

SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET
Stručni studij elektrotehnike

Završni rad

ZAŠTITA DALEKOVODA OD ISPADA IZ SINKRONIZMA

Rijeka, rujan 2015.

Ivan Stanešić

0069059228

SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET
Stručni studij elektrotehnike

Završni rad

ZAŠTITA DALEKOVODA OD ISPADA IZ SINKRONIZMA

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Srđan Skok

Rijeka, rujan 2015.

Ivan Stanešić

0069059228

TEHNIČKI FAKULET

Povjerenstvo za završne ispite
preddiplomskog stručnog studija elektrotehnike
Br.: 602-04/15-14/43
Rijeka, 13.07.2015.

ZADATAK

za završni rad

Pristupnik: Ivan Stanešić

Matični broj:0069059228
Lokalni matični broj: 12800025

Naziv zadatka:

ZAŠTITA DALEKOVODA OD ISPADA IZ SINKRONIZMA

Naziv zadatka na
engleskom jeziku:

POWER SWING PROTECTION OF TRANSMISSION LINE

Sadržaj zadatka:

Potrebno je opisati glavne i rezervne zaštite dalekovoda, kao i načine njihovog podešenja. Opisati osnovne postavke dvosistemskog voda. Opisati zaštitu dalekovoda od ispada iz sinkronizma te potkrijepiti primjerom.

Zadano: 15.07.2015.

Mentor:



Izv. prof. dr. sc. Srđan Skok

Predsjednica Povjerenstva:



Izv. prof. dr. sc. Vera Gradišnik

Zadatak preuzeo dana: 15.07.2015.



(potpis pristupnika)

Dostaviti:

- Predsjednica Povjerenstva
- Mentor
- Djelovođa Povjerenstva
- Evidencija studija
- Pristupnik
- Arhiva Zavoda

SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET
Stručni studij elektrotehnike

IZJAVA

Sukladno članku 10. "Pravilnika o završnom radu, završnom ispitu i završetku stručnih studija" Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, izjavljujem da sam samostalno izradio završni rad prema zadatku za završni rad pod brojem 602-04//15-14/43 (Zaštita dalekovoda od ispada iz sinkronizma) uz konzultiranje s mentorom.

Ivan Stanešić

Rijeka, rujan 2015.

0069059228

Sadržaj

1. UVOD	1
2. NADZEMNI VOD - DALEKOVOD	2
2.1 Vodiči	3
2.2 Izolatori	4
2.3 Stupovi	5
2.4 Pribor	6
2.5 Zaštitno uže	7
2.6 Uzemljenje	8
2.7 Temelj	9
3. ZAŠTITA OD GUBITKA SINKRONIZMA	10
3.1 Glavna i rezervna zaštita dalekovoda	11
3.2 Voditelj postrojenja	12
3.3 Numerički releji	13
3.4 Njihanje snage	14
3.5 Zaštita od gubitka sinkronizma na generatoru	16
4. ZAŠTITA OD GUBITKA SINKRONIZMA NA DALEKOVODU	17
4.1 Oscilacije za vrijeme gubitka sinkronizma	18
4.2 Zahtjevi zaštitnih sustava za vrijeme gubitka sinkronizma	21
4.3 Detekcija gubitka sinkronizma na dalekovodu numeričkim relejom REL561	23
4.4 Isključenja za "putanja prema unutra" i "putanja prema vani"	25
4.5 Djelovanje zaštite od gubitka sinkronizma i dalekovodnih zaštita	27
4.6 Zaštita dalekovoda uzdužnom diferencijalnom i distantnom zaštitom	28
4.6.1 Nadstrujna zaštita	29
4.6.2 Diferencijalna zaštita	30
4.6.3 Distantna zaštita	31
4.7 Povijesni pregled problema nastalih zbog gubitka sinkronizma	32
5. DISTRIBUCIJSKE MREŽE	33
5.1 Dvostrano napajane mreže	33
6. TRANSFORMATORSKA STANICA ŽERJAVINEC	35
6.1 Zaštita na dalekovodu u TS Žerjavinec	37
7. ZAKLJUČAK	42
8. LITERATURA	43

1. UVOD

U svakom elektroenergetskom sustavu, u uvjetima stacionarnog rada, pojavljuje se pitanje održavanja sinkronog paralelnog rada svih generatora. Sustav je potrebno održavati u sinkronizmu ili ravnoteži kako bi se potrošačima omogućila normalna opskrba električnom energijom. Kada je generator priključen preko dalekovoda na elektroenergetski sustav, snaga koju on može predati u mrežu je ograničena. Ako generator u mrežu predaje veću snagu od nazivne, tj. iznad granice statičke stabilnosti, generator prelazi u nestabilno područje rada i time gubi sinkronizam, tj. ravnotežu u odnosu na elektroenergetski sustav. Gubitak sinkronizma je poremećaj sustava koji može prouzrokovati ozbiljne probleme i posljedice u sustavu i njegovo kontroliranje je vrlo zahtjevno zbog kratkog vremena za reakciju. Do gubitka sinkronizma dolazi zbog preopterećenja dalekovoda ili predugog trajanja kratkog spoja u mreži koji za posljedicu mogu imati oštećenje opreme pa ponekad i kolaps cijelog sustava, te je iz tog razloga vrlo važnu ulogu imaju elementi zaštite sustava.

2. NADZEMNI VOD - DALEKOVOD

Dalekovodi ili nadzemni vodovi su elementi elektroenergetskih postrojenja kojima se prenosi energija od velikih elektrana do transformatorskih stanica. Oni služe za prijenos izmjenične ili istosmjerne električne energije visokog napona i velikih snaga na velike udaljenosti. Dalekovodima se električna energija visokih napona prenosi neizoliranim vodičima koji se zbog opasnosti za okolinu postavljaju visoko iznad zemlje. Dalekovodi se dijele prema: nazivnom naponu, broju strujnih krugova, materijalu i konstrukciji vodiča, i materijalu i konstrukciji stupova. Osnovni dijelovi dalekovoda su: vodiči, izolatori, stupovi, spojni, ovjesni i zaštitni pribor, zaštitni vodič, uzemljenje i temelj.



