

Mario Jurković
Končar – Distributivni i specijalni transformatori
mario.jurkovic@koncar-dst.hr

Viktor Učović
Končar – Distributivni i specijalni transformatori
viktor.ucovic@koncar-dst.hr

TRANSFORMATOR ZA UZEMLJENJE S PETERSENOVOM PRIGUŠNICOM U ZAJEDNIČKOM KOTLU

SAŽETAK

U zajedničkom kotlu nalaze se dva različita elementa elektroenergetskog sustava, aktivni dio transformatora za uzemljenje i aktivni dio Petersenove prigušnice. Cilj stavljanja dva aktivna dijela u isti kotao je smanjenje dimenzija i mase, odnosno dobivanje jeftinijeg rješenja bez utjecaja na tehničke karakteristike dvaju različitih elemenata.

U ovom radu opisane su karakteristike i specifičnosti ovakvog proizvoda te namjena u elektroenergetskom sustavu.

Gljučne riječi: transformator za uzemljenje, Petersenova prigušnica, prigušnica za gašenje luka, kompenzacijska prigušnica

EARTHING TRANSFORMER WITH PETERSEN COIL IN THE SAME TANK

SUMMARY

Two different elements of electric power system are located in the same tank, active part of earthing transformer and active part of Petersen coil. Decrease of dimensions and mass is achieved by putting two active parts in the same tank, i.e. a cheaper solution is obtained without affecting technical characteristics of two different elements.

This paper describes the characteristics and specifics of this product and its purpose in the electric power system.

Key words: earthing transformer, Petersen coil, Petersen reactor, arc suppression coil, arc suppression reactor

1. UVOD

Na kvalitetu opskrbe električnom energijom značajno utječe struktura mreže, odnosno duljina i tip mreže (kabelska, nadzemna ili mješovita mreža), način uzemljenja zvjezdista, učestalost i tip kvarova, odnosno smetnji te ugrađena relejna zaštita. Način uzemljenja nultočke je važan faktor koji utječe na uvjete rada mreže, na vrstu i cijenu opreme koju je potrebno ugraditi te vrstu zaštite i upravljanja mrežom. Različita iskustva dovodila su do raznih načina uzemljenja mreže. Ovisno o načinu uzemljenja nultočke mreža može biti:

- 1) izolirana mreža
- 2) mreža s kompenzacijom struje jednofaznog zemnog spoja
- 3) uzemljena mreža preko male impedancije
- 4) direktno uzemljena mreža

Transformator za uzemljenje s Petersenovom prigušnicom ugrađuje se u mreže s kompenzacijom struje jednofaznog zemnog spoja (rezonantno uzemljenje), gdje je struja tolikog iznosa da je vjerojatnost samogašenja prolaznih zemnih spojeva znatno smanjena u odnosu na npr. izolirane mreže. Zbog toga prolazni zemni spojevi postaju trajan kvar koji se mora otkloniti isključivanjem. U tom slučaju izolirana mreža gubi svoju glavnu karakteristiku. Pretežno kapacitivna struja kvara može se smanjiti superponiranjem induktivne struje koja se postiže priključivanjem prigušnice u nultočku. Prikladnim podešenjem postižu se uvjeti za samogašenje zemnih spojeva [1], [2].

Osnovni razlog za ugradnju kompenzacijskih prigušnica (Petersenova prigušnica) za rezonantno uzemljenje jest povećanje kvalitete opskrbe električnom energijom s gledišta pouzdanosti napajanja jer se omogućava otklanjanje prolaznih zemnih spojeva bez prekida napajanja. K tome, prigušnicom se kompenzira kapacitivna struja mreže što je bitno jer se kapacitivna struja mreže stalno povećava zbog izgradnje kableske mreže i prelaska na više naponske razine [1].

Prigušnica u kombinaciji s transformatorom za uzemljenje koristi se u slučajevima kad nije moguće postići odgovarajuću nultu impedanciju samo pomoću transformatora za uzemljenje. S obzirom na to da su to dva odvojena proizvoda smišljeno je kompaktno rješenje tako da su dva proizvoda, tj. aktivna dijela smještena u isti kotao, s ciljem smanjenja dimenzija i mase što je često ograničavajući faktor kod kupaca zbog ograničenja na mjestu ugradnje.

2. TRANSFORMATOR ZA UZEMLJENJE

Transformator za uzemljenje je specijalni transformator koji se koristi kada postoji potreba za uzemljenjem mreže na mjestima gdje ne postoje ili nisu dostupne nultočke. Najčešće izvedbe su u spoju cik-cak kao jednonamotni ili u spoju zvijezda/trokut kao dvonamotni transformator. Transformator za uzemljenje s više namota često se koristi i za napajanje potrošača na niskonaponskoj strani, tj. koristi se kao transformator za vlastite potrebe [2].

