Analizatori snage

Mihaljević, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:723072

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Stručni studij

ANALIZATORI SNAGE

Završni rad

Josip Mihaljević

Osijek, 2016.

ETFOS
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET OSIJEK
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Obrazac Z1S: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za obranu završnog rada na preddiplomskom stručnom studiju

Osijek, 08.07.2016.

Odboru za završne i diplomske ispite

Imenovanje Povjerenstva za obranu završnog rada na preddiplomskom stručnom studiju

Ime i prezime studenta:	Josip Mihaljević
Studij, smjer:	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika
Mat. br. studenta, godina upisa:	1646/A 3646, 01.10.2008.
Mentor:	Mr.sc. Dražen Dorić
Sumentor:	
Predsjednik Povjerenstva:	Doc.dr.sc. Marinko Barukčić
Član Povjerenstva:	Mr.sc. Venco Ćorluka
Naslov završnog rada:	Analizatori snage
Znanstvena grana rada:	**Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)**
Zadatak završnog rada	Brza promjena parametara električne energije u modernim industrijskim sustavima traži odgovarajuću opremu za praćenje tih parametara. Analizatori snage su nastali nadogradnjom digitalnih vatmetara,, ugradnjom brzog hardvera, većeg displeja i odgovarajućeg softvera. Osim mjerenja snage, omogućena je realizacija različitih drugih funkcija. U okviru završnog rada potrebno je napraviti pregled izvedbi analizatora snage, pregled uobičajenih i naprednih značajki te prikazati jedan ilustrativan primjer uređaja.
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (završnog rada):	Vrlo dobar (4)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 Jasnoća pismenog izražavanja: 3 Razina samostalnosti: 2
Datum prijedloga ocjene mentora:	08.07.2016.

Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:14.07.2016.

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET OSIJEK
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 14.07.2016.

Ime i prezime studenta:	Josip Mihaljević
Studij:	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika
Mat. br. studenta, godina upisa:	1646/A 3646, 01.10.2008.
Ephorus podudaranje [%]:	

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom**: Analizatori snage**

izrađen pod vodstvom mentora Mr.sc. Dražen Dorić

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.

Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

Sadržaj

1 UVOD 1

2 MJERENE VELIČINE ANALIZATORA SNAGE 3

2.1. Mjerenja u vremenskoj domeni 3

2.1.1. Poluizravna i posredna mjerenja snage 6

2.1.2. Napon i struja trofaznog sustava 7

2.2. Mjerenja u frekvencijskoj domeni 11

2.3. Kvaliteta električne energije 13

2.4. Specijalne funkcije 15

3. **PRIMJER ANALIZATORA SNAGE - UREĐAJ FLUKE NORMA 4000/5000** 18

3.1. Primjene 19

3.2. Osnovne funkcije 21

3.2.1. Mjerne metode za detaljne analize 22

4. ISPITIVANJE ELEKTRO-MOTORA 24

4.1. Prikupljanje podataka 25

4.2. Obrada podataka 26

5. ISPITIVANJE TRANSFORMATORA 28

5.1.1. Ispitivanje transformatora metodom kratkog spoja 29

6. ZAKLJUČAK 31

7. LITERATURA 32

8. SAŽETAK 33

1 UVOD

U današnje vrijeme moderni industrijski sustavi zahtijevaju odgovarajuću opremu za praćenje različitih veličina koje su podložne brzim promjenama. Tako su nadogradnjom digitalnih vatmetara nastali analizatori snage.

Analizatori snage, osim mjerenja snage, ugradnjom brzog hardvera i odgovarajućeg softvera s većim displejom omogućuju realizaciju različitih funkcija: numerički prikaz trenutnih i pohranjenih efektivnih vrijednosti napona, struje i frekvencije; numerički prikaz trenutnih i pohranjenih efektivnih vrijednosti snage (djelatne, jalove, prividne) kao i faktora snage i energije; prikaz oscilograma mjernih vrijednosti, grafički i numerički prikaz viših harmonika za mjerene napone, struje i snage te trend njihove promjene; razne specijalne funkcije za mjerenja rada motora, transformatora i mreže po fazama s prikazom vektora i drugo.

S vremenom se tehnologija sve više razvija i primjetan je napredak na području energetske elektronike. To sve dovodi do većih zahtjeva na tvrtke koje se bave elektroprivrednim djelatnostima. Iako se uvode sve stroža ograničenja po pitanju utjecaja na okoliš određena liberalizacija tržišta dovela je do toga da elektroenergetski sustavi rade punim kapacitetima na granici svojih mogućnosti. Takvi sustavi moraju biti praćeni i na njima se moraju vršiti razne analize, a jedna od najvažnijih je kvaliteta električne energije.

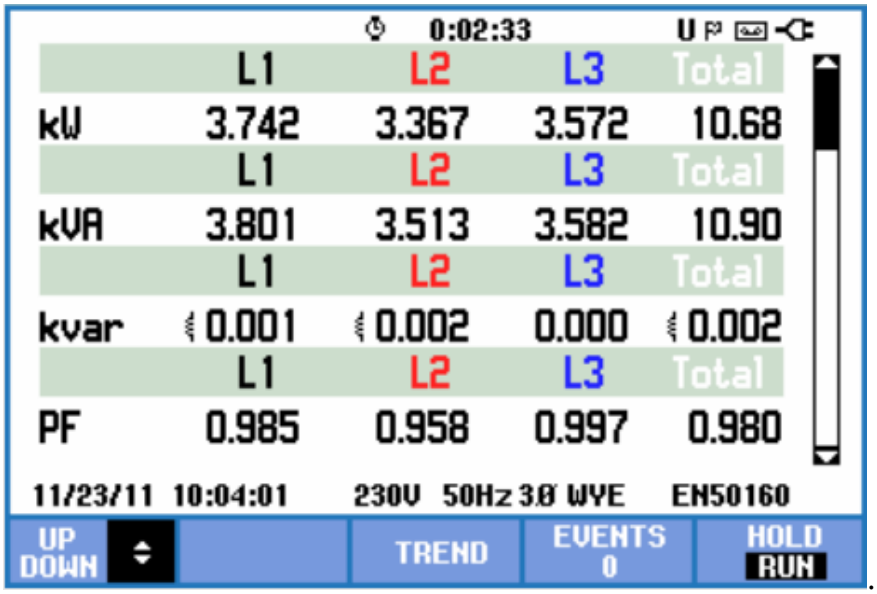
Kada se govori o problematici trofaznih sustava, ona se najviše tiče izvora izmjenične električne energije, faznim i linijskih strujama i naponima te snazi. Snaga trofaznog sustava je zbroj snaga koje se troše na pojedinim fazama trošila, odnosno to je snaga koja se potroši u trofaznom trošilu. Snagu u trofaznom sustavu može se predstaviti s tri pojedinačne komponente: djelatna snaga (P), jalova snaga (Q) i prividna snaga (S). Dosadašnji načini ispitivanja rada standardnim metodama kao i mjerenja učinkovitosti ne daju adekvatne rezultate. Potrebna su stalna i detaljna snimanja koja omogućavaju analizu u realnom vremenu radi određivanja aktivne i reaktivne snage, njihovu vrijednost i vremenski dijagram u vremenskoj i frekvencijskoj domeni, te obradu u svrhu određivanja kvalitete električne energije u skladu s normiranim zahtjevima.

Za navedena ispitivanja moguće je korištenje različitih sofisticiranih uređaja ili jednog koji pokriva sve navedene zahtjeve, analizatora snage, koji je kao uređaj i tema ovog završnog rada. Zadatak ovog rada je pregled pojedinih vrsta izvedbi analizatora snage, njegovih značajki i prikaz njegovog rada putem jednog ilustrativnog primjera.

Zadatak je obrađen u pet poglavlja. U poglavlju mjerenih veličina opisano je mjerenje snage, struje, i napona. Također je objašnjeno mjerenje u vremenskoj i frekvencijskoj domeni ta pojam kvalitete električne energije. Kao ilustrativan primjer analizatora snage je odabran Fluke Norma 4000/5000, a u 4. i 5. poglavlju je prikazano ispitivanja elektromotora i transformatora, kao najčešćih objekata ispitivanja.

2 MJERENE VELIČINE ANALIZATORA SNAGE

Moderni analizatori snage su namijenjeni za mjerenje električnih veličina u vremenskoj domeni (struje, naponi, snage, energija, itd.) i to trenutne vrijednosti kao i u formi vremenskog dijagrama odnosno oscilograma i fazorskog dijagrama, zatim u frekvencijskoj domeni (spektri struje, napona i snage) kao i za analizu kvalitete električne energije. Osim toga, razvijene su i razne specijalne funkcije koje mogu biti od koristi pri nekim specifičnim mjerenjima ili ispitivanjima. Analizatori nude opsežan i moćan set mjerenja za analizu snage distribucijskih sustava . Neki daju opći dojam izvedbe elektroenergetskog sustava a druge se koriste za ispitivanje određenih detalja



Slika 2. Analizator snage – veličine mjerernih komponenti snage

2.1. Mjerenja u vremenskoj domeni

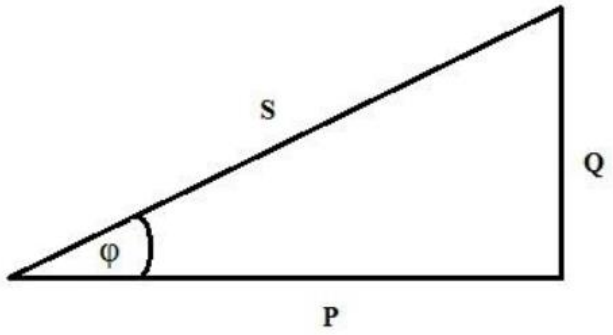
Snaga trofaznog sustava definirana je kao ukupna snaga koja se utroši u trofaznom trošilu izmjenične struje. Ukupna snaga dobije se zbrajanjem snaga na pojedinim fazama trošila.

$$P = P_{F1} + P_{F2} + P_{F3}$$

$$Q = Q_{F1} + Q_{F2} + Q_{F3}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Pomoću trokuta snage (slika 2.1) mogu se prikazati sve snage i njihovi izvodi, a trokut olakšava proračunski dio. Prividna se snaga, tako može dobiti pomoću Pitagorinog poučka. Hipotenuza predstavlja prividnu snagu, a djelatnu i radnu snagu predstavljaju ostale dvije stranice trokuta. Preko trokuta snage putem trigonometrijskih funkcija može se izračunati zadani faktor snage. Ispisivanjem svih početnih formula za trofazni sustav dalje je moguće dobiti izvedene formule snage koje se traže.