Slika 2.1. Dalekovod

2.1 Vodiči

Element električnog voda koji provodi električnu struju, kao materijal za vodiče najčešće se upotrebljavaju aluminij i aluminijeve slitine, zbog vrlo visoke cijene bakra. Aluminij je puno lakši i jeftiniji od bakra. Vodiči se izrađuju u obliku užeta (sukani), a najčešće se izrađuju od dva različita materijala od kojih jedan služi za vođenje struje (aluminij), a drugi se koristi zbog mehaničkih naprezanja (čelik). Za srednje i niske napone se upotrebljavaju izolirani vodiči, a za visoke napone se upotrebljavaju neizolirani vodiči.



Slika 2.2. Vodič izrađen u obliku užeta

2.2 Izolatori

Između stupa i vodiča na dalekovodu se postavljaju izolatori, oni imaju dvostruku ulogu: električki izoliraju vodiče od stupova i mehanički drže vodiče u određenom položaju. Materijali od kojih se izrađuju izolatori su: porculan, staklo, gume i dr. Izolatori se dijele na: potporne i ovjesne. Potporni izolatori se koriste za kruto učvršćivanje vodiča za vodove niskog napona, a ovjesni izolatori se koriste za zglobno učvršćivanje vodiča za vodove srednjeg i visokog napona.



Slika 2.3. Potporni izolatori



Slika 2.4. Ovjesni izolatori

2.3 Stupovi

Stupovi su elementi nadzemnih vodova na kojima se nalaze vodiči, izolatori, zaštitno uže i sav ostali potreban pribor. Oni osiguravaju vodičima odgovarajuću visinu iznad tla i mehanički su opterećeni. Prema položaju u trasi dijele se na: linijske i kutne. Linijski stupovi se nalaze na ravnom dijelu voda, a kutni stupovi se nalaze na točkama loma. Prema funkciji stupovi se dijele na: nosive i zatezne. Nosivi stupovi služe za nošenje vodiča, a zatezni služe za nošenje vodiča, ali imaju mogućnost i zatezanja vodiča. Materijali koji se upotrebljavaju za izradu stupova su: drvo, čelik, armirani beton i dr. Prednost drvenih stupova je mala težina, jeftini su i brzo se montiraju, upotrebljavaju se u niskonaponskoj mreži, njihova mana je nizak stupanj trajnosti. Čelik se najviše upotrebljava za gradnju dalekovodnih stupova, koristi se za visoke i srednje napone. Njegova prednost je dobra otpornost na mehanička naprezanja, a mana je korozija metala zbog stalne izloženosti vremenskim prilikama. Armirani beton se najviše upotrebljava za srednje i visoke napone, njega karakterizira velika težina, ali zato imaju veliku trajnost i nije potrebno održavanje. Betonski stupovi se koriste u niskonaponskim mrežama.



Slika 2.5. Drveni dalekovodni stup

2.4 Pribor

Pribor koji se upotrebljava na dalekovodnim stupovima je: spojni, ovjesni i zaštitni pribor. Spojni pribor omogućuje prolaz električne struje, koristi se za međusobno spajanje aluminijskih i bakrenih vodiča, te se upotrebljava da bi se zaštitno uže fiksiralo na vrhu stupa i ostvarila pouzdana galvanska veza između stupa i zaštitnog vodiča. Ovjesni pribor se koristi za držanje vodiča, s jedne strane je pričvršćen na stup, a s druge strane na vodič. Zaštitni pribor ima zaštitnu ulogu na dalekovodima koja može biti otklanjanje električnog luka (rogovi), osiguravanje međusobne udaljenosti između vodiča, utezi kojima se smanjuje utjecaj vjetrova i dr.



Slika 2.6. Ovjesni pribor

2.5 Zaštitno uže

Zaštitno uže se nalazi na vrhu dalekovoda i ima ulogu štice faza vodiča od direktnog udara groma, galvanski povezuje uzemljenje svih stupova i pridonosi pouzdanom radu pri kratkom spoju prema zemlji. Koristi se za prijenos informacija optičkim kabelom. Materijali koji se upotrebljavaju za izradu zaštitnog užeta su čelik, kombinirani materijali Al/Fe (aluminij i željezo) i dr. Zaštitno uže na svakom stupu mora biti galvanski povezano sa uzemljivačem preko samog stupa (čelični stupovi) ili preko posebnog dozemnog voda duž stupa (armirani beton) jer kod njega nema metalne veze na stupu, nego se mora postaviti poseban dozemni vod.



Slika 2.7. Zaštitno uže na vrhu dalekovoda

2.6 Uzemljenje

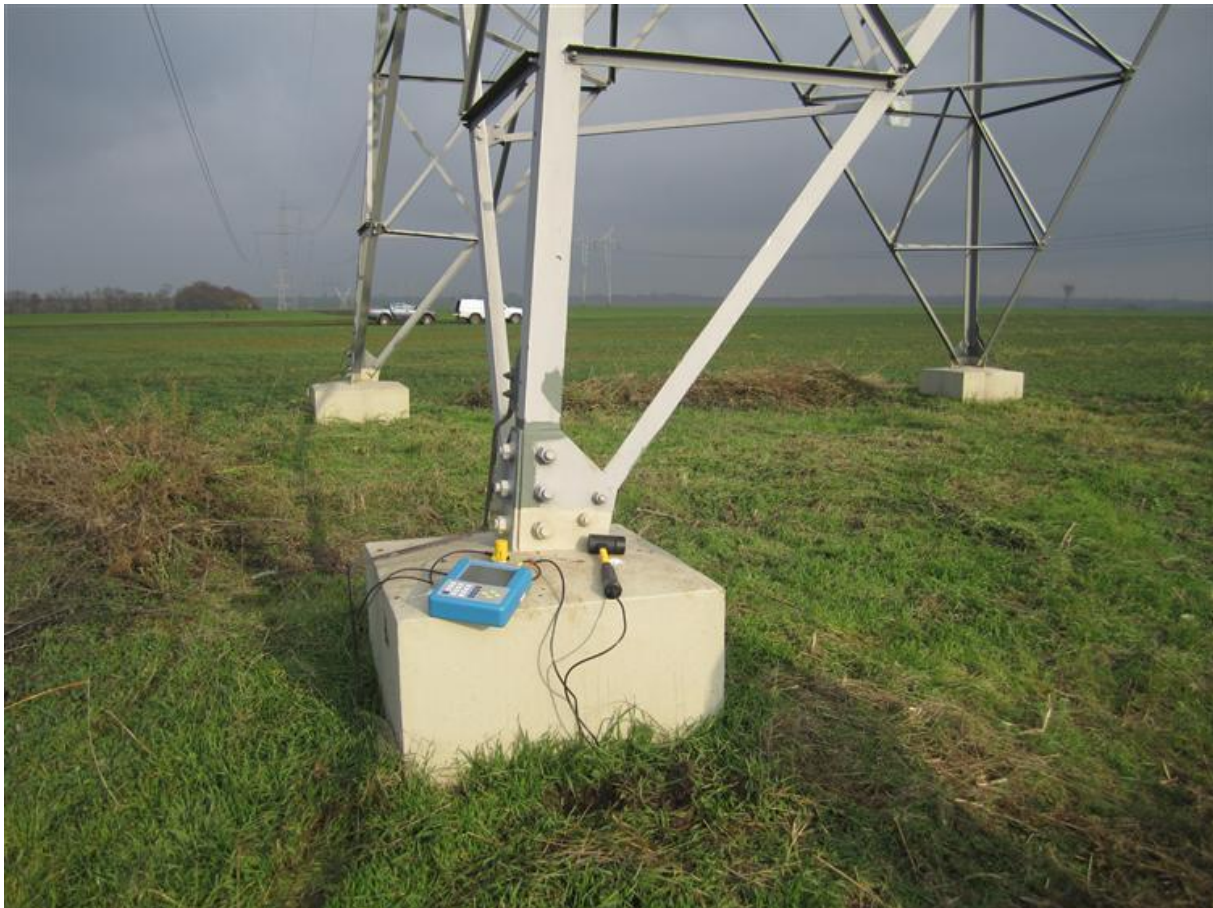
Uzemljenje ima ulogu uspostaviti galvansku vezu sa zemljom svih metalnih dijelova koji nisu pod naponom i tako postići sigurnost pogona. Materijali koji se upotrebljavaju za uzemljivače moraju biti otporni na koroziju pa neki od njih su: bakar, pocinčani čelik i dr.