Uzemljenje preko transformatora za uzemljenje može biti direktno, gdje struju zemnog spoja ograničava samo nulta impedancija transformatora za uzemljenje. Osim toga može se u zvjezdite transformatora za uzemljenje dodati prigušnica i/ili maloomski otpornik u slučaju da impedancija samog transformatora nije dovoljna. Prigušnica i maloomski otpornik su spojeni paralelno [2].

2.1. Karakteristični parametri transformatora za uzemljenje

U normalnom radu, kada je transformator za uzemljenje priključen na trofazni sustav, kroz njegove namote teče samo struja magnetiziranja i eventualno struja trošila priključenih na niskonaponski namot transformatora za uzemljenje, ako postoji. Ako dođe do zemnog spoja jedne od faza u mreži, poteći će značajna struja i tu struju transformator za uzemljenje mora voditi u određenom zahtijevanom vremenu [2].

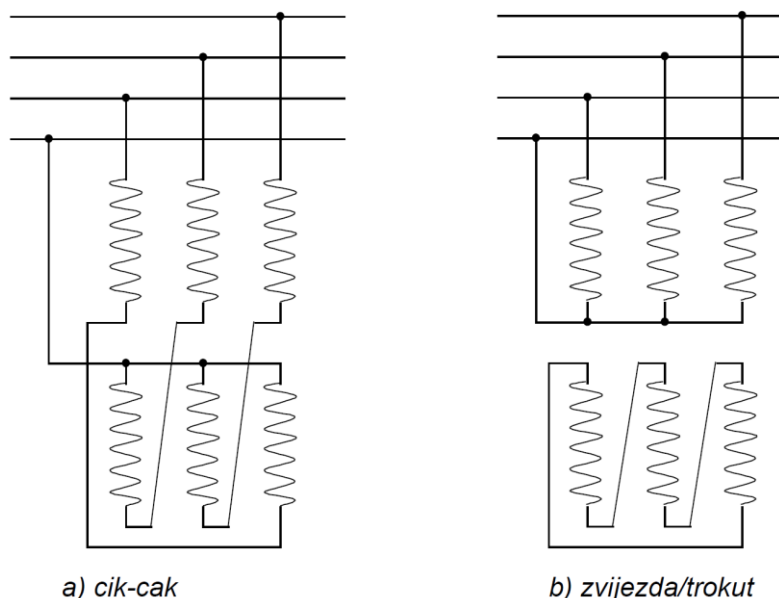
Karakteristični parametri transformatora za uzemljenje su [2]:

- glavni namot – namot transformatora za uzemljenje čiji se izvodi spajaju na faze sustava koji se uzemljuju
- nazivni napon – linijski napon kod nazivne frekvencije
- nazivna neutralna struja nultočke – struja koja teče kroz nultočku glavnog namota kod nazivne frekvencije za koju je transformator za uzemljenje projektiran da je vodi trajno ili u određenom vremenskom intervalu
- vrijeme trajanja kvara
- nazivna snaga sekundarnog namota – kod transformatora za uzemljenje sa sekundarnim namotom, koji se koristi za napajanje potrošača na niskonaponskoj strani, definira se nazivna snaga sekundarnog namota kao snaga kojom sekundarni namot može trajno napajati potrošače priključene na njega, a da se pri tom ne prekorači granično zagrijavanje koje određuju propisi
- nazivna trajna struja transformatora za uzemljenje sa sekundarnim namotom – struja kod nazivne frekvencije određena nazivnom snagom sekundarnog namota
- nulta impedancija – impedancija po fazi kod nazivne frekvencije, jednaka trostrukom iznosu mjerenom između linijskih izvoda trofaznog namota u spoju zvijezda spojenih zajedno i nultočke
- tipska snaga – kako je transformator za uzemljenje specijalni transformator koji se koristi prvenstveno za uzemljenje mreža, a ne za prijenos snage, definira se njegova

tipska snaga kao nazivna snaga dvonamotnog transformatora bez regulacije u čije namote je ugrađena ista količina bakra kao u namote transformatora za uzemljenje

2.2. Izvedbe transformatora za uzemljenje

Izvedba transformatora za uzemljenje mora biti takva da se u slučaju nastanka zemnog spoja struje mogu zatvoriti kroz namote transformatora. Transformatori za uzemljenje najčešće su u spoju cik-cak ili zvijezda/trokut (Slika 1) [2].



