja në sistemet elektroenergjetike me ngarkesa dhe burime të ndryshueshme, lind nevoja e vlerësimit të gjendjes së pajisjeve në tërësi dhe transformatorëve në veçanti.

Faktorë shumë të rëndësishëm të cilët ndikojnë në saktësinë e diagnostikimit janë të dhënat historike. Në rastin tonë ne kishim një numër të kufizuar matjesh nga DGA Online (vetëm 10 muaj të dhëna të monitoruara dhe vetëm dy rritje të përqindjeve relative të gazeve në DGA). Duke patur një numër të madh të dhënash, rritet besueshmëria e vlerësimit të gjendjes së transformatorëve.

Sfidat dhe drejtimit e mundshme që ja vlen të eksplorojnë në të ardhmen janë:

- Përmirësimi i saktësisë së vlerësimit përmes studimit të bazuar në modelet statistikore.
- Ruajtja efektive e të dhënave dhe dërgimi në qendrën e komandimit/kontrollit të sistemit në mënyrë që sistemi të marrë në konsideratë gjatë vlerësimit të sigurisë së punës së tij.

SHTOJCA

Shtojca 1. 100 raste për 4 gazet që shërbejnë si inpute

Nr. i matjeve	C ₂ H ₂	H ₂	C ₂ H ₆	CH ₄	C ₂ H ₄
1	2883	7	82	181	1147
2	1075	1559	418	447	73
3	1045	1793	417	472	71
4	384	111	9	47	101
5	337	121	8	38	98
6	317	25	3	11	45
7	268	12	5	50	363
8	233	74	12	12	69
9	218	88	4	13	20
10	218	88	4	13	20
11	188	1482	23	79	29
12	161	906	31	79	26
13	160	104	2	11	22
14	147	894	22	75	22
15	146	26	1	6	19
16	132	26	28	11	68
17	117	153	3	23	36
18	98	27	23	16	127
19	97	43	20	13	101
20	96	418	21	56	14
21	84	20	5	12	36
22	78	16	9	7	23
23	75	29	2	7	10
24	75	29	2	7	10
25	71	17	2	6	10
26	66	274	34	23	36
27	56	16	4	5	17
28	53	20	6	5	19
29	53	10	5	7	5
30	52	46	15	22	31
31	52	21	8	8	2
32	52	13	3	4	2
33	51	12	5	6	16
34	51	10	7	10	29
35	48	188	9	30	13
36	45	121	11	21	32
37	45	12	5	6	5
38	44	6305	10	14	20
39	44	20	4	1	11
40	42	55	11	32	12
41	40	21	7	92	45
42	36	283	6	18	14
43	36	18	3	5	10
44	36	10	2	4	9
45	35	55	7	11	16
46	33	9	17	43	11
47	30	28	19	55	107
48	21	8	5	316	21
49	20	32	35	61	9
50	19	11	82	47	17
51	17	77	7	11	12

52	17	49	4161	9	7
53	17	24	4	8	8
54	17	14	1	2	2
55	15	259	2	2	2
56	15	110	2	5	3
57	15	57	13	29	14
58	15	9	4	8	7
59	14	28	10	20	10
60	14	7	144	32	5
61	13	5	2	2	2
62	8	37	17	6	3
63	8	25	2	4	11
64	7	8	1	3	3
65	6	40	20	19	18
66	5	2131	36	24	33
67	5	797	4	5	6
68	5	38	1	276	1567
69	5	24	13	12	15
70	5	11	7	5	3
71	5	5	1	3	31
72	4	626	54	46	31
73	4	17	6	7	7
74	3	524	33	17	22
75	3	5	1	4	23
76	2	1587	57	38	20
77	2	111	28	159	364
78	2	74	26	187	388
79	2	55	18	102	246
80	2	37	12	71	166
81	2	26	2	4	3
82	2	15	458	87	33
83	2	15	3	4	17
84	2	8	52	48	281
85	2	8	1	4	3
86	1	51	14	25	10
87	1	47	24	137	324
88	1	26	2	4	3
89	1	21	6	6	4
90	1	19	3	5	3
91	1	16	2	3	3
92	1	12	81	32	8
93	1	10	190	107	19
94	1	10	2	3	4
95	1	7	59	56	13
96	1	5	7	5	29
97	1	4	222	76	9
98	1	4	3	3	2
99	1	4	2	4	3
100	0.4	59	1	2	63

Shtojca 2. Matjet e realizuara për transformatorët kryesorë të OST-së me pajisjen “MYRKOS” DGA-Portabel.