Slika 2.8. Uzemljenje dalekovodnog stupa

2.7 Temelj

Temelj je dio stupa ukopan u tlo i ima ulogu prenošenja svih sila sa stupa na tlo. Izrađuju se od armiranog i nearmiranog betona. Temelji mogu biti: jedan temelj za cijeli stup ili a svaku nogu stupa poseban temelj.



Slika 2.9. Temelj dalekovodnog stupa

3. ZAŠTITA OD GUBITKA SINKRONIZMA

Kako bi sustav radio pravilno potrebno ga je održavati u sinkronizmu, tj. ravnoteži. Svaki element elektroenergetskog sustava, svojim karakteristikama, utječe na stabilnost sustava. Elektroenergetski sustavi se dimenzioniraju tako da podnesu različite kvarove i poremećaje u mreži radi održavanja sinkronizma sustava. Do poremećaja u mreži dolazi zbog kvarova u prijenosnoj mreži, isključivanjem prijenosnog dalekovoda ili isključenjem većeg generatora. Posljedice tih poremećaja mogu biti: gubitak sinkronizma između generatora i ostatka elektroenergetskog sustava ili između dva povezana elektroenergetska sustava. Ako dođe do gubitka sinkronizma potrebno je u što kraćem vremenskom roku generator ili dio elektroenergetskog sustava u kvaru odvojiti od „zdravog“ dijela elektroenergetskog sustava, kako bi se izbjegla oštećenja opreme i sačuvao sinkronizam ispravnog dijela elektroenergetskog sustava. Kada se dogodi poremećaj tada reakcija sustava na poremećaj ovisi o početnom stanju sustava i o tipu poremećaja. Kvar na kritičnom elementu u sustavu praćen je djelovanjem zaštitnih releja. Takvi kvarovi uzrokuju promjene u tokovima snage, napona na sabirnicama u mreži i promjene kutne brzine rotora generatora. Razlike napona potiču djelovanje regulatora napona generatora, dok promjene u brzini generatora potiču rad regulatora brzine vrtnje. Unatoč djelovanju poremećaja i djelovanju zaštitnih releja, sustav se može održati stabilan, vratiti se u novo stanje ravnoteže i to se opisuje kao stabilno njihanje snage. U slučaju da su njihanja snage nestabilna, to prouzrokuje veće udaljavanje kutova rotora generatora, veće njihanje snage i veće promjene napona i struje u odnosu na normalne i to u konačnici rezultira gubitkom sinkronizma između generatora i ostatka elektroenergetskog sustava.

3.1 Glavna i rezervna zaštita dalekovoda

U prijenosnim mrežama visokog napona zbog potrebe brzog, efikasnog i selektivnog eliminiranja kvara najčešće se upotrebljavaju dva neovisna uređaja koji imaju različite funkcije rada. Kao glavna zaštita dalekovoda koristi se uzdužna diferencijalna zaštita koja još ima i rezervnu distantnu zaštitu, a kao druga glavna zaštita dalekovoda koristi se distantna zaštita i kao rezervna usmjerena dozemna zaštita. Relejna zaštita za vrijeme pojave ispada sinkronizma djeluje na različite načine. Trenutna nadstrujna zaštita će proraditi ukoliko iznos struje na dalekovodu dostigne prag prorade releja. Nadstrujna zaštita s vremenskim zatezanjem ovisi o iznosu struje i o podešenom vremenskom zatezanju releja i o tome ovisi hoće li relej proraditi ili ne. Zaštitni releji prate napone, struje i tokove snaga, i reagiraju na njihove promjene, a pošto reagiraju na stabilno i nestabilno njihovanje snage mogu prouzročiti neselektivno isključivanje generatora, prijenosnih dalekovoda ili drugih elemenata te time prouzročiti isključivanje većeg dijela sustava, što može dovesti čak i do kolapsa cijelog sustava. Zadatak zaštite od gubitka sinkronizma je sprječavanje isključivanja bilo kojeg elementa za vrijeme stabilnih njihovanja snaga. Ukoliko dođe do gubitka sinkronizma između dva međusobno povezana dijela elektroenergetskog sustava, oni se moraju automatski međusobno odvojiti, kako bi se spriječilo oštećenje opreme i druga neželjena isključivanja dijela sustava. Isključivanje prekidača za vrijeme gubitka sinkronizma mora biti oprezno provedeno kako ne bi došlo do oštećenja opreme i dovelo u opasnost osoblje u postrojenjima.