Slika 1. Spoj transformatora za uzemljenje [2]

Slika 2 prikazuje prilike u transformatoru za uzemljenje u slučaju jednofaznog zemnog spoja. Strana izvora može se prikazati u spoju trokut kao izvor i reaktancija koja obuhvaća uz rasipnu reaktanciju generatora i sve serijske reaktancije između transformatora za uzemljenje i izvora. Nultočka transformatora može biti uzemljena direktno ili preko dodatne impedancije Z_N . Kada se dogodi zemni spoj, kroz namote transformatora za uzemljenje teče trećina struje jednofaznog zemnog spoja. Struje transformatora za uzemljenje pripadaju nultom sustavu pa imaju jednake vrijednosti u sve tri faze. To nije u potpunosti točno jer, kako se vidi sa slike (Slika 2), struja jedne faze direktno se zatvara preko spoja sa zemljom, dok se struje preostale dvije faze zatvaraju kroz reaktanciju izvora. Koliki je taj utjecaj ovisi o odnosu reaktancije izvora i nulte reaktancije transformatora za uzemljenje. Kako je snaga transformatora za uzemljenje najčešće i više od desetak puta manja od snage izvora, taj utjecaj može se zanemariti, pa je struja jednofaznog zemnog spoja ograničena samo nultom reaktancijom transformatora za uzemljenje, tj. ona iznosi:

$$3 \cdot I_0 = \frac{U_{1n} \cdot \sqrt{3}}{Z_0 + 3 \cdot Z_N} \quad (1)$$

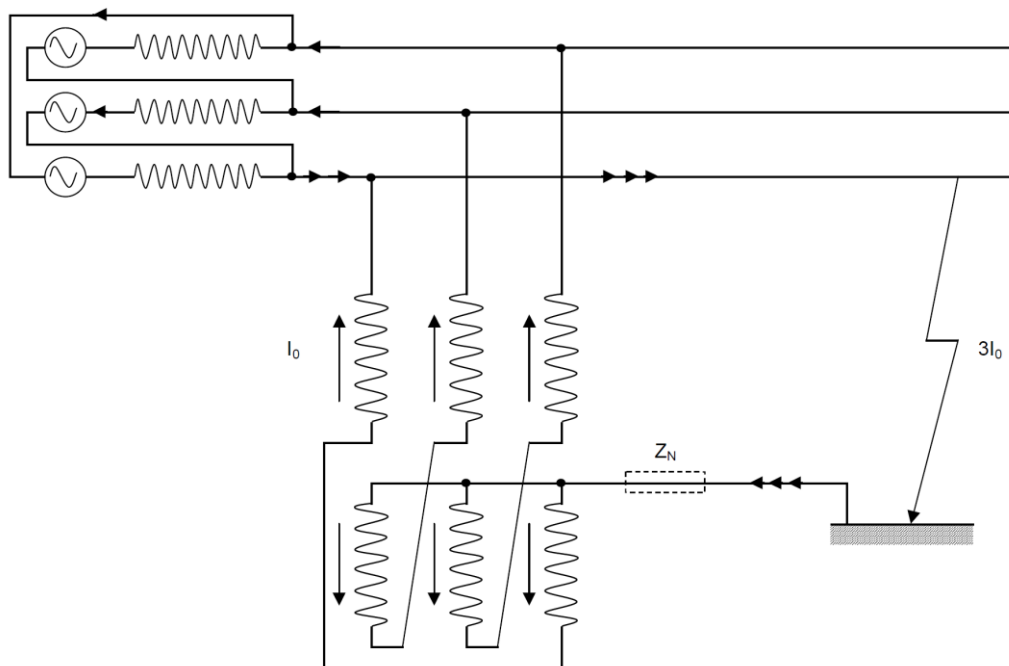
gdje je:

U_{1n} – napon između linijskih stezaljki glavnog namota transformatora za uzemljenje [V]

Z_0 – nulta impedancija transformatora za uzemljenje [Ω /fazi]

$3I_0$ – struja kroz nultočku transformatora za uzemljenje pri jednofaznom zemnom spoju [A]

Z_N – dodatna impedancija spojena u nultočku transformatora za uzemljenje [Ω]



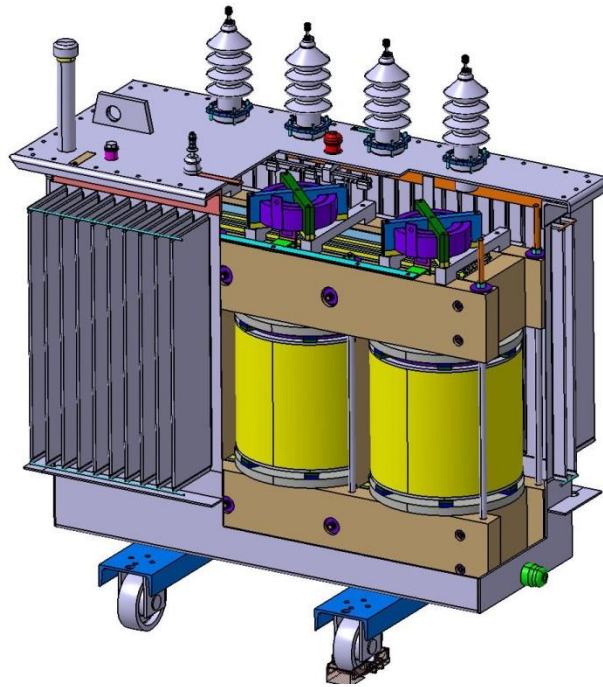
Slika 2. Prilike u transformatoru za uzemljenje u spoju cik-cak u slučaju jednofaznog zemnog spoja [2]