Nr.	Nenstacioni	Transformatori	Data e kampionimit	Permbajtja e Testit (ppm) / Norma IEEE (ppm)								Raporti C_2H_2/C_2H_4	Raporti CH_4/H_2	Raporti C_2H_4/C_2H_6
				H ₂	CH ₄	CO	CO ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₂	TDCG			
1	Tirana1	AT-1, 120 MVA, 220/115/35 kV	21.10.2014	0 / 100	0 / 120	149 / 350	2204 / 2500	7 / 50	0 / 65	0 / 35	156 / ≤ 720	0	-	-
2		AT-2, 120 MVA, 220/115/35 kV	22.10.2014	0 / 100	40 / 120	459 / 350	2725 / 2500	11 / 50	14 / 65	0 / 35	524 / ≤ 720	0	-	0.78571
3		AT-3, 120 MVA, 220/115/35 kV	08.10.2014	0 / 100	4 / 120	195 / 350	2333 / 2500	18 / 50	3 / 65	0 / 35	220 / ≤ 720	0	-	6
4		TR-4, 63 MVA, 220/20 kV	09.10.2014	59 / 100	4 / 120	90 / 350	1275 / 2500	2 / 50	39 / 65	0 / 35	194 / ≤ 720	0	0.67	0.05
5	Tirana2	AT-1, 300 MVA, 400/230 kV	17.09.2014	0 / 100	12 / 120	52 / 350	349 / 2500	0 / 50	15 / 65	0 / 35	79 / ≤ 720	-	-	0
6		AT-2, 300 MVA, 400/230 kV	02.10.2014	29 / 100	11 / 120	271 / 350	1493 / 2500	1 / 50	4 / 65	0 / 35	316 / ≤ 720	0	0.379	0.25
7		AT-3, 120 MVA, 115/20 kV	16.11.2014	17 / 100	6 / 120	246 / 350	808 / 2500	0 / 50	4 / 65	0 / 35	273 / ≤ 720	-	0.35	0
8		AT-4, 120 MVA, 115/20 kV	15.11.2014	17 / 100	4 / 120	217 / 350	495 / 2500	0 / 50	0 / 65	0 / 35	238 / ≤ 720	-	0.235	-
9	Prashbull	AT-1, 100 MVA, 220/115/20 kV	08.05.2014	0 / 100	1 / 120	125 / 350	1424 / 2500	14 / 50	7 / 65	29 / 35	176 / ≤ 720	2.07	-	2
10		AT-2, 100 MVA, 220/115/20 kV	09.05.2014	0 / 100	1 / 120	37 / 350	1106 / 2500	10 / 50	5 / 65	22 / 35	75 / ≤ 720	2.2	-	2
11	Elbasan1	AT-1, 90 MVA, 220/115/35 kV	08.05.2014	33 / 100	24 / 120	130 / 350	1460 / 2500	6 / 50	124 / 65	0 / 35	317 / ≤ 720	0	0.727	0.048
12		AT-2, 90 MVA, 220/115/35 kV	10.04.2014	152 / 100	49 / 120	641 / 350	4879 / 2500	27 / 50	73 / 65	1 / 35	943 / ≤ 720	0.03	0.322	0.369
13		AT-3, 90 MVA, 220/115/35 kV	22.05.2014	0 / 100	5 / 120	288 / 350	2843 / 2500	13 / 50	2 / 65	0 / 35	308 / ≤ 720	0	-	6.5
14	Elbasan2	AT-1, 300 MVA, 410/220/30 kV, Faza A	24.04.2014	0 / 100	1 / 120	44 / 350	824 / 2500	14 / 50	0 / 65	0 / 35	59 / ≤ 720	0	-	-
15		AT-1, 300 MVA, 410/220/30 kV, Faza B	24.04.2014	0 / 100	0 / 120	36 / 350	749 / 2500	5 / 50	0 / 65	0 / 35	41 / ≤ 720	0	-	-