3.2 Voditelj postrojenja

Glavna osoba koja je voditelj cijelog postrojenja se naziva dispečer. Dispečer je stručna osoba, zaposlenik dispečerskog centra ili pogona organizacijske jedinice za upravljanje. On je zadužen za izvođenje ili odobravanje zahvata na pogonskim postrojenjima u svojoj nadležnosti. Dispečer je ujedno odgovoran za vođenje i nadzor pogona postrojenja. U slučaju kvara dispečer izdaje obavijest o kvaru nadležnoj osobi iz Odjela za održavanje dijela postrojenja koje je u kvaru. Zahtjeve za isključenje elektroenergetskog postrojenja ili njegova dijela, radi izvođenja radova, podnosi organizator radova, a odobrava ih dispečer.



Slika 3.1. Nacionalni dispečerski centar (HEP) Zagreb

3.3 Numerički releji

Prije pojave numeričkih releja zaštita od gubitka sinkronizma bila je tip zaštite koji se ugrađivao samo za velike turbogeneratore, i u pojedinim elektroenergetskih sustavima kao zaštita od gubitka sinkronizma na dalekovodima. Elektromehanički i statički releji zbog svoje komplicirane izvedbe i neselektivnog djelovanja nisu bili upotrebljavani i nisu se koristili za sustave zaštite kako u inozemnim tako i u hrvatskoj elektroprivredi. Njihova cijena je bila relativno velika, a zauzimali su i puno prostora u ormarima relejne zaštite. Pojavom numeričkih releja postignuta su znatna unaprjeđenja u sustavima zaštite koja se nisu mogla postići klasičnim sustavima zaštite pa su tako mnogi problemi koji su prije bili teško rješivi uspješno riješeni kvalitetnim i brzim numeričkim relejima. Numerički releji u odnosu na klasične imaju mnoge prednosti: brže i lakše održavanje sustava, omogućena detaljna analiza kvara zbog većeg broja informacija o svim stanjima u postrojenju, mogućnost daljinske komunikacije, može se podesiti brzo djelovanje releja (20ms ili kraće), povećana točnost donošenja odluke, mogućnost promjene radnih karakteristika i promjene podešenih veličina itd. Gubitak sinkronizma nastaje zbog zakašnjelog otklanjanja kvara i najčešće rezultira oštećenjem primarne opreme i uzrokuje prekid u opskrbi električnom energijom potrošačima. U HE Čakovec generatori gube sinkronizam nakon otprilike 250 ms, a generatori u HE Dubrava nakon otprilike 300 ms. U uvjetima kada je trajanje kratkog spoja duže od spomenutog, generatori prelaze u asinkroni rad, odnosno dolazi do gubitka sinkronizma pa se upravo zbog tih problema sve više počela upotrebljavati i ugrađivati numerička zaštita.

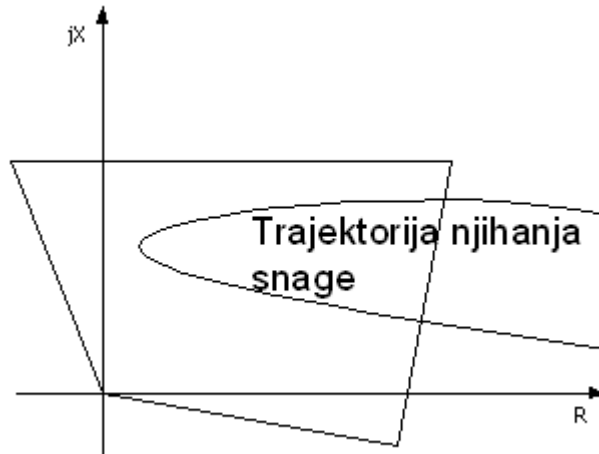


Slika 3.2. Numerički releji

3.4 Njihanje snage

Sustav zaštite od gubitka sinkronizma ima funkciju detektiranja njihanja snage koristeći činjenicu da je promjena struje i napona za vrijeme njihanja snage spora, dok njihove brze promjene ukazuju na to da se radi o kvaru u sustavu. Kratki spoj je elektromagnetski prijelazni proces s malom vremenskom konstantom. U slučaju kvara impedancija se promjeni od svoje uobičajene vrijednosti do iznosa impedancije kvara u svega nekoliko milisekundi. Njihanje snage je elektromehanički prijelazni proces s vremenskom konstantom dužom od vremenske konstante kvara. Upravo brzina promjene impedancije za vrijeme njihanja snage osnovni je kriterij za detektiranje uvjeta gubitka sinkronizma i uvjeta za blokadu distantne zaštite. Promjene u elektroenergetskom sustavu prouzrokuju oscilacije rotirajućih tijela, kao što su velike promjene u opterećenju ili promjene uklopnog stanja uzrokovane različitim kvarovima. Rotirajuća tijela nastoje održati stabilnu radnu točku, one osciliraju s prigušenim njihanjima sve dok ne postignu stabilnost. Oscilacije snage ovise o tipu poremećaja i o karakteristikama stabilnosti sustava i uzrokuju amplitudne i fazne razlike napona između pojedinih dijelova sustava i to se opisuje kao njihanje snage jednog dijela sustava prema drugom.

Na slici 3.3 prikazano je njihanje snage u sustavu kroz prikaz impedancije u radnoj karakteristici distantnog releja. Distantni relej prepoznaje ova njihanja snage kao njihanja točke mjerene impedancije i ukoliko točka mjerene impedancije uđe u područje rada releja, može doći do neželjenog isključenja ukoliko se prethodno ne detektira stabilno njihanje snage i blokira djelovanje releja. Brzina promjene impedancije za vrijeme njihanja snage je puno sporija u odnosu na promjenu impedancije pri pojavi kratkog spoja u sustavu.