Kada transformator za uzemljenje služi samo za uzemljenje, usporedba tipske snage transformatora izvedenog u spoju ZN i one u spoju YNd pokazuje koji je od ta dva spoja ekonomičniji. Potrebna tipska snaga transformatora u spoju ZN je $\sqrt{3}$ puta manja od tipske snage transformatora u spoju YNd za vrijeme jednofaznog zemnog spoja u istoj mreži. Takav odnos vrijedi samo kod nižih napona $U_n (< 1 \text{ kV})$. Kod viših napona on je nešto manji jer je kod transformatora u spoju ZN potrebno pojačati izolaciju namota prema jezgri. Zbog toga dolazi do rasta dimenzija transformatora u spoju ZN i dodatnih troškova. To nije potrebno kod transformatora u spoju YNd jer se do jezgre nalazi niskonaponski namot. Zbog toga se transformatori za uzemljenje najčešće izvedu u spoju ZN [2].

Kada se transformator za uzemljenje koristi i kao transformator za vlastitu potrošnju, on ima sekundarni namot definirane nazivne snage. Ako bi se kod transformatora za uzemljenje u spoju YNd namot u spoju trokut koristio za napajanje potrošača, postojao bi problem zbog potrebe za uzemljenjem mreže na niskonaponskoj strani. Zbog toga je opet ekonomičnije rješenje izvedba transformatora za uzemljenje u spoju ZN s dodatnim sekundarnim namotom u spoju zvijezda koji se dimenzionira za nazivnu snagu sekundarnog namota [2].

2.3. Aktivni dio transformatora u kotlu

Aktivni dio uzemljivačkog transformatora sastoji se od limova jezgre, SN namota, NN namota, sustava za tlačenje namota, sustava za stezanje limova jezgre i izolacijskog sustava. Jezgra je izvedena s tri stupa, donjim i gornjim jarmom. Namoti su postavljeni na stupove jezgre i međusobno uklinjeni te tako čvrsto povezani s jezgrom. Sustav za tlačenje namota mora podnijeti opterećenja uslijed sila u namotu te osigurati potrebnu čvrstoću i stabilnost namota. Steznicima se osigurava stezanje, odnosno učvršćenje limova jezgre. Slika 3 prikazuje aktivni dio uzemljivačkog transformatora smješten u valovitom kotlu.



Slika 3. Aktivni dio uzemljivačkog transformatora u valovitom kotlu

3. PETERSENOVA PRIGUŠNICA

Prigušnice za gašenje luka ili Petersenove prigušnice su jednofazne prigušnice koje se koriste za kompenzaciju kapacitivnih struja koje se javljaju u elektroenergetskom sustavu u slučaju zemljospoja, odnosno kratkog spoja između voda i zemlje. Spajaju se između zvjezdišta, energetskog transformatora ili uzemljivačkog transformatora, i zemlje u trofaznom elektroenergetskom sustavu [3].

3.1. Dizajn

Petersenove prigušnice obično su uljne i prirodno hladene, za unutarnju ili vanjsku upotrebu. Petersenova prigušnica s odgovarajućim uzemljivačkim transformatorom može se ugraditi u zajednički kotao. Ovakva konfiguracija je opisana u točki 10 u [3]. Petersenove prigušnice obično imaju podesiv inuktivitet, u koracima ili kontinuirano, na određenom opsegu da bi se omogućilo ugađanje prema kapacitetu mreže. Prigušnica treba biti projektirana tako da je na svom opsegu regulacije linearna, kako je propisano u [3], točka 11.4.8. Petersenove prigušnice mogu imati pomoćni namot u svrhu mjerenja i/ili sekundarni namot za spajanje otpornika [3].

3.2. Karakteristični parametri Petersenove prigušnice

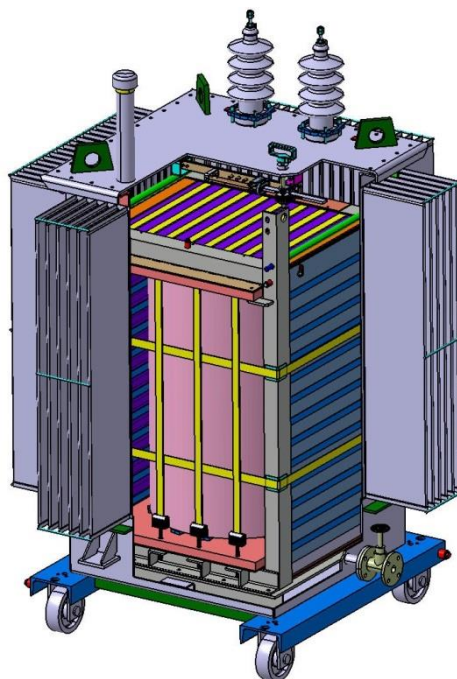
Karakteristični parametri Petersenove prigušnice su [3]:

- nazivni napon – napon koji specificira kupac i mora biti najmanje jednak najvišem naponu koji se može pojaviti između zvjezdišta energetskog transformatora ili uzemljivačkog transformatora i zemlje, tijekom zemljospoja
- maksimalni trajni napon – napon koji specificira kupac i ne smije biti manji od napona koji se može pojaviti u zvjezdištu zbog nesimetrije elektroenergetskog sustava u normalnim pogonskim uvjetima, osim ako je ova vrijednost manja od 10% nazivnog napona, a ako maksimalni trajni napon nije specificiran uzima se da je 10% nazivnog napona
- nazivna struja – struja koju specificira kupac i ne smije biti manja od najveće vrijednosti struje u uvjetima zemljospoja; prigušnica treba biti projektirana da trajno provodi ovu struju, ili za vrijeme trajanja nazivne struje ako je specificirano

- trajanje nazivne struje – vrijeme koje specificira kupac i ne smije biti manje od očekivanog maksimalnog trajanja zemljospoja, osim ako je trajanje nazivne struje trajno
- opseg regulacije – struja koja odgovara nazivnom naponu i frekvenciji može se podešavati tako da se dodaju ili oduzimaju zavoji glavnog namota, mehaničkim mijenjanjem duljine zračnog raspora magnetskog kruga ili uključivanjem/isključivanjem pojedinih namota u paralelni spoj
- pomoćni namot – ako je kupcu potreban pomoćni namot moraju biti specificirani struja, napon i tolerancije na ove vrijednosti; tipične vrijednosti pomoćnog namota su 100 V i 1 A
- sekundarni namot – ako je kupcu potreban sekundarni namot moraju biti specificirani struja, napon i tolerancije na ove vrijednosti; tipične vrijednosti sekundarnog namota su 500 V i 100 A

3.3. Aktivni dio prigušnice u kotlu

Jezgra Petersenove prigušnice izvedena je u obliku okvira koji se slaže od transformatorskog lima. Namot je umetnut u jezgru koja ga zatvara s četiri strane. Konstrukcija je kompleksna jer ima međusobno nepovezane sustave za tlačenje namota i tlačenje limova jezgre. Slika 4 prikazuje aktivni dio Petersenove prigušnice smješten u valovitom kotlu. Osim jezgre s okvirom, kod Petersenove prigušnice se još koriste i dvostupne jezgre s rasporama u stupovima.



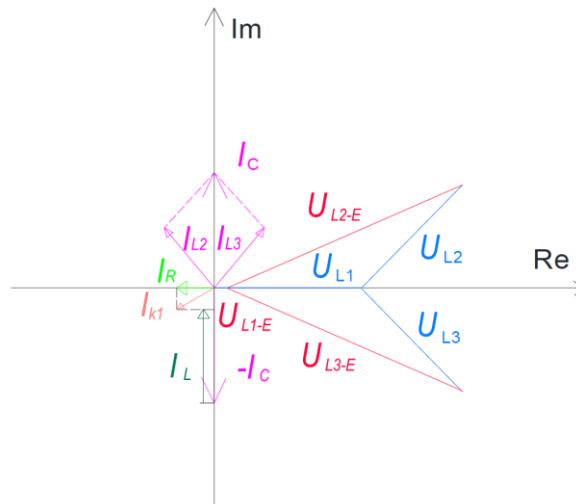
Slika 4. Aktivni dio Petersenove prigušnice u valovitom kotlu

4. PRIMJENA U ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU I ZAHTJEVI TRŽIŠTA

Kada kupcu trebaju oba proizvoda, transformator za uzemljenje i Petersenova prigušnica, najekonomičnije rješenje je napraviti jedan proizvod koji ima funkciju i jednog i drugog pojedinačnog proizvoda. To rješenje je dobiveno tako da se aktivni dijelovi oba proizvoda postave u zajednički kotao. U tom slučaju transformator za uzemljenje ima funkciju uzemljenja izolirane mreže, a prigušnica na sebe preuzima najveći dio kompenzacije kapacitivne struje zemljospoja, odnosno ograničava struju kvara.

Princip rada kompenzacijske prigušnice je jednostavan. U slučaju zemljospoja jedne faze, ukupni kapacitet mreže (C_e) prema zemlji i induktivitet prigušnice (L_{prig}) stvaraju jedan rezonantni krug čija je

impedancija teoretski beskonačna. U ovoj situaciji reaktivna struja na mjestu kvara, neovisno o prijelaznom otporu između faze i zemlje, se poništava.