Slika 2.1. Trokut snage

Za trokut snaga sa slike 2.2 vrijede najčešće korišteni izrazi:

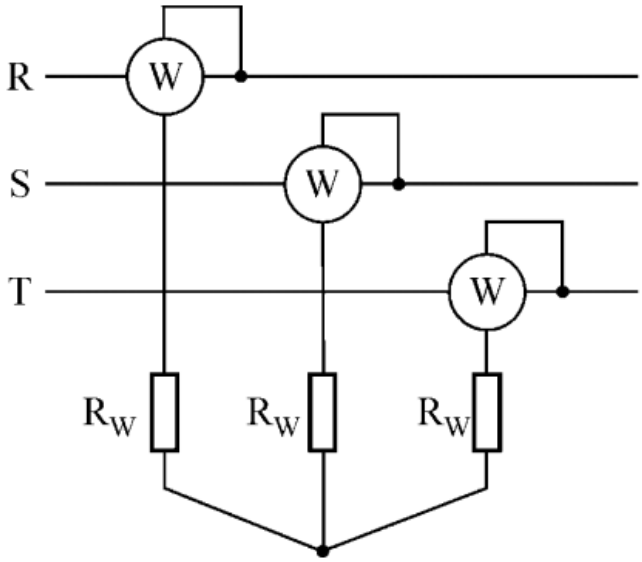
$$cos\ \varphi = \frac{P}{S}$$

$$\sin \varphi = \frac{Q}{S}$$

$$S = \sqrt{P^2+Q^2}$$

gdje je *cosφ* faktor snage.

Trofazni sustav može biti četverožični ili trožični (bez nulvodiča). Trožični sustavi se uglavnom koriste u visokonaponskim mrežama i tada se prijenos električne energije vrši pomoću tri vodiča bez nulvodiča , dok se četverožični koristi u niskonaponskim mrežama. Snaga simetrično opterećenog četverožičnog sustava se može mjeriti pomoću jednog vatmetra spojenog jednim parom stezaljka na jednu fazu i na nulvodič (naponske stezaljke) i s drugim parom stezaljki spojenim serijski na fazu (strujne stezaljke) pa se taj iznos dobivene snage onda pomnoži sa 3 i dobije se ukupna snaga sustava. Rw je otpor vatmetra, nije ga potrebno iskazivati u shemama ili u slučaju spajanja vatmetra u praksi dodavati dodatni otpor u granu naponske stezaljke.



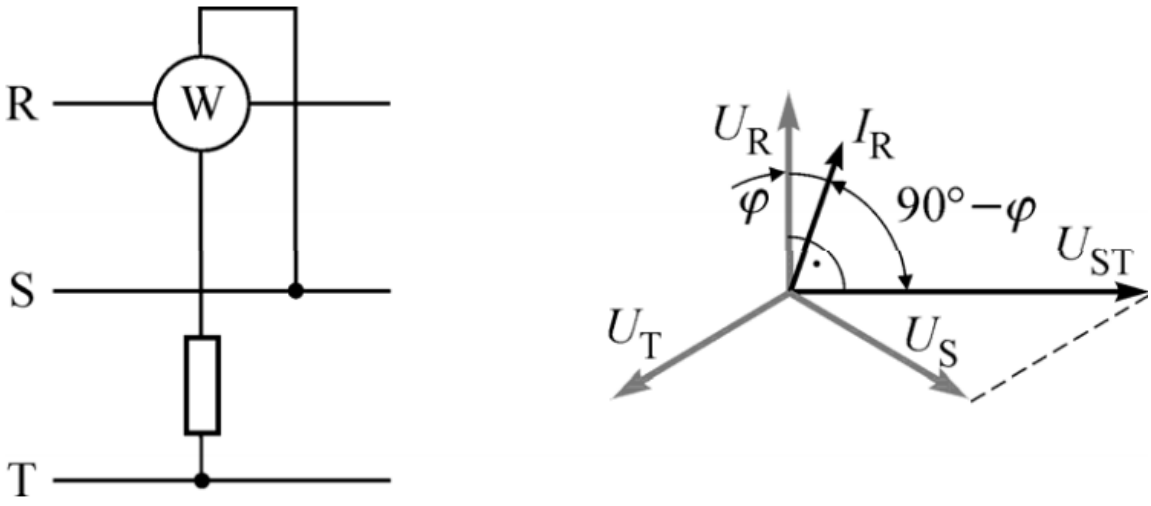
Slika 2.2. Mjerenje djelatne snage metodom triju vatmetara (trožično)

Ako je trošilo nesimetrično potrebno je mjeriti snagu svake faze posebno, pri tome se koriste tri vatmetra, svaki za po jednu fazu kao na sl2.2. Ukupna snaga se tada dobiva zbrojem snaga svih watmetara. Također se može koristiti i jedan vatmetar, ali uz posebnu preklopku koja se može prebacivati iz faze u fazu.A ako je riječ o trožičnom nesimetričnom sustavu, naponske stezaljke vatmetra se mogu spojiti zajedno i tako stvoriti umjetnu nultočku sustava, ali je pri tome jako bitno da su otpori *Rw* naponskih grana svih vatmetara jednaki. U slučaju korištenja jednog vatmetra naponske grane preostala dva se mogu zamijeniti dvama otpornicima otpora *R* jednakog otporu vatmetra *RW*. 0` je umjetna nultočka.

Mjerenje jalove snage izmjenične struje trofaznog trošila se vrši vatmetrom kojem je naponska grana priključena na linijski napon U_{st} koji je pomaknut za 90° prema faznom naponu U_r .(sl.2.3). Pri tome treba uzeti u obzir da je linijski napon za veći od faznog pa za slučaj simetričnog tereta vrijedi:

$$Q = 3\frac{U_{ST}}{\sqrt{3}} I_R \cos(90^0 - \varphi) = \sqrt{3}\, U_{ST}\, I_R \sin\varphi$$

Kod nesimetričnog tereta se može koristiti metoda sa 3 vatmetra.

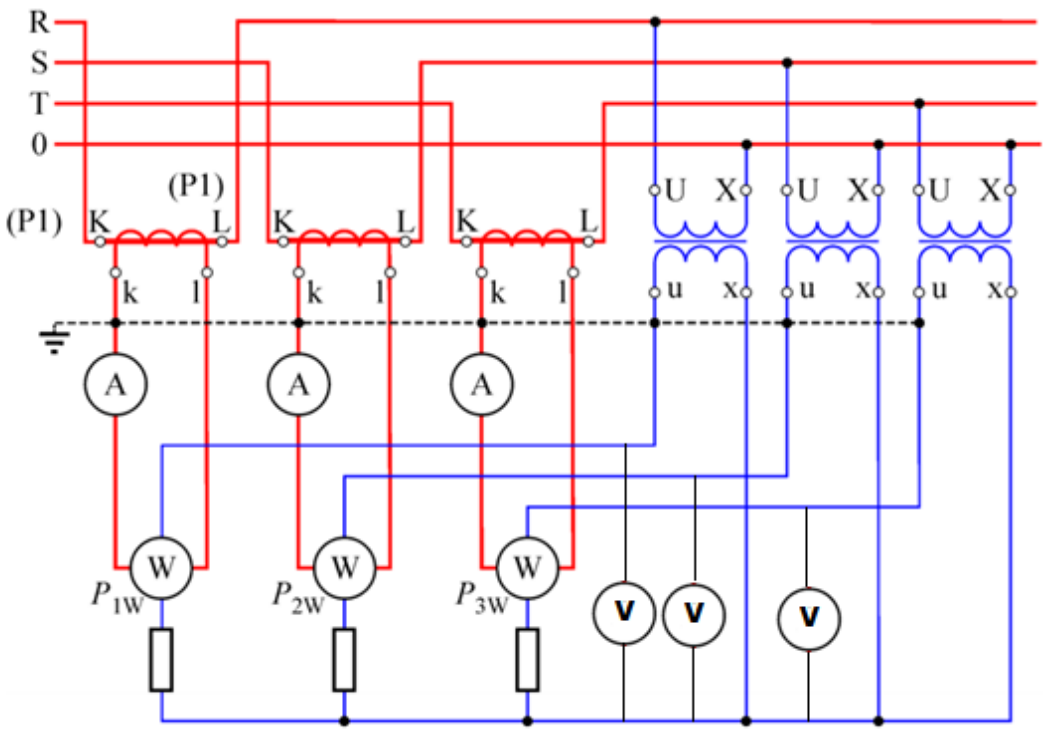


Slika 2.3. Mjerenje jalove snage trofaznog sustava pri simetričnom opterećenju

2.1.1. Poluizravna i posredna mjerenja snage

Kod svih spojeva dosada, za mjerenje snage trofaznog sustava između strujnog i naponskog svitka elektrodinamskog instrumenta javlja se puni linijski napon. Opasnost od proboja između svitaka ograničava izravnu uporabu prethodnih spojeva samo na niže napone.

Pošto se kod viših struja može desiti proboj između svitaka, strujni dovodi i stezaljke pa i sami vatmetri za veće struje su posebne izvedbe. Gornja granica izravnog opterećenja strujne grane vatmetara je oko 50 A. Za veće struje je gornja granica uvijek veća iznad 20 A, pa se rabe strujni mjerni transformatori kako bi se struja trošila transformirala na iznos prikladan za mjerenje. Na jednak se način spajaju vatmetri preko strujnih mjernih transformatora pri mjerenju snage trofaznih sustava. Takva se mjerenja nazivaju poluizravnima i koriste se kod nižih napona(sl.2.4) .[1][2]

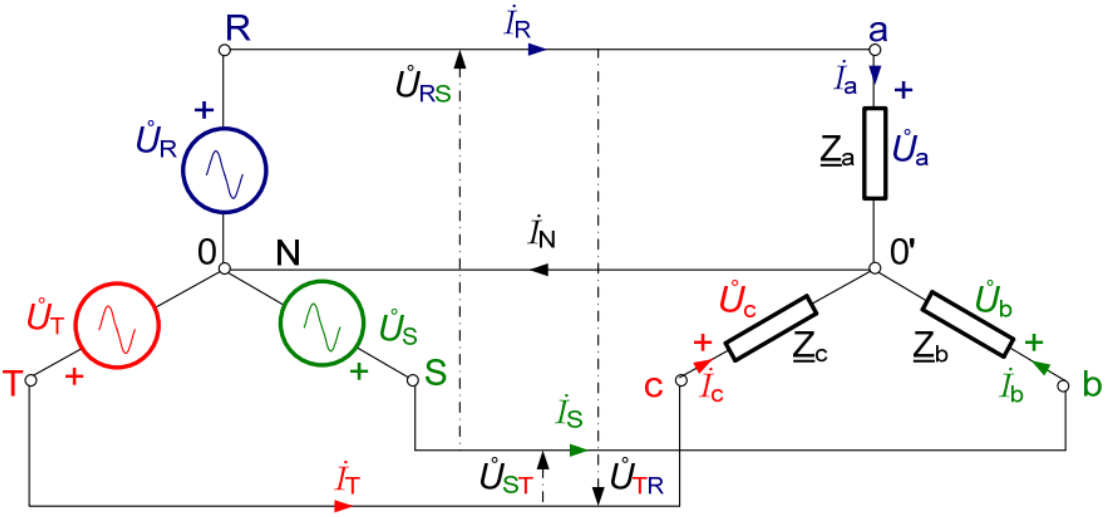


Slika 2.4. Posredno mjerenje snage trofaznog sustava pomoću strujnih mjernih transformatora

Ako se ovakav spoj ispravno ne napravi, mogu se pojaviti opasni naponi. Između primarnog i sekundarnog namota može doći do proboja izolacije i javlja se visoki napon na sekundaru. Ako nema uzemljena visoki napon se unatoč izolaciji pojavljuje u sekundaru zbog kapacitivne veze između primarnog i sekundarnog namota. Ti kapaciteti čine djelitelj napona koji drži sekundarni namot na visokom potencijalu.[3]

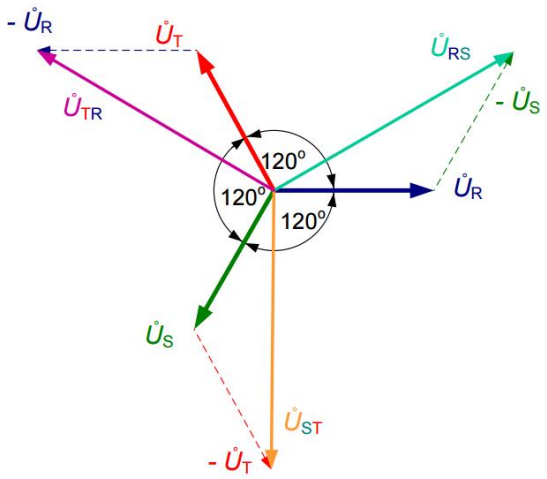
2.1.2. Napon i struja trofaznog sustava

Jednofazni izvori i trošila povezuju se u dva osnovna spoja, spoj u zvijezdu i spoj u trokut. Kod zvijezda spoja (sl.2.5) krajevi 3 naponska izvora povežu se u jednu zajedničku točku (zvjezdište) koju zovemo nultočka izvora. Krajevi 3 trošila povežu se u jednu zajedničku točku, a početci 3 naponska izvora povežu se s početcima 3 trošila. Sva tri povratna vodiča (izvor-trošilo) povezuju se u jedan vodič ili nul vodič (sl.2.6).