Slika 3.3. Trajektorija mjerene impedancije u impedantnoj ravnini i radna karakteristika distantnog releja

3.5 Zaštita od gubitka sinkronizma na generatoru

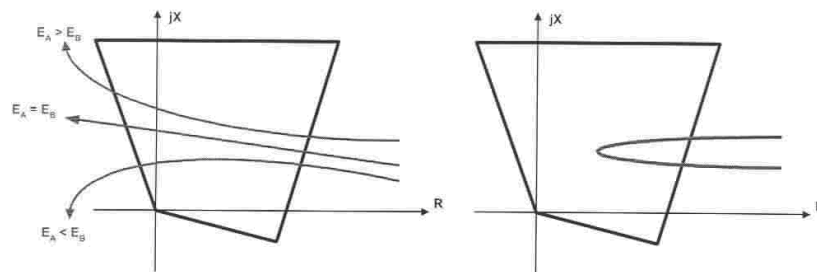
Velike promjene napona, struje i frekvencije koje se događaju pri pojavi gubitka sinkronizma vrlo su opasne za generator. Vrijednost struja ponekad dostiže vrijednosti struja kratkog spoja koje prouzrokuju značajna mehanička i toplinska naprezanja koja mogu oštetiti i skratiti životni vijek generatoru. Kako bi se smanjili nepotrebni troškovi i spriječila moguća šteta, glavni zadatak pri uvjetima gubitka sinkronizma je sigurno isključenje generatora sa mreže, te spriječiti negativno djelovanje na sustav. Pri uvjetima gubitka sinkronizma većina metoda koje se koriste temelje se na mjerenju brzine promjene impedancije u jedinici vremena, ali radi postizanja kvalitetnije selektivnosti rada zaštite pri gubitku sinkronizma bolji se rezultati dobivaju ograničenjem dosega releja nego vremenskim stupnjevanjem. Zaštita od gubitka sinkronizma će raditi ako je vrijednost impedancije stroja s gubitkom sinkronizma i ostatka sustava prošla kroz impedantnu karakteristiku releja koji mjeri tu impedanciju uzimajući podatke iz mjernih transformatora na izvodima generatora na koje je priključen. Za djelovanje zaštite za isključenje potrebno je i odgovarajući broj prolazaka vrijednosti impedancije kroz impedantnu karakteristiku koji je definiran u releju. Za svaki se generator definira koliko je njihanja dozvoljeno generatoru u uvjetima gubitka sinkronizma prije nego se isključi sa mreže. Kada poremećaj sustava ne ugrožava i ne smanjuje životni vijek generatora, tj. za vrijeme stabilnih njihanja treba se spriječiti isključivanje generatora iz mreže tako da se osigura normalna opskrba električnom energijom potrošačima.

4. ZAŠTITA OD GUBITKA SINKRONIZMA NA DALEKOVODU

Smetnje u ravnoteži električne energije elektroenergetskog sustava koje uzrokuju velike oscilacije snage i nastanak kvarova mogu prouzročiti njihanje snage. Kada jedan dio elektroenergetskog sustava uđe u područje nestabilnosti tada svi generatori u sustavu nastoje zadržati stabilnost sustava u cjelini. Stabilnost sustava se zadržava kada se oscilacije prigušuju, no ako se oscilacije povećavaju, to dovodi do nestabilnosti i gubitka sinkronizma između generatora u sustavu. U tim uvjetima uzbuda strojeva miruje ali su prisutne snažne oscilacije aktivne i reaktivne snage. Suvremeni elektroenergetski sustavi dizajnirani su tako da imaju visok stupanj sigurnosti protiv njihanja snage i gubitka sinkronizma. Njihanje snage se dešava za vrijeme kvarova i nenormalnih uvjeta u sustavu. Oscilacije uzrokovane njihanjem snage negativno utječu na generatore i na ostalu opremu pulsirajućim mehaničkim naprezanjima. Prije upotrebe numeričkih releja, relejna zaštita od gubitka sinkronizma upotrebljavala se samo u blizini generatora, te njena upotreba u mreži nije bila uobičajena. Moderna zaštita bazirana na mikroprocesorima omogućava korištenje zaštite od gubitka sinkronizma i duboko unutar elektroenergetskog sustava. Na taj način se postiže bolje selektivno djelovanje zaštite od gubitka sinkronizma uz dijeljenje elektroenergetskog sustava u električne cjeline na unaprijed definiranim mjestima za dijeljenje sustava.

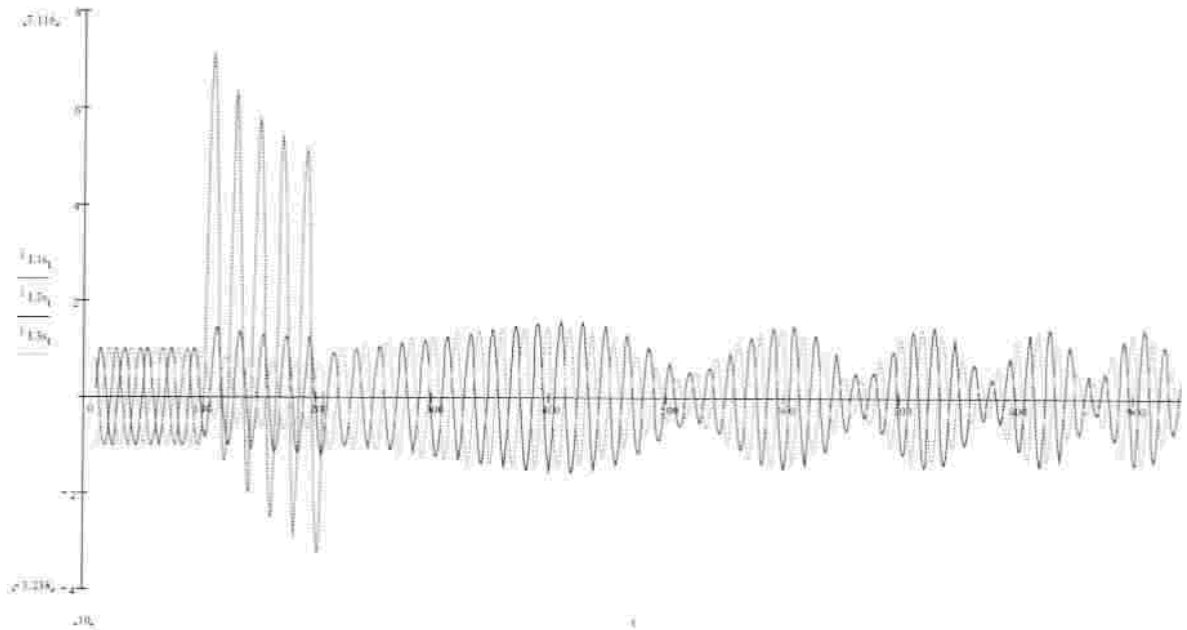
4.1 Oscilacije za vrijeme gubitka sinkronizma

Na slici 4.1 je prikazana trajektorija impedancije u impedantnoj karakteristici za vrijeme oscilacija u sustavu. Slika prikazuje primjer jedne radne karakteristike moderne distantne zaštite. Ako izmjerena impedancija uđe u područje rada distantne zaštite to može prouzročiti njeno neželjeno djelovanje. Zbog toga je neophodno otkriti njihanje snage i spriječiti neželjeno djelovanje zaštite, prije nego izmjerena impedancija uđe u područje rada distantnog releja. U slučaju nestabilnosti, oscilacije se povećavaju i dolazi do gubitka sinkronizma između generatora u sustavu.