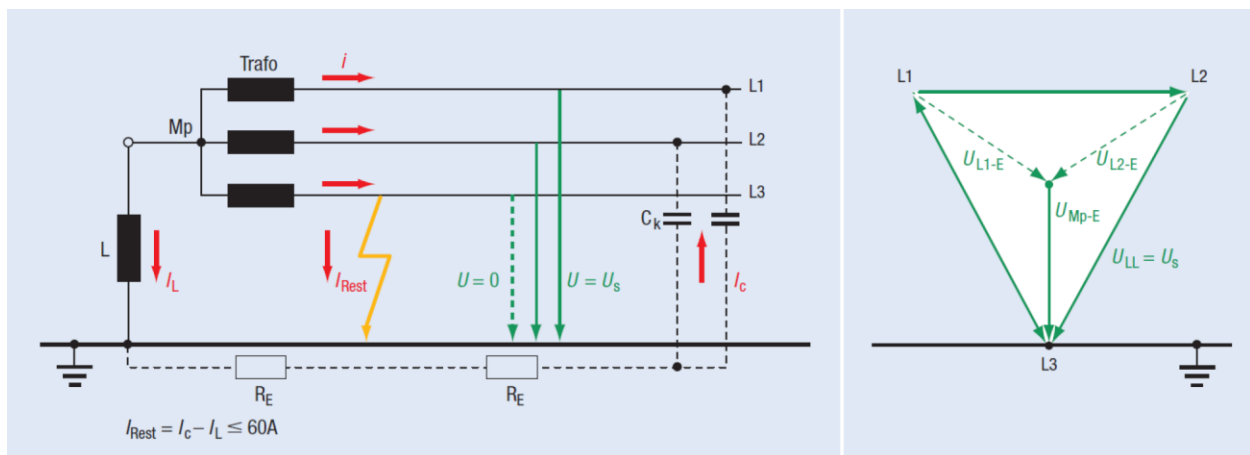


Slika 5. Vektorski dijagram struja i napona u rezonantno uzemljenoj mreži za vrijeme zemljospoja [1]

Slika 5 prikazuje vektorski dijagram struja i napona u mrežama u kojima je ugrađena prigušnica za kompenzaciju kapacitivne komponente struje zemljospoja. Slika 6 prikazuje prilike u mreži uzemljenoj preko automatske kompenzacijske prigušnice za slučaj jednopolnog kratkog spoja [1].

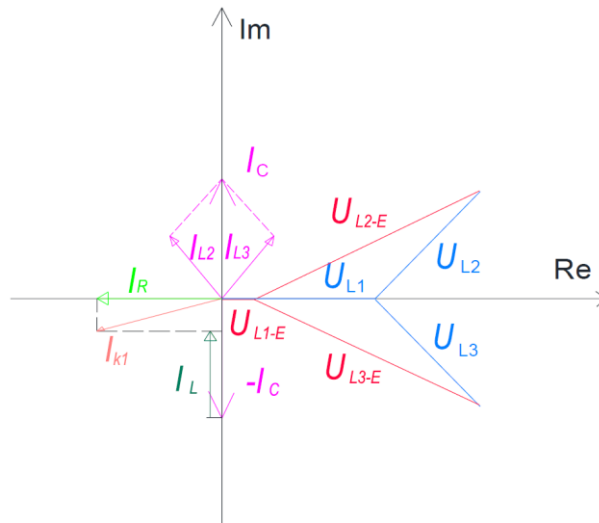
Regulacija prigušnica može biti ručna ili automatska, a još se dijele na stupnjevane i kontinuirane. Kod stupnjevanih kompenzacijskih prigušnica induktivitet prigušnice se može mijenjati najčešće između 20% i 100% maksimalne vrijednosti u pet do deset koraka. Kod kontinuiranih kompenzacijskih prigušnica induktivitet prigušnice se može mijenjati najčešće između 10% i 100% maksimalne vrijednosti. Iako se zovu kontinuirane, zapravo su u osnovi i ove prigušnice stupnjevane, ali imaju puno više koraka regulacije od stupnjevanih, a ograničavajući faktor je izvedba motora za smanjivanje i povećavanje zračnog raspora, tj. koliko se precizno motor može regulirati.

Kompenzacijske prigušnice vezane su sa zvjezdištima transformatora, te tako stvaraju paralelni krug s kapacitetima mreže. Regulacijom induktiviteta prigušnice podešava se strujni krug na vrijednost nulte admittancije mreže, pa je vrijednost preostale struje mala. Preostalu struju sačinjava i mala vrijednost radne struje zbog omskog otpora prigušnice te se to koristi za selektivno djelovanje zaštitnih uređaja. Struja kvara svodi se na nekoliko ampera, što omogućava luku da se sam ugasi. Najveći problem rezonantnog uzemljenja leži u činjenici da se radi o jako malim strujama i da je teško detektirati kvar [1].