Slika.2.5. Zvijezda spoj izvora i trošila

Naponi između pojedinih faza izvora i nultučke izvora nazivaju se fazni naponi. Fazne struje su struje koje prolaze kroz pojedine faze izvora. Linijske struje su struje koje prolaze kroz pojedine linije, a u zvijezda spoju su jednake faznim strujama. Linijski naponi su razlike potencijala između pojednih linija (sl.2.5.).



Slika 2.5. Linijski naponi – zvijezda spoj

Svi linijski naponi su po iznosu jednaki. Iznos linijskih napona:

$$U_l = 2 \cdot U_f \cdot \cos(30^\circ) = 2 \cdot U_f \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} \cdot U_f \qquad \boxed{U_l = \sqrt{3} \cdot U_f}$$

Za simetrično trošilo struja kroz nul vodič iznosi 0 pa nul vodič nije nito potreban jer se struje faza poništavaju u nul točkama izvora i trošila. Za nesimetrično trošilo struja svake faze je drugačijeg iznosa i faznog pomaka (vidljivo na vektorskom prikazu sl2.6). pa će kroz nul vodič teći struja:

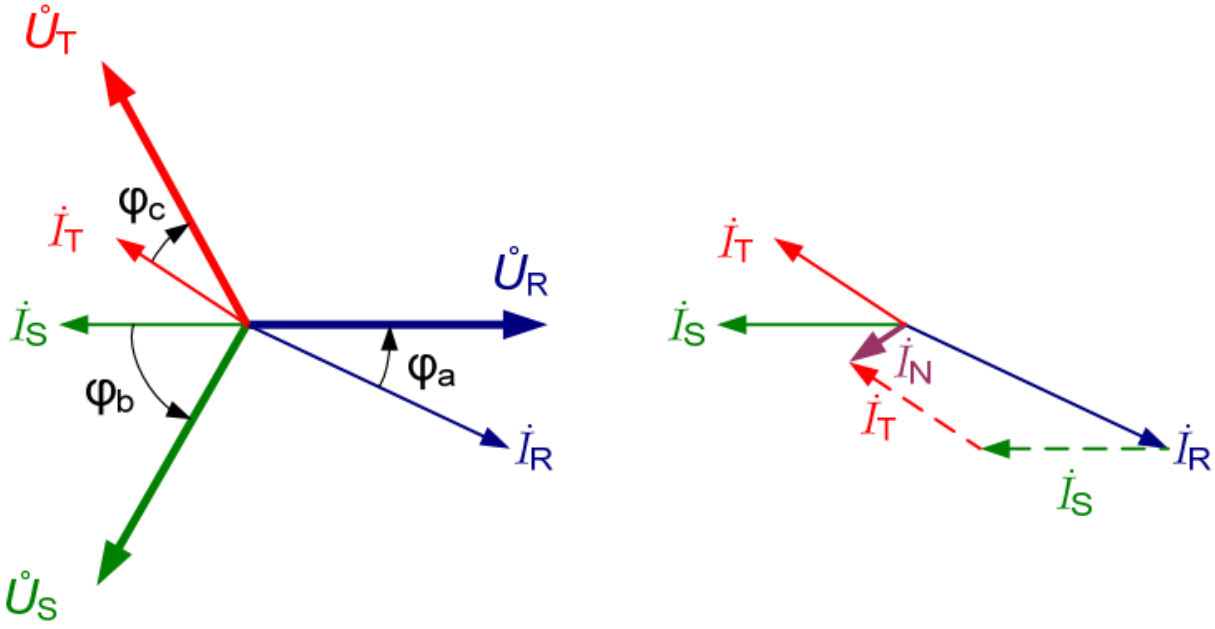
$$\dot{I}_a = \dot{I}_R = \frac{\dot{U}_a}{Z_a} = \frac{\dot{U}_R}{Z_a} = \frac{U_f}{|Z_a|\angle\varphi_a} = \frac{U_f}{|Z_a|}\angle -\varphi_a = I_R\angle -\varphi_a$$

$$\dot{I}_b = \dot{I}_S = \frac{\dot{U}_b}{Z_b} = \frac{\dot{U}_S}{Z_b} = \frac{U_f\angle -120^o}{|Z_b|\angle\varphi_b} = \frac{U_f}{|Z_b|}\angle -120^o - \varphi_b = I_S\angle -120^o - \varphi_b$$

$$\dot{I}_c = \dot{I}_T = \frac{\dot{U}_c}{Z_c} = \frac{\dot{U}_T}{Z_c} = \frac{U_f\angle -240^o}{|Z_c|\angle\varphi_c} = \frac{U_f}{|Z_c|}\angle -240^o - \varphi_c = I_T\angle -240^o - \varphi_c$$

$$I_R = \frac{U_f}{|Z_a|} \;;\; I_S = \frac{U_f}{|Z_b|} \;;\; I_T = \frac{U_f}{|Z_c|}$$

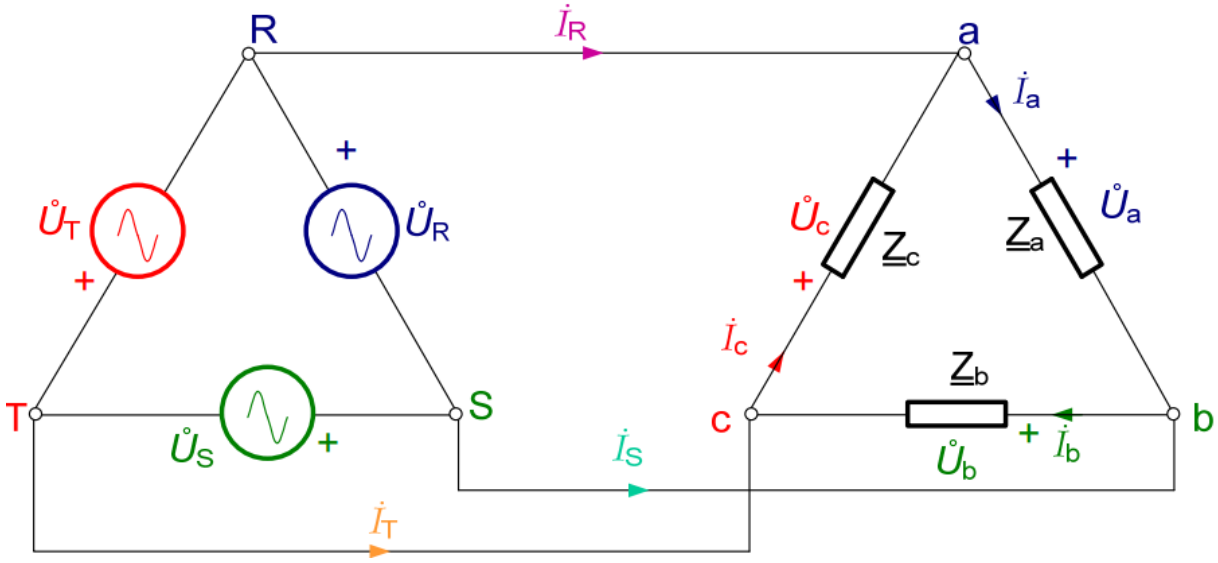
$$\dot{I}_N = \dot{I}_R + \dot{I}_S + \dot{I}_T \neq 0$$



Slika 2.6. Vektorski prikaz struje

Struja je manjeg iznosa nego pojedine fazne struje pa se nul vodič stoga dimenzionira na manji presjek nego fazni vodič.

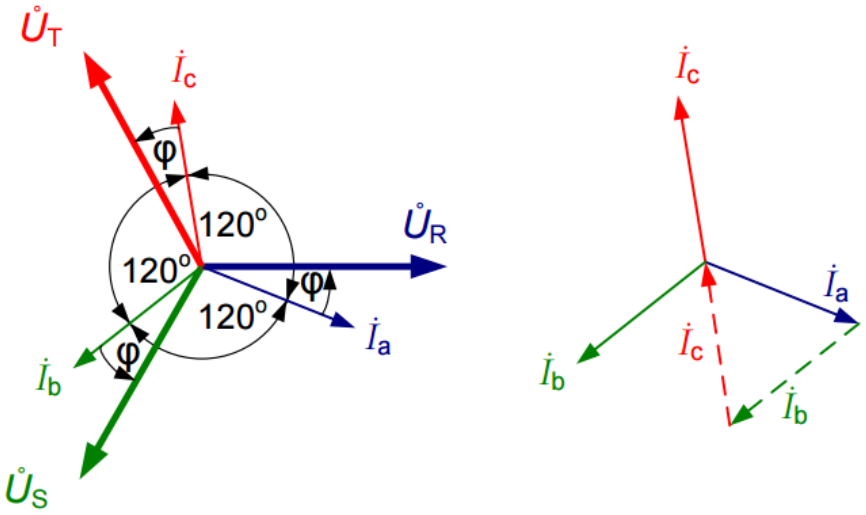
Kod trokut spoja se krajevi izvora, odnosno impendancija trošila povezuju tako da tvore električnu shemu u obliku trokuta.(sl.2.7)



Slika 2.7. Trokut spoj izvora i trošila

S dvije linije fazni naponi izvora prenose se na faze trošila i jednaki su faznim naponima na trošilu, dakle vrijedi $U_l = U_f$.