Slika 4.1. Primjer trajektorija impedancije u impedantnoj karakteristici za vrijeme oscilacija u sustavu

Moderni elektroenergetski sustavi rade vrlo blizu svojih termičkih ograničenja. Oscilacije u sustavu je nužno prepoznati pomoću mjernih elemenata. Uređaji distantne zaštite moraju imati funkciju otkrivanja oscilacija u svakoj fazi posebno i spriječiti neselektivno djelovanje glavne zaštitne funkcije. U slučaju pojave kvara početna brzina oscilacija je sporija i povećava se s vremenom ako sustav uđe u nepovratno nestabilno područje. Zaštita od gubitka sinkronizma koristi kriterij prepoznavanja brzinu promjene impedancije između sporih početnih kvarova i povećane brzine promjene impedancije pri neprigušenim oscilacijama.



Slika 4.2. Promjene struje na dalekovodu pri uvjetima gubitka sinkronizma

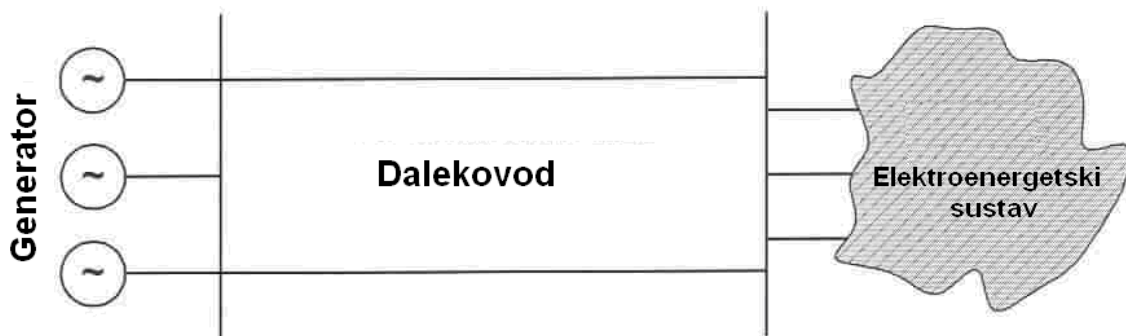
Slika 4.2. predstavlja promjenu struje šticekog dalekovoda za vrijeme gubitka sinkronizma u elektroenergetskom sustavu zbog oscilacija pri jednopolnom kvara prema zemlji u fazi L1.

U normalnom pogonu vektori napona generatora i elektroenergetskog sustava rotiraju sinkronom kutnom brzinom i kut između njih proporcionalan je radnoj snazi predanoj dalekovodu. Pri gubitku stabilnosti paralelnog rada prekida se predaja snage generatora u elektroenergetski sustav, povećava se frekvencija okretanja turbine i generatora, te zbog toga se javlja nedostatak proizvedene snage u elektroenergetskom sustavu i generatori smanjuju frekvenciju rotiranja. Zbog toga se frekvencija napona elektroenergetskog sustava smanjuje, te se tako vektori napona generatora i vektori elektroenergetskog sustava okreću različitim frekvencijama i dolazi do pojave klizanja.

Prvi znak asinkronog pogona je promjena kuta napona od 0° do 360° s frekvencijom klizanja. Tijekom asinkronog pogona frekvencija klizanja nije stabilna, već se mijenja. Regulator frekvencije okretanja nastoji uspostaviti normalnu frekvenciju okretanja turbine i pod njegovim djelovanjem se smanjuje frekvencija napona generatora. Početna frekvencija klizanja je manja od frekvencije na kraju klizanja, te se kreće u granicama od 2 Hz od 10 Hz. Pri uvjetima gubitka sinkronizma događaju se promjene u iznosima napona i struje i one ovise o vrijednosti kuta φ . Kada je vrijednost kuta φ jednaka 0° iznos napona je maksimalan, a vrijednost struje je 0A, a kada je vrijednost kuta φ jednaka 180° struja je maksimalna, a napon je 0V. Za razliku od napona i struje koje zavise od kuta $\varphi/2$, radna snaga ovisi o punom kutu. Radna snaga za kuteve od 0° do 180° ima jedan predznak i dostiže maksimalan iznos pri 90° , a za kuteve od 180° do 360° , dostiže svoj maksimalan iznos pri 270° . Generator elektrane u prvoj poluperiodi klizanja radi u generatorskom režimu, a u drugoj poluperiodi radi u motorskom režimu rada. Srednja aktivna snaga tijekom asinkronog pogona je veoma mala i iz toga slijedi ga generator koji gubi sinkronizam ne daje snagu. Asinkroni pogon je praćen velikim sniženjem napona uz protjecanje velikih struja njihanja koje mogu biti reda veličine struja kratkog spoja i sve to ozbiljno šteti normalnom pogonu i opasno je za opremu i potrošače. Zato asinkroni pogon mora biti ograničen na dva ili tri njihanja.