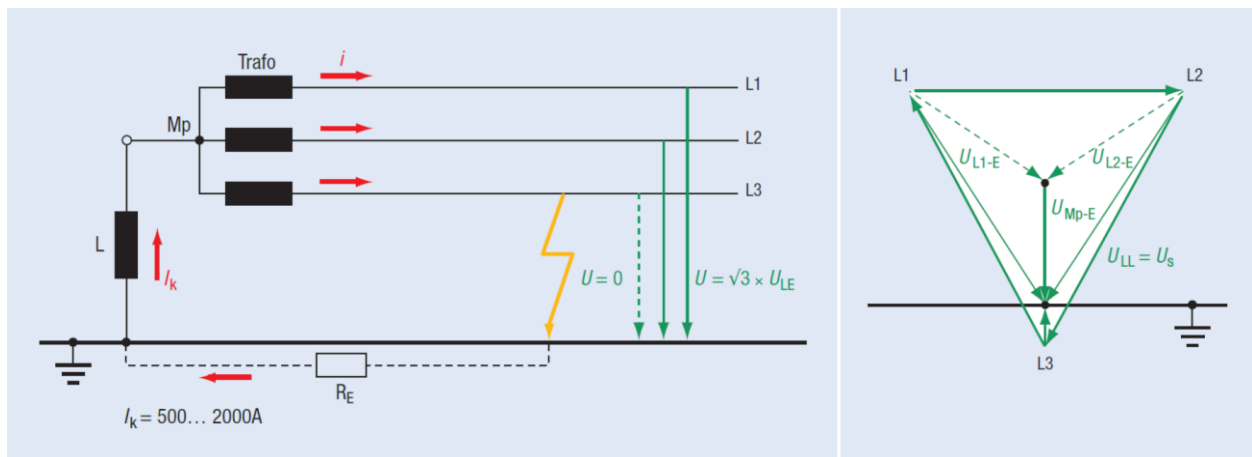
Slika 6. Prilike u mreži uzemljenoj preko automatske kompenzacijske prigušnice za slučaj jednopolnog kratkog spoja

Slika 7 prikazuje prilike u mreži za vrijeme kvara u slučaju kad je mreža uzemljena pomoću paralelno spojenog otpornika i ručno podesive prigušnice.



Slika 7. Prilike u mreži za vrijeme kvara za slučaj uzemljenja pomoću paralelno spojenog otpornika i ručno podesive prigušnice [1]

Primjena ručno regulirane kompenzacijske prigušnice s izvodima koji se podešavaju u beznaponskom stanju je jeftinija varijanta, koja omogućava samo djelomičnu kompenzaciju kapacitivne struje mreže. Takvim rješenjem postiže se djelomična kompenzacija s preostalom jalovom strujom $I_{Rest} = I_L - I_C$, prilikom čega se zadržavaju sve ostale značajke maloomskog uzemljenja te stoga nije potrebno mijenjati zaštitne uređaje. Iznos preostale struje I_{Rest} ovisi o konstrukciji same prigušnice.



Slika 8. Prilike u mreži uzemljenoj preko paralelno spojene ručno podesive kompenzacijske prigušnice i maloomskog otpornika za slučaj jednofaznog kratkog spoja [1]

Slika 8 prikazuje prilike u mreži uzemljenoj pomoću paralelno spojene ručno podesive kompenzacijske prigušnice i maloomskog otpornika za slučaj jednofaznog kratkog spoja. U odnosu na automatsku kompenzacijsku prigušnicu, djelomična kompenzacija nije predviđena za gašenje luka prolaznih kvarova, već služi samo za kompenzaciju kapacitivne komponente struje, odnosno za ostvarivanje povoljnijih uvjeta uzemljenja [1].

Primjena kompenzacijske prigušnice predstavlja izazov i korak naprijed u smanjenju prekida isporuke električne energije, u poboljšanju sigurnosti u svezi napona dodira i smanjenju troškova izgradnje elektroenergetskih objekata. U današnje vrijeme zbog osjetljivosti potrošača i vrlo kratka pauza prije brzog automatskog ponovnog uključivanja se smatra prekidom isporuke električne energije. S kompenzacijskom prigušnicom smanjuje se struja jednofaznog zemljospoja, a time i prolazni kvarovi sa zemljom koji uzrokuju kratkotrajne prekide. Istodobno smanjuju se i vrijednosti potencijala, a dopuštene

vrijednosti otpora uzemljenja u elektroenergetskim objektima povećavaju se zbog manjih struja kvara. Sve to znači smanjenje troškova prilikom izvođenja sustava za uzemljenje. Navedene prednosti dolaze do izražaja u onim objektima koji napajaju zračnu mrežu, gdje su struje zemljospoja relativno velike i gdje je zvjezdište uzemljeno preko malooskog otpornika [1].

Prednosti kompenzacijske prigušnice [1]:

- smanjena opasnost od previsokih potencijala
- zahvaljujući maloj struji kvara omogućeno je samogašenje kvarova, te stoga svaki kvar ne uzrokuje ispad voda u usporedbi s malooskim uzemljenjem, što pridonosi povećanju kvalitete opskrbe električnom energijom
- prilikom gašenja električnog luka povratni napon sporije raste nego za slučaj ostalih načina uzemljenja te je stoga prag samogašenja povećan; iz istog se razloga manji broj jednopolnih kvarova razvija u višepolne kvarove pa je i s tog aspekta broj kvarova manji za slučaj rezonantnog uzemljenja nego pri izoliranom zvjezdištu (pri jednakim uvjetima)
- omogućava se ispravno djelovanje vatmetarske zaštite