Kod simetričnog trošila zbroj faznih struja je jednak nula (sl.2.9)



Slika 2.9. fazne struje simetričnog trošila – trokut spoj

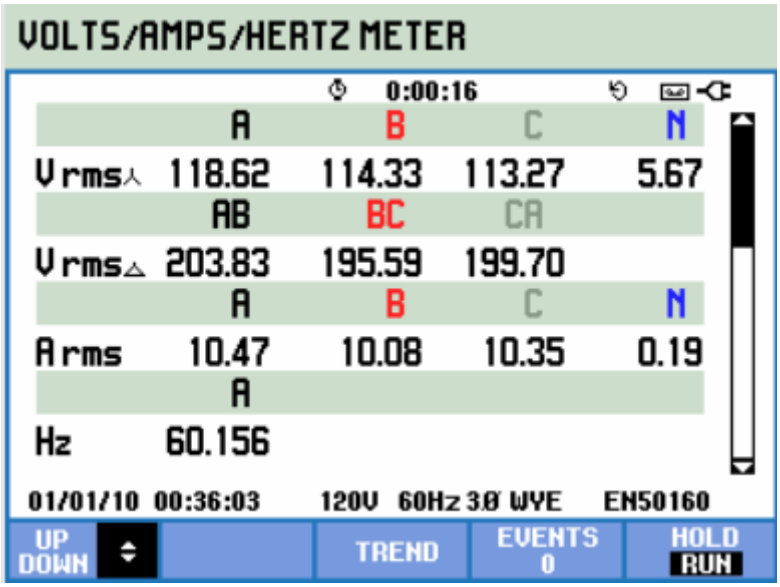
Linijske struje su razlika faznih struja trošila, a njihov zbroj je jednak nula. Sve linijske struje su po iznosu jednake: Iznos linijskih struja se računa:

$$I_l = 2 \cdot I_f \cdot \cos(30^o) = 2 \cdot I_f \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} \cdot I_f$$

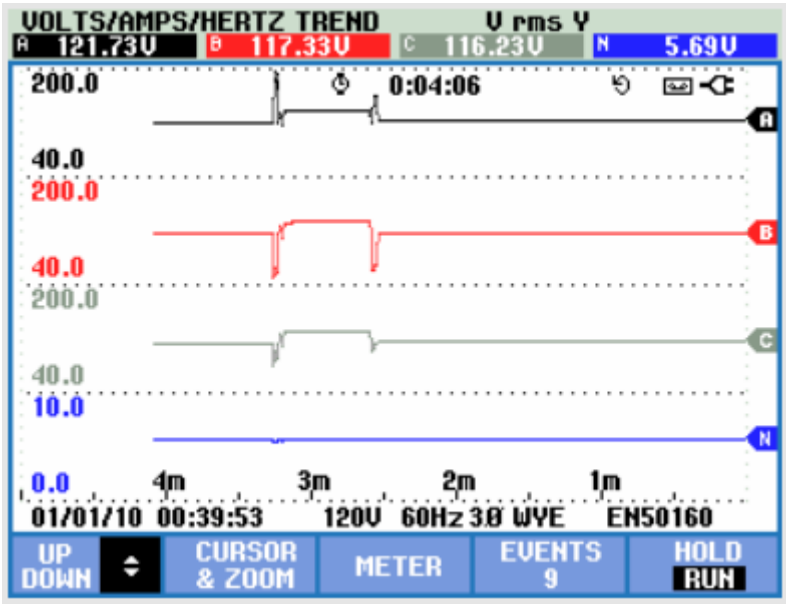
Nesimetrično trošilo u trokut spoju rješava se istim postupkom kao i simetrično s tim da onda vrijedi:

$$\dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c \neq 0 \qquad \dot{I}_R + \dot{I}_S + \dot{I}_T = \dot{I}_a - \dot{I}_c + \dot{I}_b - \dot{I}_a + \dot{I}_c - \dot{I}_b = 0$$

Analizator snage pruža mogućnost očitavanja veličine napona i struje i prikaz numeričkih mjerenih vrijednosti (sl.2.10.a) ali i očitavanje promjena veličina tijekom vremena (sl.2.10.b)



Slika 2.10.a) numerički prikaz vrijednost napona i struje



Slika 2.10.b) promjene napona i struje u vremenu

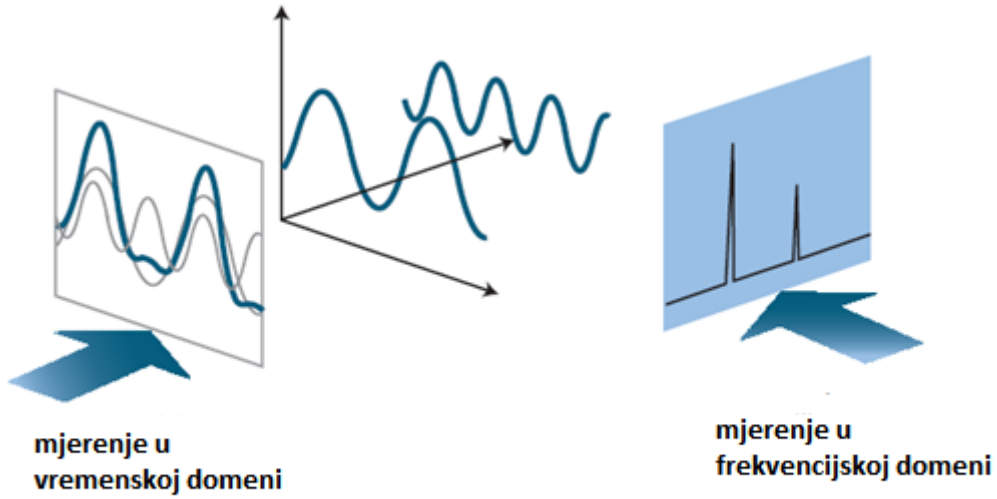
2.2. Mjerenja u frekvencijskoj domeni

Spektralna analiza je osnovna metoda prebacivanja signala snimljenih u vremenskoj domeni u frekvencijsku domenu. Analizom signala u frekvencijskoj domeni, kao što su struje,vibracije itd. moguće je otkriti različite kvarove. Prebacivanje signala u frekvencijsku

domenu predstavlja prikaz spektra frekvencija snimljenog signala i odgovarajućih amplituda. Osnova metode je brza Fourierova transformacija. Na temelju Fourierovog raščlanjivanja signala u sumu harmonika može se signal pokazati u frekvencijskoj domeni

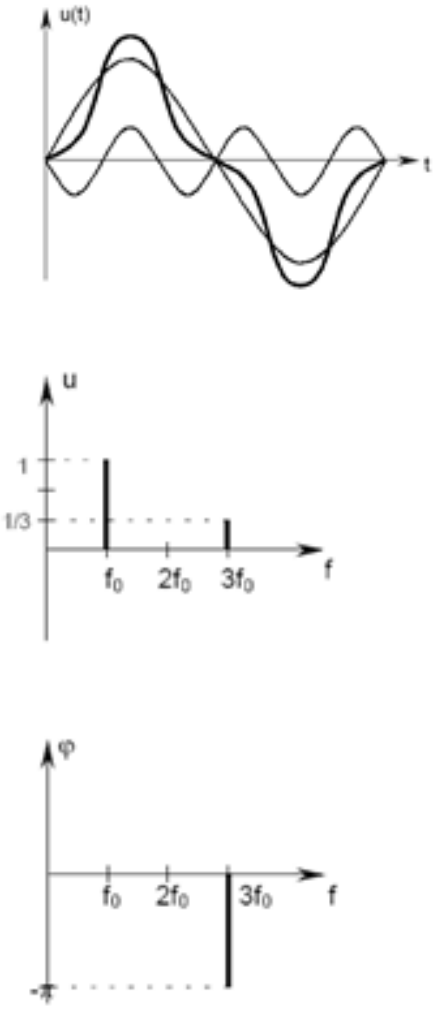
$$u(t) = U_0 + \sum_{n=1}^{\infty} U_{mn} \cdot \sin(n \cdot \omega_0 \cdot t + \varphi_n)$$

Za prikaz cjelovite informacije potrebna su dva dijagrama: amplitudni spektar i fazni spektar kao što je prikazano na slici 2.11.



Slika 2.11. odnos između vremenske i frekvencijske domene

U amplitudnom spektru su prikazane amplitude pojedinih harmonika signala, a u faznom spektru njihovi fazni pomaci u odnosu na početno vrijeme promatranja(sl.2.12) .[1][2][4][5]



Slika 2.12. Jednostavan primjer spektralne analize – amplitudne i fazne

2.3. Kvaliteta električne energije

Kako bi trošilo ispravno radilo i kako bi se osigurala pogonska sigurnost trošila potrebno je znati parametre koji određuju kvalitetu električne energije te definirati te iste parametre. Karakteristika električne energije je da na njezinu kvalitetu utječe u većoj mjeri potrošač nego proizvođač ili isporučitelj.

Obveze isporučitelja i potrošača definiraju se međunarodno prihvaćenim normama koje pak govore kako isporučitelj električne energije ima zadatak isporučivati električnu energiju određene kvalitete prema normi EN 50160, a potrošač ne smije uzrokovati smetnje iznad granica dozvoljenih IEC normama serije IEC 61000-x-y .

Norma EN 50160 definira i opisuje bitne značajke razdjelnog napona na mjestu predaje potrošaču u javnim niskonaponskim i srednjenaponskim mrežama pri normalnim

pogonskim uvjetima. Ova norma se u potpunosti može nadomjestiti ugovorom (dogovorom) između pojedinog potrošača i isporučitelja električne energije. Svrha ove norme je utvrditi i opisati obilježja razdjelnog napona glede frekvencije, veličine, oblika krivulje i simetrije triju napona faznih vodiča. Pojedine pojave koje utječu na opskrbni napon su potpuno nepredvidive, tako da nije moguće za odgovarajuće značajke navesti čvrste vrijednosti. Ovom normom strogo su definirane samo neke značajke niskog napona dok se za neke značajke daju tek orijentacijske vrijednosti budući su spomenuti parametri i inače varijabilni, te se u nekim slučajevima i unaprijed dogovaraju. Najvažniji parametri električnog napona koji nam pomažu u praćenju kvalitete električne energije su: • kolebanje napona ; •treperenje (fliker): kratkotrajno (Pst) i dugotrajno (Plt) ; •harmonici: od 2., do 40. ; •naponi signaliziranja (Ripple Control – signalni upravljački naponi), međuharmonici, MTU, ; •frekvencija opskrbnog napona ; • nesimetričnost (asimetričnost) napona ; •naponski propadi (Dips) i/ili udarna prijelazna stanja (Surges), previsoki naponi (prenaponi) ; •prekidi opskrbe. Prethodno spomenuti parametri električnog napona te njihove preporučene odnosno propisane granične vrijednosti prikazane su u tablici na slici 2.13.