16		AT-1, 300 MVA, 410/220/30 kV, Faza C	24.04.2014	0 / 100	0 / 120	52 / 350	804 / 2500	5 / 50	0 / 65	0 / 35	57 / ≤ 720	0	-	-
17		AT-2, 300 MVA, 410/220/30 kV, Faza A	17.04.2014	0 / 100	0 / 120	147 / 350	1896 / 2500	9 / 50	0 / 65	0 / 35	156 / ≤ 720	0	-	-
18		AT-2, 300 MVA, 410/220/30 kV, Faza B	17.04.2014	0 / 100	1 / 120	93 / 350	1209 / 2500	4 / 50	0 / 65	0 / 35	98 / ≤ 720	0	-	-
19		AT-2, 300 MVA, 410/220/30 kV, Faza C	17.04.2014	0 / 100	1 / 120	113 / 350	1875 / 2500	8 / 50	0 / 65	0 / 35	122 / ≤ 720	0	-	-
20	Gropaj, Fierze	AT-1, 30 MVA, 220/115/10.5 kV	21.05.2014	0 / 100	0 / 120	39 / 350	1722 / 2500	7 / 50	0 / 65	0 / 35	46 / ≤ 720	0	-	-
21		AT-1, 30 MVA, 220/115/10.5 kV	21.05.2014	21 / 100	0 / 120	407 / 350	1828 / 2500	29 / 50	13 / 65	5 / 35	475 / ≤ 720	0.17	0	2.23
22	Vau Dejes	AT-1, 120 MVA, 220/121/10.5 kV	30.04.2014	0 / 100	9 / 120	446 / 350	1248 / 2500	2 / 50	2 / 65	1 / 35	460 / ≤ 720	0.5	-	1
23		AT-2, 120 MVA, 220/121/10.5 kV	28.05.2014	0 / 100	0 / 120	87 / 350	1351 / 2500	7 / 50	0 / 65	0 / 35	94 / ≤ 720	0	-	-
24	Koplik	AT, 90 MVA, 220/115/35 kV	09.07.2014	42 / 100	8 / 120	477 / 350	5457 / 2500	7 / 50	2 / 65	0 / 35	536 / ≤ 720	0	0.19	3.5
25	Burrel	AT-1, 60 MVA, 220/121/11 kV	12.05.2014	18 / 100	30 / 120	323 / 350	1779 / 2500	7 / 50	97 / 65	0 / 35	475 / ≤ 720	0	1.66	0.072
26		AT-2, 60 MVA, 220/121/10.5 kV	27.05.2014	0 / 100	12 / 120	267 / 350	6830 / 2500	29 / 50	10 / 65	0 / 35	318 / ≤ 720	0	-	2.9
27	TEC Fier	AT-1, 120 MVA, 220/115/35 kV	12.08.2014	0 / 100	3 / 120	146 / 350	2180 / 2500	18 / 50	0 / 65	0 / 35	167 / ≤ 720	0	-	-
28		AT-2, 120 MVA, 220/115/35 kV	21.08.2014	0 / 100	4 / 120	547 / 350	1688 / 2500	0 / 50	0 / 65	0 / 35	551 / ≤ 720	-	-	-
29		AT-3, 120 MVA, 220/115/35 kV	19.08.2014	0 / 100	9 / 120	709 / 350	1530 / 2500	0 / 50	5 / 65	0 / 35	723 / ≤ 720	-	-	0
30	Babice	AT-1, 100 MVA, 220/115/35 kV	28.10.2014	11 / 100	0 / 120	386 / 350	741 / 2500	0 / 50	0 / 65	0 / 35	397 / ≤ 720	-	0	-
31		AT-2, 100 MVA, 220/115/35 kV	29.10.2014	0 / 100	0 / 120	351 / 350	583 / 2500	0 / 50	0 / 65	0 / 35	351 / ≤ 720	-	-	-
32	Zemblak	TR, 150 MVA, 400/115/20 kV	10.11.2014	11 / 100	9 / 120	264 / 350	1581 / 2500	2 / 50	9 / 65	0 / 35	295 / ≤ 720	0	0.818	0.222