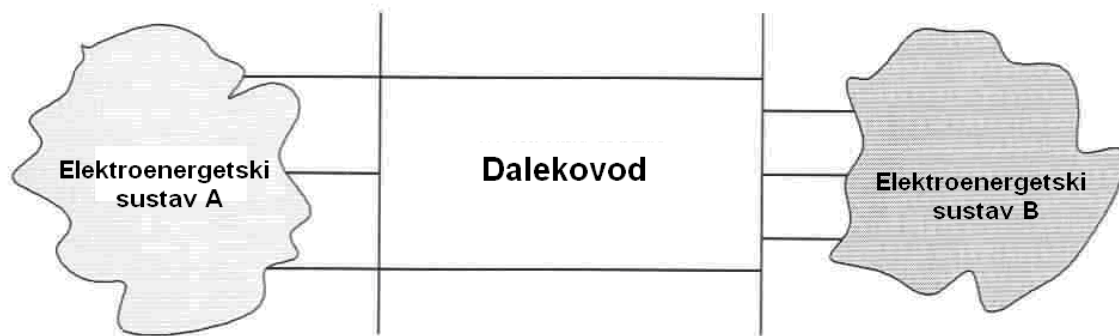
4.2 Zahtjevi zaštitnih sustava za vrijeme gubitka sinkronizma

Oscilacije snage u elektroenergetskim sustavima pojavljuju se kao posljedica naglih promjena, uzrokovanih zbog velikih promjena opterećenja i različitih kvarova. Za vrijeme oscilacija mogu se pojaviti kvarovi na elementima sustava i zbog toga se postavljaju veliki zahtjevi za modernu zaštitu, tj. numeričke releje. Zaštitni sustav mora ostati stabilan za vrijeme vanjskih kvarova i mora biti pouzdan za sve vrste unutarnjih kvarova. Zbog različitih funkcija numeričke zaštite moguće je prilagoditi njihov rad i rad sustava pri različitim uvjetima. Moderna brza digitalna komunikacija povećava funkcionalnost sustava. U zaštitnim sustavima primjenjuju se dva zahtjeva kada rotirajuća tijela u elektroenergetskom sustavu krenu u oscilacije i ona ovise o pravilima koja se odnose na štice objekta.



Slika 4.3. Predstavlja dalekovod koji povezuje centar proizvodnje s ostatkom elektroenergetsko sustava

Zaštita treba zadržati štice element u pogonu koliko je god to moguće i od zaštite dalekovoda se očekuje selektivnost za sve vrste kvarova i poremećaja koji se mogu dogoditi za vrijeme oscilacija. Uloga generatorske zaštite je spriječiti oštećenje generatora u elektrani i zaštita od gubitka sinkronizma se upotrebljava u blizini generatora.

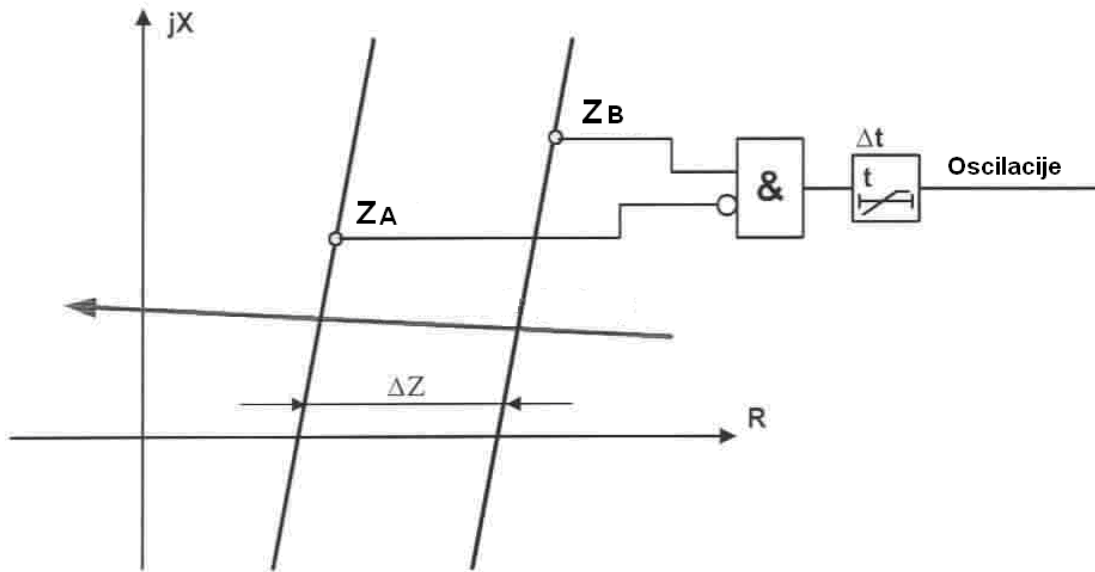


Slika 4.4. Predstavlja dalekovod koji povezuje dva neovisna elektroenergetska sustava

Mehaničke oscilacije koje se javljaju između dva sustava su prikazane stabilnostima svakog sustava posebno. U slučaju gubitka sinkronizma veza između ta dva elektroenergetska sustava se može prekinuti i tako spriječiti totalni kolaps sustava odvajanjem zdravog sustava od sustava u kvaru. Zaštita od gubitka sinkronizma je smještena na dalekovodima, a ponekad i u svakom elektroenergetskom sustavu.

4.3 Detekcija gubitka sinkronizma na dalekovodu numeričkim relejom REL561

U ovom dijelu bit će prikazane mogućnosti i način rada zaštite od gubitka sinkronizma dalekovoda koja je ostvarena pomoću numeričkog releja REL561, proizvođača ABB. Princip rada koji se koristi unutar numeričkog releja REL561 za otkrivanje oscilacija je primjena metode $\Delta Z/\Delta t$, tj. brzina promjene iznosa impedancije u jedinici vremena.



Slika 4.5. Detekcija oscilacija pomoću $\Delta Z/\Delta t$ metode

Oscilacije prepoznamo pomoću mjernog elementa ukoliko se mjerena impedancija mijenja u granicama između Z_A i Z_B na karakteristici u vremenu koje je duže od podešenog Δt na odgovarajuće vrijeme. Brže promjene mjerenja impedancije prepoznaju se kao kvarovi. Njihanje snage i gubitak sinkronizma nisu samo trofazne pojave, pa je zbog tog potrebno nadzirati promjenu impedancije u svakoj fazi posebno. Zaštita od gubitka sinkronizma koristi se činjenicom da su početne oscilacije spore, te povećavaju brzinu nakon nekoliko broja njihanja. Prve oscilacije se otkrivaju pomoću podešenog vremenskog brojača s dužim vremenom, a uzastopne oscilacije se otkrivaju pomoću dodatnog vremenskog brojača koji imaju kraće podešeno vrijeme radi mogućnosti otkrivanja brzih oscilacija.

Oscilacija je prepoznata ako je otkrivana u jednoj ili dvije od tri faze. Oscilacija je prepoznata kao uzastopna ako je mjerena impedancija barem u jednoj fazi ušla kroz vanjsku granicu definiranog vremenskog intervala. Oscilacija je prepoznata kao prijelazna ako iznos impedancije uđu u impedantnu karakteristiku s jedne strane i izađe s druge strane karakteristike.