Parametri	***Vrijeme usrednjavanja***	***Granične vrijednosti tijekom 95% tjedna (160 sati)***	***Granične vrijednosti tijekom cijelog tjedna (100% = 168 sati)***
Kolebanje napona	10 min	± 10% UN	UN +10/-15% u ostalih 5% tjedna
Treperenje (fliker)	Pst - 10 min Plt - 120 min	Plt < 1	
Harmonici	10 min	tablica do 40. harmonika	
THD	10 min	< 8%	
Signalni napon	3 s	< 5% od UN (1 ... 10 kHz) u 99% od 24 sata (1 dan)	
Frekvencija (50 Hz)	10 s	± 1% (prema novom: tijekom 99,5% trajanja jedne godine)	+4% / -6% u ostalom dijelu (0,5%) jedne iste godine
Asimetričnost	10 min	< 2%	
Naponski propad	10 ms	nije objašnjeno egzaktno, već samo opisno, npr. do 100 puta tjedno	
prekidi	10 ms	nije objašnjeno egzaktno, već opisno, npr. 10 - 50 godišnje	

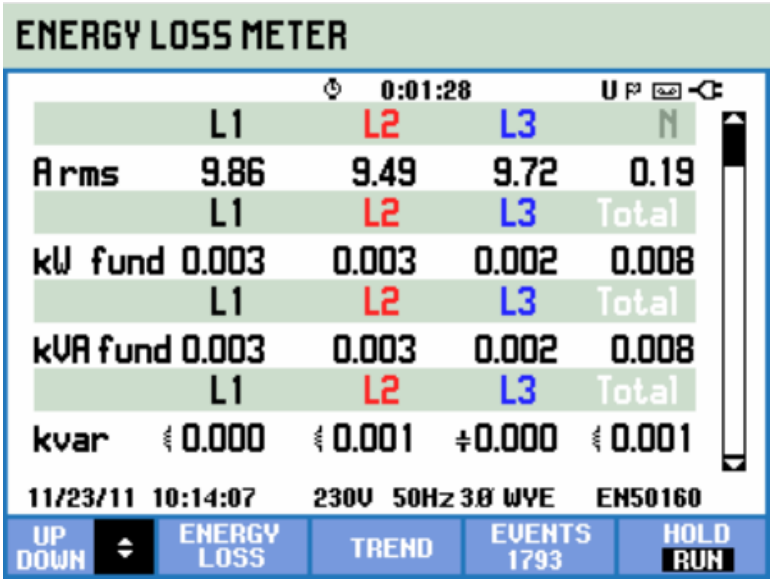
Slika 2.13. Propisane granične vrijednosti parametara el.napona

Korištenjem suvremenih uređaja za praćenje kvalitete električne energije tijekom jednog tjedna ili prema potrebi i duljem periodu te u konačnici vrednovanjem i analiziranjem dobivenih rezultata može se pratiti kvaliteta električne energije sukladno normi EN 50160. Osim vrijednosti navedenih u tablici norma EN 50160 daje i pojašnjenje svakog od spomenutih parametara električnog napona kako bi se lakše moglo analizirati dobivene rezultate te sukladno njima moglo donositi odluke o eventualnim intervencijama na elektroenergetskim postrojenjima.

Mjerenje kvalitete električne energije provodi se prikupljanjem mjernih veličina (vrijednosti struja, napona i frekvencije) unutar određenog vremenskog intervala. Kasnije se ti podaci obrađuju u skladu s preporukama za kvalitetu električne energije prikladnim softverom na računalu. Rezultat takvih mjerenja ukazuju zadovoljava li kvaliteta električne energije na promatranom mjestu u mreži ili ne zadovoljava preporuke.[4][6]

2.4. Specijalne funkcije

Kalkulator energetskog gubitka (sl.2.13.) – pomaže pri utvrđivanju gubitka energije koji se može vizualizirati na računalu. Analizator omogućuje naprednu analizu potrošnje energije koja može pomoći kako bi se utvrdilo gdje nastaje gubitak energije i predočiti njegov utjecaj na energetsku računicu. Analizator mjeri sve relevantne komponente istovremeno te koristi patentirane algoritme za izračune gubitaka.

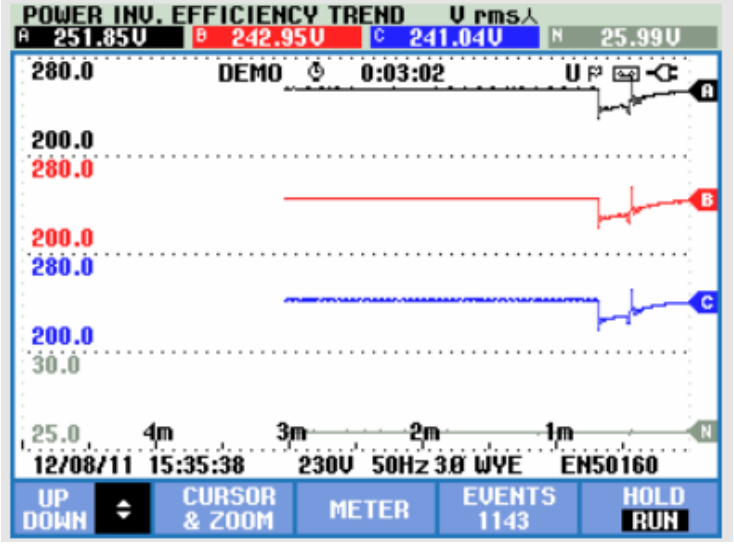


Slika 2.13. Mjerene veličine kalkulatora energetskog gubitka

Učinkovitost invertera (Sl.2.14)- omogućuje mjerenja učinkovitosti i količine energije koja se isporučuje putem pretvarača koji pretvaraju jendofazni istosmjerni signal u jednu ili više faza izmjeničnog signala. Najčešće se mjerenja koriste kod isptivanja solarnih sustava panela itd..

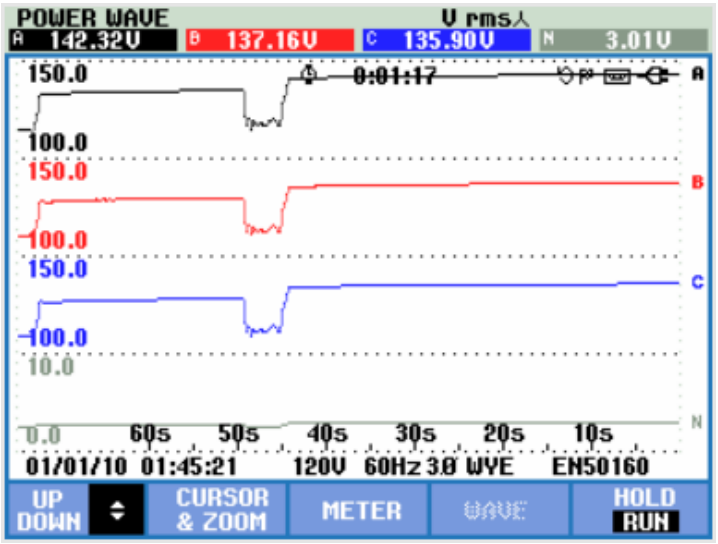
Mrežne signalizacije – ova se funkcija može koristiti za analizu razine upravljačkih signala koji su često prisutni na distribucijskim električnim sustavima.

Analizatori omogućuju pohranjivanje više očitanih vrijednosti, koje se kasnijim spajanjem na sustav mogu koristiti za detaljne analize.



Slika 2.14. Prikaz veličina pri mjerenju učinkovitosti invertera

Mjerenje valova snage (sl. 2.15.) - U ovom načinu rada analizator funkcionira kao 8 kanalni snimač koji snima valne oblike visoke rezolucije.[9][10]



Slika 2.15. Mjerenje valova snage

3. PRIMJER ANALIZATORA SNAGE - UREĐAJ FLUKE NORMA 4000/5000

Analizatori snage se, među ostalim, mogu podijeliti na dvije osnovne vrste, jednofazni i trofazni. Prema samoj izvedbi još se mogu podijeliti na jednostavne (slika 3.1.), koji analiziraju osnovne veličine struje, snage i napona i na nešto složenije koji raznim funkcijama i već uređenim sustavom pružaju niz mogućnosti analiziranja kvalitete električne energije, frekvencijske domene i slično.



Slika 3.1. Primjeri analizatora snage[8]

Uređaj Fluke Norma 4000/5000 je moderan visoko precizan i višefunkcijski analizator snage i iz tog razloga je odabran kao ilustrativan primjer (slika 3.2.). Fluke Norma serija uključuje najnovije tehnologije mjerenja snage koje uvelike pomažu inženjerima pri raznim ispitivanjima elektro motora, frekvencijskih pretvarača, rasvjete, napajanja, transformatora i djelova u suvremenoj automobilskoj industriji, kako bi bili što učinkovitiji.

Ovaj tip analizatora snage daje precizne rezultate mjerenja jednofaznog ili trofaznog napona ili struje. Isto tako daje kvalitetne analize harmonika, analize Fourierove transformacije, kao i proračune snage i druge izvedene vrijednosti.

Fluke Norma serija ima jednostavno korisničko sučelje (sl.3.2), te omogućuje jednostavan, intuitivan rad. Omogućuje svim korisnicima određivanje točnih funkcija za vlastite jedinstvene primjene. Isto tako omogućuje prikaz dinamičkih zbivanja na svim fazama promatrajući u jednakoj točki vremena. Na zaslonu možemo pregledati vektorske dijagrame, i sami uređaj posjeduje funkciju za snimanje veličina,sa mogućnošću pohrane do 4

MB memorije. Uređaj ima USB i Ethernet priključak. Uz uređaj ide i software za PC Fluke NormaWiew za pripremu,preuizimanje podataka i daljnje analize.



Slika 3.2. – Fluke Norma 4000/5000

3.1. Primjene

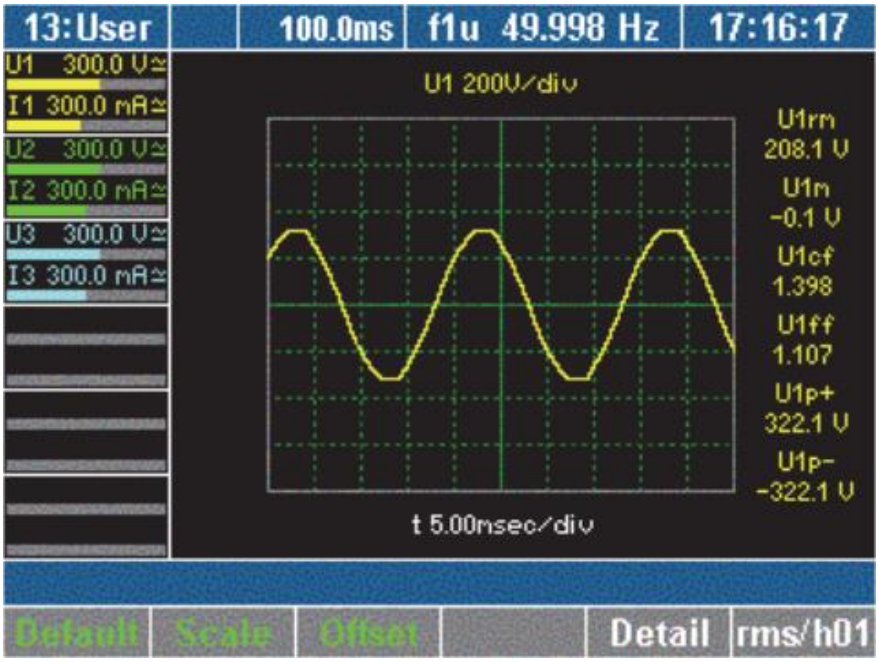
Uređaj može precizno izmjeriti vrijednosti struje i napona (sl.3.4),napona do 1000V i struje do 20A (osim ako na zahtjev korisnika nije izveden poseban tip) te izračunati djelatnu, jalovu i prividnu snagu, kao i mnoge druge vrijednosti dobivene visoko preciznim mjerenjima. Granica pogreške je između 0,03% i 0,3% ovisno o modelu.