Literatura

1. Profesor J R Lucas, Histotical Development of the Transformer, Lecture 14 November 2000.
2. Ymer Luga, Makinat eletrike, Transformatorët.
3. Nako Hobdari, Petraq Vasili, Teknika e Tensioneve të Larta.
4. N.A. Muhamad, B.T. Phung, T.R. Blackburn, K.X Lai, Comparative Study and Analysis of DGA Methods for Transformer Mineral Oil, The University of New South Wales, School of Electrical Engineering and Telecommunications, Sydney Australia.
5. 4 Dr.M.N.Bandyopadhyay, Transformer diagnostics in the practical field.
6. DGA based Power Transformer Incipient Fault Diagnosis.
7. Condition Monitoring of Power Transformers using DGA and Fuzzy Logic, 2009 IEEE Electrical Insulation Conference, Montreal, QC, Canada, 31 May - 3 June 2009.
8. Danny Bates Alabama Power Company, DGA in a Box A Utility's Perspective.
9. United States department of the Interior Bureau of Reclamation Technical Service Center Infrastructure Services Division Hydroelectric Research and Tenchnical Services Group Denver, Colorado. Transfomes Basics, Maintenance, and Diagnostics, April 2005.
10. Nancy J. Lybeck, Vivek Agarwal, Binh T.Pham, Heather D. Medema, KirkFitzgerald, Online Monitoring Technical Basis and Analysis Framework for Large Power Transformers; Interim Report for September 2012.
11. Seifeddine Souahlia, Khmais Bacha, Abdelkader Chaari, Artificial Intelligence Tools Aided-decision for Power Transformer Fault Diagnosis, January 2012.
12. Lecture of Miguel Ceballos, Transformer Oil-DGA from sampling to analysis.
13. Chapter 5 of Naidu's book, Applications of Insulating Materials.
14. Zane Satterfield, P.E. NESC Engineering Scientist.
15. Materiale dhe foto të ndryshme të marra nga Wikipedia.
16. Materiale të përdorura nga manualët e aparatit TOGA.
17. Griffin, P.J. (1998) Criteria for the Interpretation of Data for Dissolved Gases in Oil from Transformers (A Review). Special Technical Publication 998, ASTM, Philadelphia, 89-107.
18. Suleiman, A.A., et al. (2012) Improving Accuracy of DGA Interpretation of Oil-Filled Power Transformers Needed for Effective Condition Monitoring. IEEE International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, Bali, 23-27. September 2012, 374-378.
19. Lewand, L.R. and Griffin, P.J. (2000) The Effective Use of Laboratory Analysis of Insulating Oil as a Maintenance Tool. Proceedings of the Sixty-Seventh Annual International Conference of Doble Clients, Watertown, 27-31 March 2000, Sec 5-8.
20. Pradhan, M.K. and Ramu, T.S. (2004) Criteria for Estimation of End of Life of Power and Station Transformers in Service, Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, CEIDP. Annual Report Conference, Boulder, 17-20 October 2004, 220-223.
21. William H. Bartley, P.E. (2004) An Analysis of Transformer Failures. Part 2. Hartford Steam Boiler Inspection and Insurance Company.
<https://www.hsb.com/TheLocomotive/Article.aspx?id=169&terms=Bartley>