Mane kompenzacijske prigušnice [1]:

- slaba osjetljivost na visokoske kvarove (eventualna potreba za sofisticiranijom zaštitom)
- kompenzacijska prigušnica s opremom predstavlja dodatni investicijski trošak

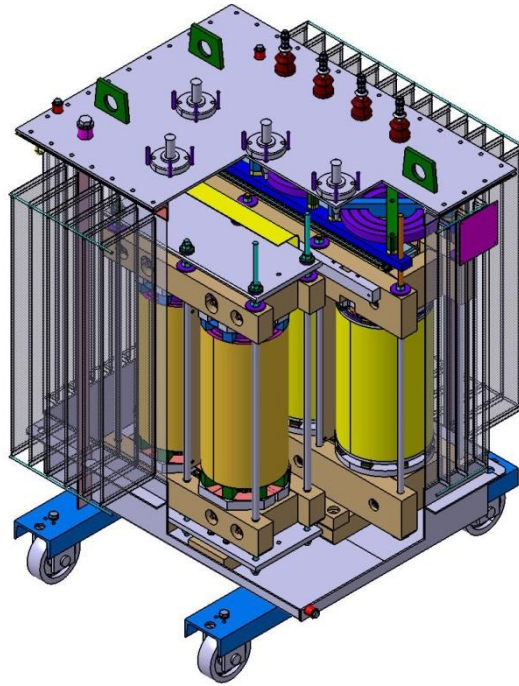
Ovakva rješenja najčešće su tražena na sjevernim tržištima, u zemljama kao što su Švedska i Finska. Razlog tome leži u činjenici da na tim tržištima postoji velik udio kableske mreže te su problemi s kapacitivnim strujama u takvim mrežama izraženi. Još jedan razlog su i pravila na tržištu električne energije gdje su propisani penali u slučaju prekida napajanja dužem od određenog vremenskog razdoblja, a i kvaliteta opskrbe električne energije utječe na poziciju na tržištu.

Najčešći zahtjevi kupaca su da transformator za uzemljenje s Petersenovom prigušnicom mora izdržati struju kvara 5 do 15 minuta, a ponekad i 2 sata ili trajno. To ovisi o mjestu ugradnje i zaštitnoj opremi na mjestu ugradnje. U slučaju da je to mjesto izolirano potrebno je određeno vrijeme za odrediti točnu lokaciju kvara pa ovisno o tome može biti zahtjev da su transformator i prigušnica projektirani za 2 sata ili trajnu struju kvara. Što je zahtjev veći, transformator i prigušnica su veći i skuplji. Još neki od zahtjeva kupaca su da promjena nulte impedancije u ovisnosti o naponu ne smije biti veća od 2% te da omjer radne i reaktivne komponente nulte impedancije ne smije biti veći od 2 do 3%.

5. AKTIVNI DIJELOVI U ZAJEDNIČKOM KOTLU

Ugradnja aktivnog dijela uzemljivačkog transformatora i Petersenove prigušnice u isti kotao utječe na povećanje dimenzija kotla i poklopca. Kotao se povećava prvenstveno zbog potrebe za utapanjem dva aktivna dijela te potrebne količine ulja kao izolacijskog i rashladnog sredstva, dok na poklopcu moramo osigurati prostor za smještaj potrebnog broja provodnika i dodatne opreme. Također, ukupna masa aktivnih dijelova i ulja u kotlu zahtijeva čvršću konstrukciju kotla.

U ovom slučaju jezgra prigušnice je izvedena kao dvostupna s raspoređivanjem u stupovima jer je ta izvedba povoljnija s obzirom na dimenzije. Slika 9 prikazuje aktivne dijelove transformatora i prigušnice smještene u zajednički kotao.



Slika 9. Aktivni dijelovi transformatora i prigušnice u zajedničkom kotlu

6. ZAKLJUČAK

S obzirom na porast udijela kablskih mreža, strožu regulaciju tržišta električne energije te sve više tvrtki koje se bave distribucijom električne energije, raste i potreba za kvalitetnim uzemljenjem mreže, odnosno za proizvodima koji se koriste u tu svrhu. Ti proizvodi, kao što su uzemljivački transformatori i Petersenove prigušnice, omogućuju brzo otklanjanje kvarova te neprekidno napajanje. Proizvođači transformatora i prigušnica stalno moraju biti u trendu sa zahtjevima tržišta te konstantno razvijati svoje proizvode, nuditi kvalitetna i ekonomski isplativa rješenja.

7. LITERATURA

- [1] S. Ravlić, "Prepoznavanje visokoomskih kvarova u mrežama srednjega napona uzemljenima preko transformatora za uzemljenje zvjezdišta", doktorski rad, Zagreb, 2016.
- [2] M. Čorak, "Izbor parametara transformatora za uzemljenje", magistarski rad, Zagreb, 2002.
- [3] IEC 60076-6 Power transformers - part 6 Reactors, prosinac 2007.