Slika 3.3. Mjerenje standardnih veličina

Napon i struja se mogu izmjeriti direktno ili posredno spajanjem vanjskog razdjelnika napona. Na slici 3.3 je prikazan pregled izmerenih veličina struje, napona i snaga.

Fluke Norma serija je posebno namjenjena za mjerenje signala u širokom frekvencijskom opsegu. Svi kanali napona i struja su odvojeni jedinstvenom tehnologijom izolacijskih prepreka.



Slika 3.4. Prikaz detalja mjerenog napona

Elektromotori – Fluke Norma omogućava kompletno mjerenje električnih i mehaničkih vrijednosti snage sa velikom preciznošću (mogućnost greške je 0,1%). Uređaj pruža mogućnost analize spektra i niz dinamičkih mogućnosti izračuna momenata. Sklopni gubici uzrokovani pretvaračem su točno izmjereni i izrađena je temeljita evaluacija od prijelaznog momenta i harmonika na višim frekvencijama.

Frekvencijski pretvarači – Uređaj omogućuje simultano mjerenje električne i mehaničke snage. Pregled svih parametara u jednom prozoru u isto vrijeme omogućuje promatranje utjecaja jedne komponente na drugu ili na cijeli sustav

Rasvjetni sustavi – Jedinstvena propusnost do 10 MHz i visoka stopa uzorkovanja do 1 MHz pruža mogućnost detaljne analize signala. Jedinstvena tehnologija pruža mogućnost mjerenja snage na vrlo visokim frekvencijama. Uređaj ima mogućnost simultanog mjerenja ulazne i izlazne snage i time trenutni izračun gubitaka.

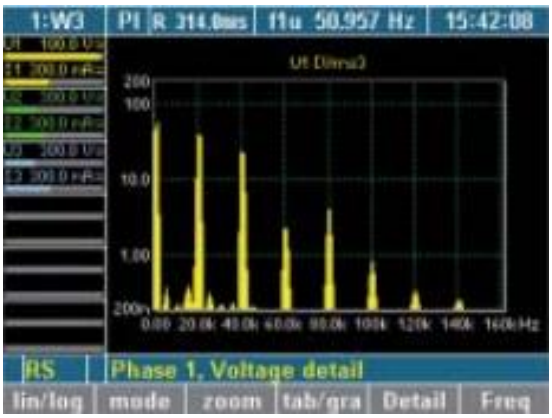
Transformatori – Omogućuje sinkrono i vrlo precizno i učinkovito mjerenje gubitaka šest faza napajanja i velikih energetskih transformatora, čak i sa vrlo niskim faktorom snage. Fluke Norma omogućuje sinkrona višefazna mjerenja otpora kod transformatorskih zavojnica.

Editor unutarnjih formula omogućuje izračune omjera napona, a kombinacija visoko preciznih temeljnih vrijednosti i širok pojas detalja pruža mogućnost detaljne analize harmonika.

Automobili – Uređaj Fluke Norma omogućuje analizu svih mehaničkih i električnih komponenti instaliranih u modernim automobilima. Detaljna analiza služi razvijanju strategije koja pomaže smanjiti potrošnju goriva i povećanje raspona s obzirom na električni automobil. Sinkrona električna ulazna i mehanička izlazna mjerenja pružaju potpune podatke o učinkovitosti i gubitcima pojedinih komponenti, kao i cijelog pogonskog sustava.

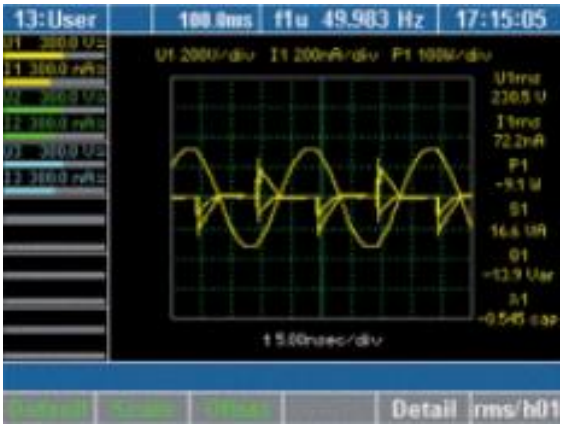
3.2. Osnovne funkcije

Fourierove transformacije, izračun harmonika sa grafičkom prezentacijom. Spektar do tri harmonika se pokazuje istovremeno. Mogućnost mjerenja vrijednosti napona, struje i snaga po fazama. (primjer slika 3.5)



Slik 3.5 Prikaz u frekvencijskoj domeni

Uređaj može raditi kao Digitalni osciloskop(sl.3.6). Pruža mogućnost istovremenog prikaza tri izmjerene vrijednosti na razini uzorka. Omogućen je brz pogled na valni oblik i izobličenja.



Slika 3.6. Rad kao Digitalni osciloskop

Vektorski prikazi (sl.3.5) omogućuju prikaz vektora kroz 6 temeljnih signala. Koristi se za jednostavno testiranje i pregled faznog kuta svakog signala.



Slika .3.5. Vektorski prikaz

RAM memorija za podatke služi za pohranjivanje podataka, uzoraka i prosječnih vrijednosti. Uređaj pruža niz mogućnostii postavki pokretanja i zaustavljanja spremanja podataka. Omogućena je memorija od 4 MB za pohranu izmjerenih vrijednosti.

3.2.1. Mjerne metode za detaljne analize

Fazni naponi – trebali bi biti blizu nominalne vrijednosti. Napon valnih oblika mora biti sinusni val koji je gladak i bez izobličenja.Uređaj ima mogućnost provjere valnih oblika, i snimanja naglih promjena napona. Prijelaznim načinom rada moguće je snimanje anomalija napona.

Fazne struje - uređaj koristi metodu mjerenja napon,struja,propada i povećanja kako bi se utvrdili odnosi napona i struje. Za snimanje iznenadnih porasta struje poput motornih navala koristi se uklopna struja. Analizator ima mogućnost praćenja valnih oblika zbog mogućnosti

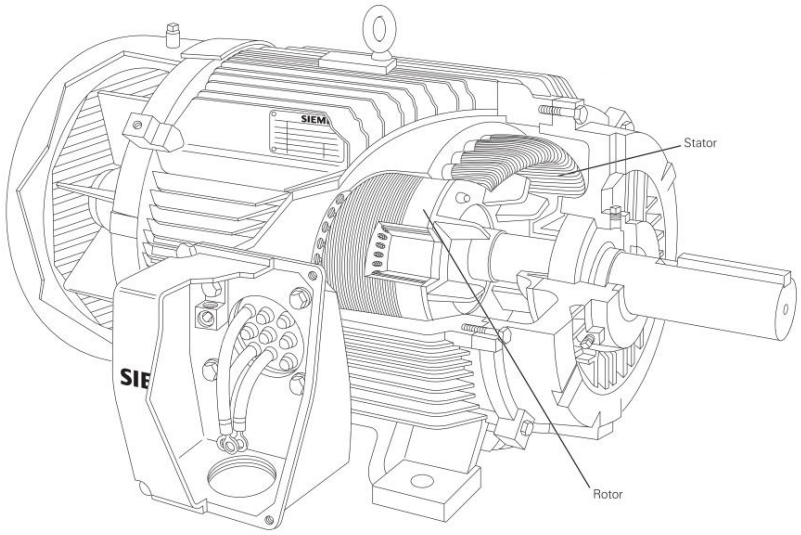
izobličenja. Analizatorima se može provjeriti harmnike napona i struje po pojedinoj fazi. Opcija „Trend“ omogućuje snimanje harmonika tijekom vremena.

Treperenje – ova se metoda koristi za provjeru kratkoročng i dugoročnog titranja napona i povezuje podatke po fazama. I u ovoj metodi postoji mogućnost opcije „Trend“ za snimanje tih vrijednosti tijekom vremena.

Neravnoteža - Svaka faza napona ne smije se razlikovati više od 1% od prosjeka sve tri faze. Trenutna neuravnoteženost ne smije prelaziti 10%. Analizator posjeduje metodu istraživanja neravnoteže napona, te je može vektorski prikazati.[9][10]

4. ISPITIVANJE ELEKTRO-MOTORA

Najčešće korištena vrsta električnog motora u današnjem vremenu su trofazni asinkroni elektro motori (sl.4.1). Asinkrone motore moguće je koristiti u zahtjevnim pogonima zahvaljujući primjeni frekvencijskih pretvarača zbog kojih se prema upravljačkim karakteristikama asinkroni stoj približio istosmjernim strojevima. Kod neočekivanih pojava kvarova i ispadanja nekog stroja iz pogona; kvara na mrežnom filteru, može se prouzročiti velika materijalna šteta i može doći do zastoja procesa. Kako bi se kvarovi otkrili na vrijeme primjenjuju se razne metode dijagnostičkih analiza. Pri otkrivanju kvara u ranoj fazi njegovog nastanka, izmjene motora vrše se u tehnološki najpogodnijem trenutku, a time su olakšana i planiranja i nabavke rezervnih dijelova. Svi relevantni podatci dobijeni dijagnostičkim metodama od velike su koristii za proizvođače i za korisnike.



Slika 4.1. Trofazni asinkroni elektro motor[11]

Za sofisticirano poboljšanje električnih motora, pogona ili generatora potrebno je stvoriti određenu bazu podataka. Kako bi se podigla učinkovitost prikupljenim podatcima, potrebna je sofisticirana oprema ili uređaji. Analizator snage daje sve relevantne podatke kao što su struje, naponi, momenti, brzine okretaja i sve te veličine kontinurano se snimaju s visokom rezolucijom u jedan integrirani sustav. Efektivne vrijednosti kod ovakvih se uređaja prikazuju u realnom vremenu, što je velika prednost.

Naknadne analize prava su prednost analizatora snage. Moderni analizatori imaju moćne matematičke aparate i baze s formulama koje omogućuju direktno izvršavanje

naknadnih analiza u samom uređaju. Korisniku analizatori omogućavaju značajnu uštedu vremena zbog jedinstvenog prikupljanja podataka integriranim sustavom koji pravi i manje grešaka u radu. Baze formula i podataka omogućavaju brzu obradu mjerenih veličina motora ili generatora.Uz dva jednostavna mjerenja; bez opterećenja i kratki spoj definira se jednostavan ekvalentan strujni krug. Dodatnim izračunima lako se određuju i mnoge druge karakteristične veličine kao moment zračnom zazora, klizanje, struje pokretanja i mnoge druge.

Analizatori snage se uglavnom koriste na ulazu motora, a na izlazu se mjeri senzorom okretnog momenta i time se određuje učinkovitost motora. Gubitak energije predstavlja razlika između električne snage i rezultirajuće mehaničke snage.

Na ovakav se način ne može utvrditi razlog nastajanja gubitaka bez dodatnih mjernih uređaja koje je potrebno sinkronizirati prije ispitivanja, što često dovodi do pogrešaka u mjerenju. Tehnički izazov predstavlja visoko dinamično mjerenje snage s više od pedeset mjerenja u sekundi. Iako analizatori snage daju krajnji rezultat, sirovi podatci daju važne informacije pomoću kojih se lakše analizira proces te se tako razvije učinkovitiji pogon.