22. Chen, Q.M. and Egan, D.M. (2006) A Bayesian Method for Transformer Life Estimation Using ding' Hazard Function. *IEEE Transactions on Power Systems*, 21, 1954-1965. <http://dx.doi.org/10.1109/TPWRS.2006.881129>
23. Ding, X.Q. and Cai, H. (2001) On-Line Transformer Winding's Fault Monitoring and Condition Assessment. *Proceedings of 2001 International Symposium on Electrical Insulating Materials (ISEIM 2001)*, Himeji, 19-22 November 2001, 801-804.
24. McGrail, T. and Wilson, A. (1997) On-Line Gas Sensors. IEE Colloquium on Condition Monitoring of Large Machines and Power Transformers, London, 19 June 1997, 1/1-1/4.
25. Sun, H.-C., Huang, Y.-C. and Huang, C.-M. (2012) A Review of Dissolved Gas Analysis in Power Transformers. *Energy Procedia*, 14, 1220-1225. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2011.12.1079>
26. Stebbins, R.D., Kelly, J.J. and Myers, S.D. (1997) Power Transformer Fault Diagnosis. IEEE PES WM, Panel Session, New York, 6 February 1997, 463-468.
27. IEEE Standards C57.104-1991. IEEE Guide for the Interpretation of Gases Generated in Oil-Immersed Transformers, 1991.
28. IEC Standards 60599 (1999) Mineral Oil-Impregnated Electrical Equipment in Service—Guide to the Interpretation of Dissolved and Free Gases Analysis. Second Edition.
29. Franzén, A. and Karlsson, S. (2007) Failure Modes and Effects Analysis of Transformers. Technical Report TRITA-EE 2007:040, KTH School of Electrical Engineering.
30. Rogers, R.R. (1975) UK Experiences in the Interpretation of Incipient Faults in Power Transformers by Dissolved Gas-in-Oil Chromatography Analysis (A Progress Report). Minutes of Forty-Second International Conference of Doble Clients, Section 10-201
31. Rogers, R.R. (1978) IEEE and IEC Codes to Interpret Incipient Faults in Transformers, Using Gas in Oil Analysis. *IEEE Transactions on Electrical Insulation*, EI-13, 349-354. <http://dx.doi.org/10.1109/TEI.1978.298141>
32. IEEE Guide for the Interpretation of Gases Generated in Oil-Immersed Transformers—Redline. IEEE Std C57.104-2008 (Revision of IEEE Std C57.104-1991)-Redline, pp. 1-45, 2009.
33. Abu-Siada, A. and Islam, S. (2012) A New Approach to Identify Power Transformer Criticality and Asset Management Decision Based on Dissolved Gas-in-Oil Analysis. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, **19**, 1007-1012. <http://dx.doi.org/10.1109/TDEI.2012.6215106>
34. Beykverdi, M., Faghihi, F. and Pour, A.M. (2014) A New Approach for Transformer Incipient Fault Diagnosis Based on Dissolved Gas Analysis (DGA). *Nova Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3, 1-7. www.novaexplore.com
35. IEC Standards 60300-3-11. Application guide - Reliability centered maintenance, first edition, Mars 1999.
36. N.VEERANJJI REDDY, Dissolved Gas Analysis—An Early Identification of Faults in High Voltage Power Equipment using MATLAB GUI, Master Thesis, May 2014.
37. Németh, B.; Laboncz, S.; Kiss, I.; Csépes, G.; , "Transformer condition analyzing expert system using fuzzy neural system," *Electrical Insulation (ISEI)*, Conference

Record of the 2010 IEEE International Symposium on , vol., no., pp.1-5, 6-9 June 2010.

38. Saha, T.K.; , "Review of modern diagnostic techniques for assessing insulation condition in aged transformers," Dielectrics and Electrical Insulation, IEEE Transactions on , vol.10, no.5, pp. 903- 917, Oct. 2003.
39. IEEE-Institute of Electrical and Electronics Engineer-"IEEE guide for the interpretation of gases generated in oil immersed transformer"IEEE Std C57.104-2008.
40. MA. Senoussaoui, MN. Brahami, M. Brahami and IS. Bousmaha Intelligent Control and Electrical Power Systems Laboratory, ICEPS Djillali Liabes University, UDL Sidi Bel Abbas, Algeria "Improved Gas Ratios Models for DGA Interpretation Using Artificial Neural Networks"DOI: 02.WCMCS.2013.1.24.
41. Siva Sarma, D.V.S.S.; Kalyani, G.N.S.; , "ANN approach for condition monitoring of power transformers using DGA,"TENCON 2004. 2004 IEEE Region 10 Conference , vol.C,no., pp. 444- 447 Vol. 3, 21-24 Nov. 2004.
42. Fu Yang; Zhang liang; , "Comprehensive method detecting the status of the transformer based on the artificial intelligence," Power System Technology, 2004. PowerCon2004. 2004 International Conference on , vol.2, no., pp.1638-1643 Vol.2, 21-24 Nov. 2004.