Opisani uređaj FLUKE Norma omogućuje provođenje dugotrajnih testova s precizno definiranim karakteristikama i bez mukotrpnih problema sa sinkronizacijom.

4.1. Prikupljanje podataka

Zapisivanjei monitoriranje izmjerenih podataka u određenim uvjetima u kojima je snimanje izvršeno (temperatura, napon, opterećenje stroja i drugo) predstavlja prikupljanje podataka. Daljnje operacije koje će se izvršiti na prikupljenim podatcima određuju i daljnju obradu podataka i način zapisivanja. Prilikom prikupljanja podataka vodi se računa da oni budu točni i sa što manje šumova i smetnji. Zapisivanje podataka kod mnogih dijagnostičkih sustava vrše se tijekom dužeg vremenskog perioda, što daje mogućnost kvalitetnijeg praćenja stanja stroja i razvoja eventualnih kvarova i neispravnosti. Kod velikih postrojenja često se javlja situacija gdje je objekt koji se ispituje dosta fizički udaljen od mjesta obrade podataka te se mora voditi računa o načinu prenošenja podataka (strujni signali, optika...). Često se podatci na mjestu digitaliziraju i vrši se daljnja obrada ukoliko u okolini postoje smetnje, pri čemu se mora paziti na kvalitetan način pretvorbe, s dovoljnim brojem i rezolucijom uzoraka kako se ne bi izgubilo na kvaliteti snimljenog signala. Potebno je mjernu opremu i kabele kvalitetno smjestiti.

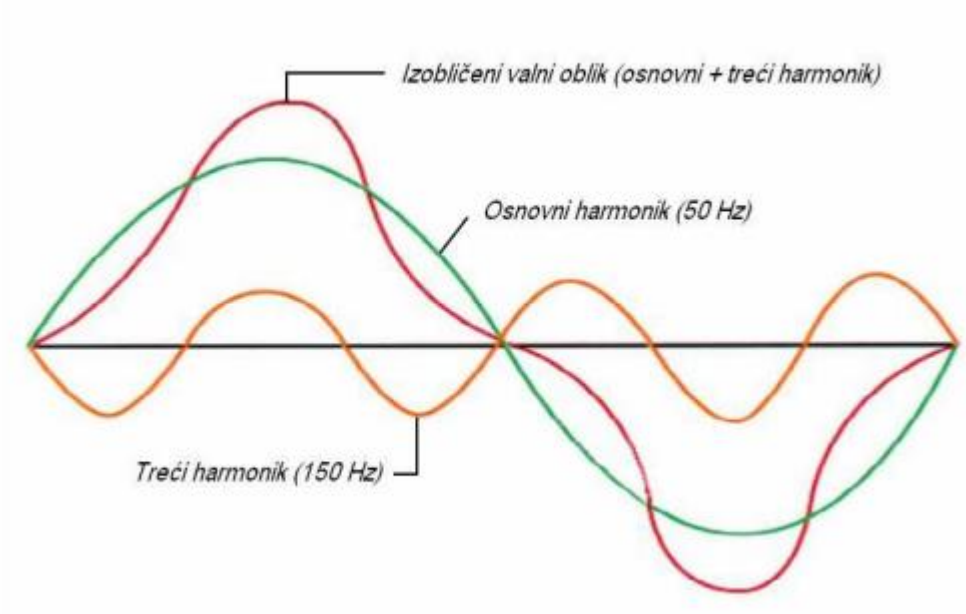
4.2. Obrada podataka

Kako bi se izvršila dijagnostika stanja stroja na temelju prikupljenih podataka često je nad tim podatcima potrebno izvođenje niza operacija. Upravo u ovom dijelu obrade primjenjuju se računala i moguća je velika razina automatizacije procesa. Sama obrada podataka može se vršiti online ili za vrijeme rada ili nakon što su podatci već zapisani i spremljeni, odnosno offline.

Najjednostavniji način obrade podataka usporedba je veličina koje se mjere tijekom dužeg vremenskog perioda. Kada se određene veličine usporede s prijašnjih vrijednostima i dođe do određenih odstupanja, tada se može sumnjati na kvar. Najraširenije su metode obrade podataka za dijagnostičke svrhe spektralnih analiza, korelacija i vremensko usrednjavanje. Šira primjena ovih metoda omogućena je razvojem mjernih i računalnih tehnika.[3][9]

4.3. Mjerenje i ispitivanje viših harmonika

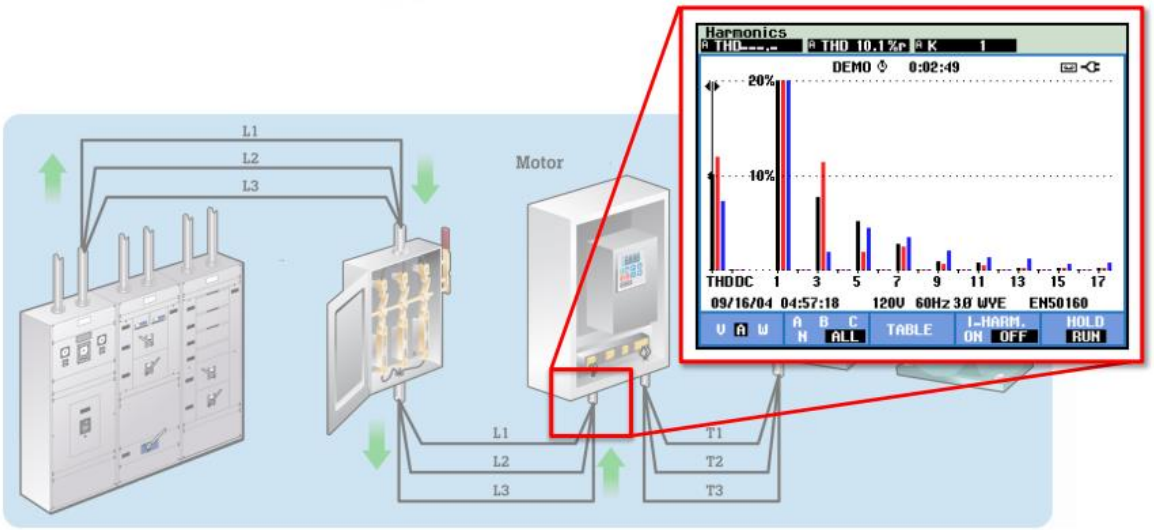
Idealno gledano, valni oblici struje i napona su savršene sinusoide. Međutim, radi povećane popularnosti elektroničkih i ostalih nelinearnih tereta, ovi valni oblici često postaju izobličeni (sl 4.3.1.).Odstupanje od savršenog sinusnog vala može se predstaviti harmonicima.



Slika 4.3.1. Prikaz osnovnog harmonika i izobličenogalnog valnog oblika

Da bi se odredila razina izobličenja koristi se izraz ukupno harmoničko

izobličenje (THD - total harmonic distortion). Izraz označava izobličenje kao postotak osnovnog vala (čistog sinusa) struje i napona.



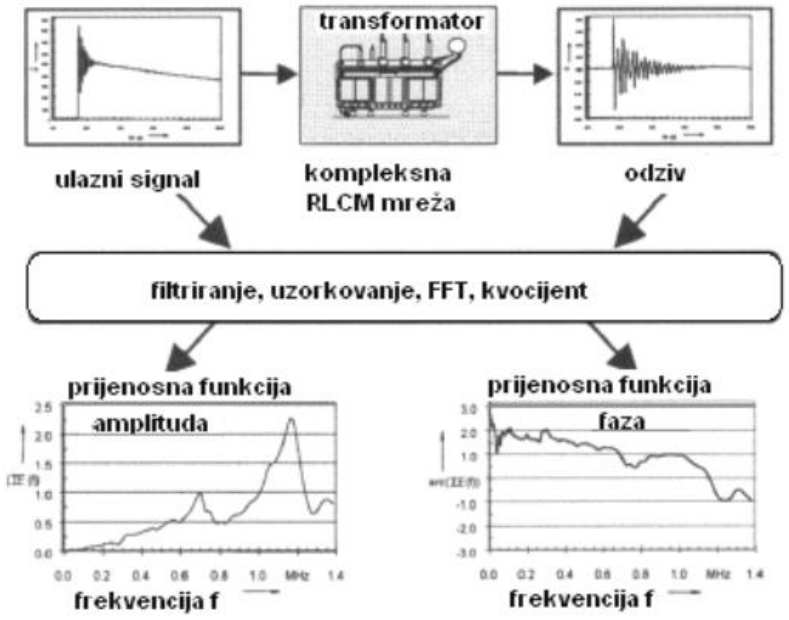
Slika 4.3.2. Ispitivanje harmonika Analizatorom Fluke Norma 4000/5000[9]

Ukoliko se pri ispitivanju pojave greške u vrijednostima struja i napona sl.4.3.2), ili se primjete izobličeni valni oblici struje i napona ili pak u sistemu dolazi do pregrijavanja transformatora, vodiča ili ostalih komponenti sustava kao što su sklopke itd. može se zaključiti da je došlo do određenog problema. Izvođenjem harmonijskih i THD mjerenja možemo otkriti izvor problema.

Naponska izobličenja utječu ne samo na osjetljive elektroničke terete nego i na električne motore i kondenzatorske baterije. Kod električkih motora negativni harmonici (5, 11, 17), nazvani tako jer je njihova sekvenca suprotna od osnovne (RST→RTS), stvarajući rotirajuće magnetsko polje. Ovo polje rotira obrnuto od magnetskog polja osnovne frekvencije i može izazvati ne samo zagrijavanje nego i mehaničke oscilacije u sustavu motor-teret.[10][11]

5. ISPITIVANJE TRANSFORMATORA

Važan dio opreme u energetskom sustavu čine upravo transformatori. Ispravnost transformatora omogućuje pouzdanost sustava, kvalitetu električne energije i manje gubitke, što rezultira manjom cijenom električne energije krajnjem korisniku. Metoda analize frekvencijskog odziva, ili skraćeno *FRA*, je najčešće korištena metoda koja se ubraja u napredne dijagnostičke metode. FRA metoda, ili engleski FrequenciResponseAnalysis, je dijagnostička metoda za utvrđivanje mehaničkih deformacija transformatora. Unazad nekoliko godina, razvio se niz usko specijaliziranih instrumenata namijenjenih isključivo FRA mjerenjima, te je time sama FRA metoda bitno pojednostavljena. FRA. metoda pogodna je za otkrivanje pomaka namota u aksijalnom ili radijalnom smjeru ili za otkrivanje deformacije namota.



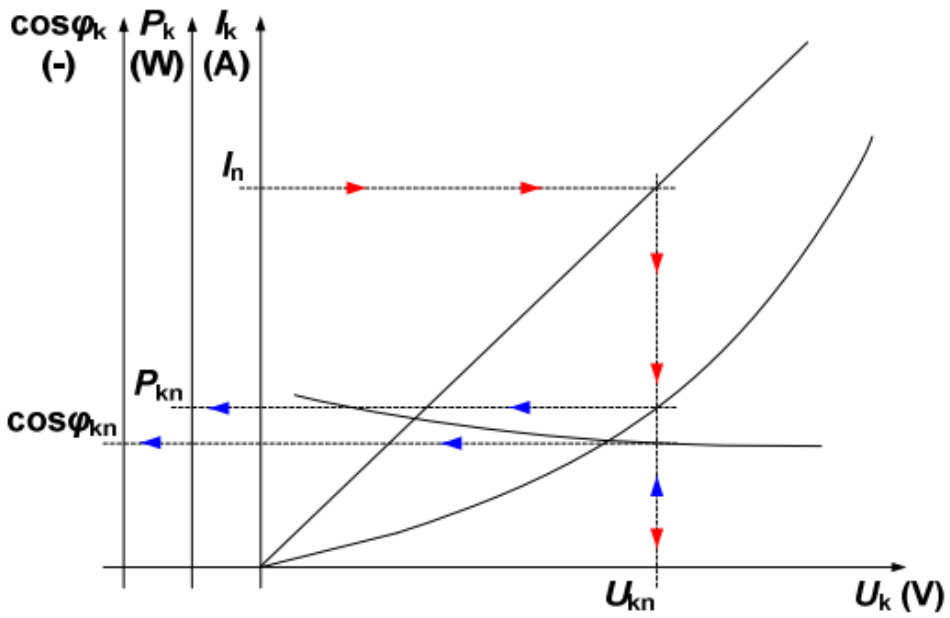
Slika 5.1. Mjerenje prijenosne funkcije u vremenskoj domeni

U pet osnovnih postupaka moguće je otkriti mehaničke deformacije transformatora: mjerenjem impedancije kratkog spoja, prijenosnom funkcijom (slike 5.1.), niskonaponskim impulsnim odzivom (LVI), mjerenjem istosmjernog otpora i FRA. Svi navedeni postupci opisani su u normi IEC 60076-5. Složeni model transformatora moguće je zamisliti kao mrežu inuktiviteta, uzdužnih i poprečnih kapaciteta te otpora. Osobine materijala te geometrija definiraju njihove vrijednosti. Promjena osobine materijala (uslijed starenja) ili promjena geometrije odražava se promjenom frekvencijskog odziva. Promjena geometrije namota

nastupa uslijed ispitivanja transporta ili kratkih spojeva u mreži. Mehaničke sile koje nastaju uslijed kratkih spojeva i visokih struja u namotima transformatora mogu dovesti do deformacija i pomicanja namota, što ne mora nužno uzrokovati i ispad transformatora iz pogona već u dosta slučajeva te deformacije ostaju neotkrivene. [6][8]

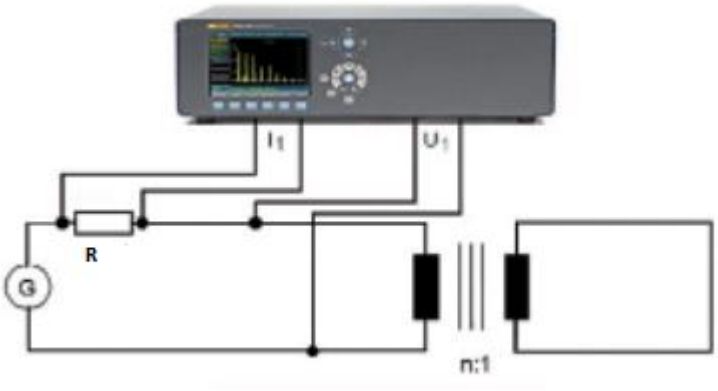
5.1.1. Ispitivanje transformatora metodom kratkog spoja

Gubici u bakru su vrlo bitan faktor pri proizvodnji transformatora. Mjerenjima u pokusu kratkog spoja iz podataka o ukupnim gubicima Pk transformatora (koji su posljedica struje opterećenja), impedanciji kratkog spoja Zk i faktoru snage cos φk, dolazi se do podataka o ukupnoj rasipnoj reaktanciji Xk. Gubici Pk se sastoje od gubitaka u radnim otporima namota i tzv."dodatnih gubitaka" zbog vrtložnih struja u konstruktivnim dijelovima, te efekta potiskivanja struje koji dovodi do neravnomjerne raspodjele struje po presjeku vodiča čime se povećava otpor namota i radni gubici.



Slika5.2. Ovisnost struje kratkog spoja, snage i cos φ o naponu u kratkom spoju transformatora

Korištenjem spoja kao na slici 5.3. Fluke Norma 5000 Analizator snage se može koristiti tijekom ovog ispitivanja za određivanje sljedećih varijabli: Struje, napona, snage, impedancija, faktor snage i faznog kuta. U ovom slučaju iznos snage prikazan oznakom P_1 iskazuje gubitke u bakru.[9] [10][11]



Slika 5.3. Fluke Norma – spoj pri metodi kratkog spoja[9]

6. ZAKLJUČAK

Tema diplomskog rada je analizator snage, uređaj nastao nadogradnjom vatmetra, koji ima niz funkcija koje omogućavaju mjerenja i analize u vremenskoj i frekvencijskoj domeni, mjerenje kvalitete električne energije i niza drugih funkcija.

Tema je obrađena analizom i opisom mjerenih veličina, opisom uređaja Fluke Norma 4000/5000 te opisom ispitivanja najčešće mjerenih objekata; elektromotora i transfomatora.

Mjerenjem ili ispitivanjem bitnih parametara kao što su gubici snage, fazni pomaci, kvaliteta električne energije itd. dolazi se do podataka koje su važni za daljnje funkcioniranje sustava ili određenih uređaja. Izmjerenim veličinama se može utvrditi ispravnost rada elektroenergetskog sustava, njegove učinkovitosti ili pak otkriti njegove nedostatke ili greške

Analizom signala u frekvencijskoj domeni, kao što su struje,vibracije itd. moguće je otkriti različite kvarove. Spektralna analiza je osnovna metoda prebacivanja signala snimljenih u vremenskoj domeni u frekvencijsku domenu.

Uređaj Fluke Norma omogućava niz funkcija kojima se mogu analizirati signali i u vremenskoj i frekvencijskoj domeni. Omogućava i mjerenje kvalitete elktrične energije. Njime se mogu testirati ili mjeriti mnogi objekti kao što su elektromotori, transformatori, frekvencijski pretvarači, rasvjetni sustavi, mehaničke i električne komponente u auto industriji itd. Osim osnovnih,pomoću svojih specifičnih funkcija analizatorom snage Fluke Norma se može izračunavati harmonike sa grafičkom prezentacijom; moguć je vektorski prikaz veličina; ima mogućnost pohranjivanja podataka i kasnijeg isčitavanja i obrade istih.

Sve ove analize i izračuni pridonose povećanju inženjerskih znanja, a samim time i mogućnosti izrade energetski učinkovitijih komponenti i sustava koje će zadovoljiti sve potrebe tržišta koje je svakodnevno sve zahtjevnije.

7. LITERATURA

[1.] Ivan Ivšinović, Kvaliteta električne energije, diplomski rad, Zagreb, 2003

[2.] Roman Malarić, Mjerni uređaji za mjerenje snage i energije & norme, Mjerna tehnika 2012/2013, powerpoint prezentacija

[3.] Alan Miletić, dijagnostičke metode i kriteriji za ocjenu elektromehaničkog stanja asinkronog stroja, magistarski rad, Zagreb, 2002.

[4.] KunihisaKubota, HighPerformance Power AnalyzersImprovetheEfficiencyofTestingAlternative Energy Technologies, HIOKIE.E. Corporation, 2013.

[5.] Zlatko Krmpotić, Analiza električnih veličina u trofaznom sustavu, završni rad, Rijeka, 2016.

[6.] Sandra Hutter, Michael Muhr, Prikaz metode analize frekvencijskog odziva transformatora i prva iskustva, 8. savjetovanje HROCIGRÉ, Cavtat, 2007.

[7.] Zlatko Maljković, Karakteristike i dinamički modelitransformatora, bilješke s predavanja, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 2013./2014.

[8.] FLUKE NORMA 4000/5000 Power Analyzer upute za korištenje, Fluke Corporation, Everett, SAD, 2007.

[9.] Fluke Norma 4000/5000Technical Data, Fluke Europe B.V., Eindhoven, Nizozemska, 2007.

[10.] Denisa Galzina, HARMONICI U VISOKONAPONSKOJ MREŽI

[11.] Doc.dr.sc. Damir Žarko, dipl. ing. Doc.dr.sc. Mario Vražić, dipl. ing. Mirko Cettolo, dipl. ing. Goran Rovišan, dipl. ing. Tanja Poljugan, dipl. ing. Stjepan Stipetić, dipl. ing., POKUS PRAZNOG HODA I KRATKOG SPOJA, ELEMENTI NADOMJESNE SHEME TRANSFORMATORA – laboratorijske vježbe, Zagreb 2013.

8. SAŽETAK

Analizatori snage su uređaji koji imaju niz računalnih funkcija. Pomoću njih se vrše mjerenja u vremenskoj domeni (struja,napon, snaga), u frekvencijskoj domeni (spektralna analiza), mjerenje kvalitete električne energije i mjerenje ostalih specijalnih funkcija. U okviru završnog rada prikazane su navedene funkcije, opisan je ilustrativan primjer analizatora snage, Fluke Norma 4000/5000 i data su dva primjera ispitivanja: trofaznog elektro motora (mjerenje i ispitivanje harmonika) i transformatora (ispitivanje metodom kratkog spoja). Iz navedinih ispitivanja se vidi koliko su značajne mogućnosti analizatora snage pri određenim analizama koje pomažu u ostvarivanju novih inženjerskih znanja.

ABSTRACTS

Power analyzers are devices that have a number of functions . Using them to working out measurements in the time domain (current, voltage , power) , in the frequency domain (spectral analysis) , measuring power quality measurement and other special functions . As part of the thesis are shown above functions , described an illustrative example of the power analyzer , Fluke Norma 4000/5000 and given two test examples: three phase electric motors (harmonics test) and transformers (Testing method of short circuit).From mentioned tests see how are significant opportunities of power analyzer in certain analyzes that help to implement new engineering knowledge

Keywords: power analyzer, engine test, harmonics, voltage and current test

ŽIVOTOPIS

Josip Mihaljević rođen je u Osijeku 04.08.1985.g. Osnovnu školu „Mladost“ pohađa i završava 2000. godine. Nakon osnovnoškolskog obrazovanja upisuje Elektrotehničku i prometnu školu u Osijeku, smjer elektrotehničar. 2004 godine maturira sa odličnim uspjehom.

Od 2006. – 2010. radi kao voditelj škole jahanja na OPG-u Jazbec u Ivanovcu. Od 2011. do 2014. vodi svoju tvrtku koja se bavi građevinskim i poljoprivrednim radovima.U lipnju 2014 se zapošljava kao koordinator komercijale i naplate u Tržnici d.o.o. gdje i danas radi. U međuvremenu je 2015. godine postao direktor i suvlasnik tvrtke Eko jazo doo za preradu žitarica.

Stručni studij elektrotehnike, smjera energetike, upisuje 200882009 godine.

Josip je aktivni sportaš, predsjednik vijeća MO Tenja i od 2003. pedsjednik Centra za kulturu i sport Tenja. Otvoren je komunikativan i aktivan u zajednici, u komunikaciji se služi i Engleskim jezikom.

U travnju 2016.godine je odlukom Vlade Republike Hrvatske imenovan u upravno vijeće Državne Ergele Đakovo.