Prepoznajemo dva različita tipa prijelaza:

1. Prijelaz od naprijed prema natrag, kada je izmjerena impedancija prvo ušla u desnu stranu R osi i izašla s lijeve strane R osi karakteristike.
2. Prijelaz od natrag prema naprijed, kada je izmjerena impedancija prvo ušla s lijeve strane R osi i izašla s desne strane R osi karakteristike.

Nije potrebno uvijek isključiti prekidač nakon prvog preskoka i to se posebno odnosi na prigušeno njihanje koje se dogodilo zbog nenormalnih uvjeta u sustavu. Ako se preskok dogodi u periodu beznaponske pauze za vrijeme jednopolnog automatskog ponovnog uključanja u prijenosnom dalekovodu, još je uvijek moguće da se sustav oporavi nakon što prekidač uklopi treću fazu. No međutim ukoliko se dogodi više uzastopnih preskoka, tada je najbolje isključiti dalekovod u cilju sprječavanja velikih mehaničkih i električnih naprezanja primarne opreme pa i raspad cijelog sustava.

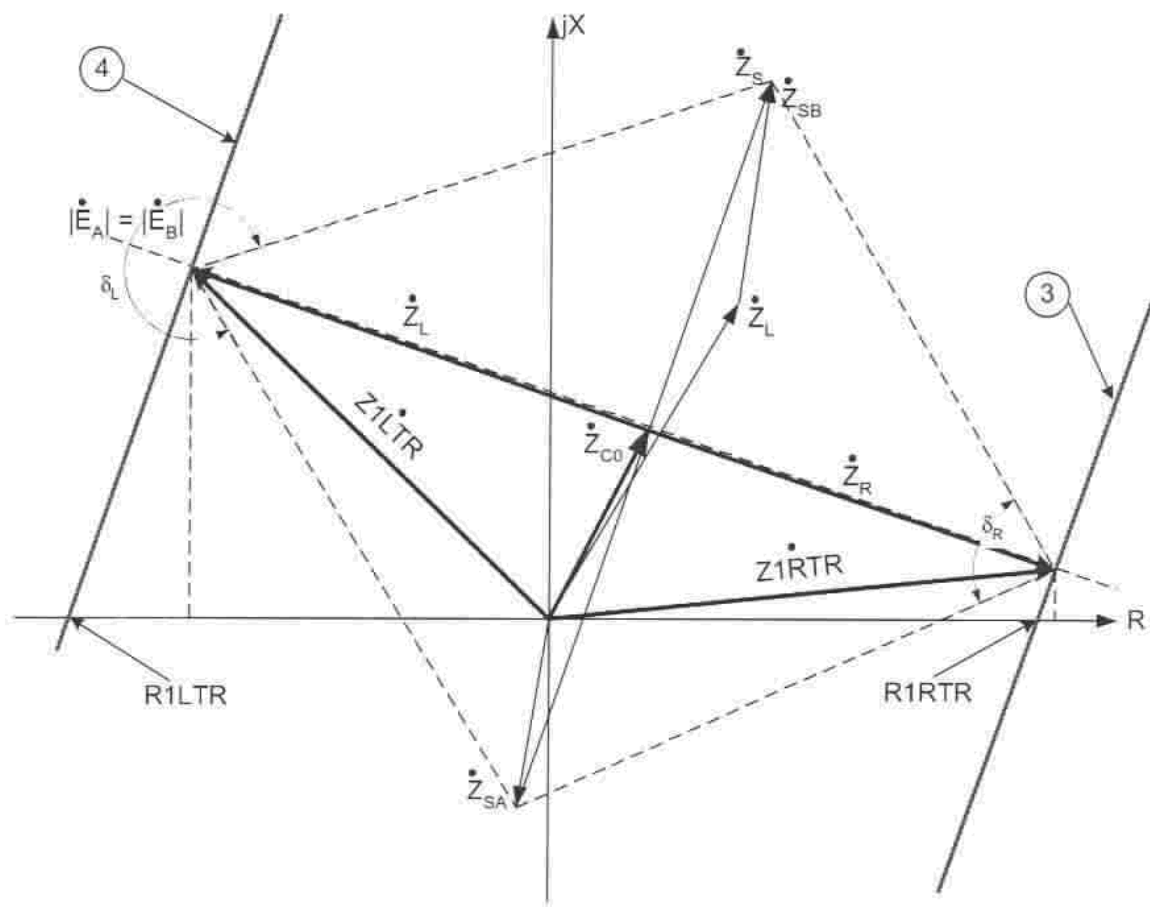
4.4 Isključenja za "putanja prema unutra" i "putanja prema vani"

Relej REL561 može se dizajnirati s dvije rezistivne iskladne karakteristike u svrhu zaštite od gubitka sinkronizma:

1. Desna iskladna karakteristika koja obuhvaća impedanciju prvog i četvrtog kvadranta
2. Lijeva iskladna karakteristika koja obuhvaća impedanciju drugog i trećeg kvadranta

Rezistivna iskladna karakteristika ima mogućnost upravljanja iskladnim kutem između elektromotornih sila oba generatora i na taj način sprječava velika električna i mehanička naprezanja prekidača. Prema tome postoje dva radna moda, ovisno o tome koja je karakteristika odabrana za isključenje pri impedantnom prijelazu:

- a) Putanja prema unutra – Zaštita od gubitka sinkronizma će izdati naredbu za isključenje ako je utvrđen potreban broj prijelaza i mjerena impedancija je ušla u područje lijevo od radne karakteristike 3
- b) Putanja prema unutra – Zaštita od gubitka sinkronizma će izdati naredbu za isključenje ako je utvrđen potreban broj prijelaza i mjerena impedancija je ušla u područje desno od radne karakteristike 4
- c) Putanja prema van – Zaštita od gubitka sinkronizma će izdati naredbu za isključenje ako je utvrđen potreban broj prijelaza i mjerena impedancija je ušla u područje desno od radne karakteristike 3
- d) Putanja prema van – Zaštita od gubitka sinkronizma će izdati naredbu za isključenje ako je utvrđen potreban broj prijelaza i mjerena impedancija je ušla u područje lijevo od radne karakteristike 4



Slika 4.6. Lijeva i desna isklopna karakteristika

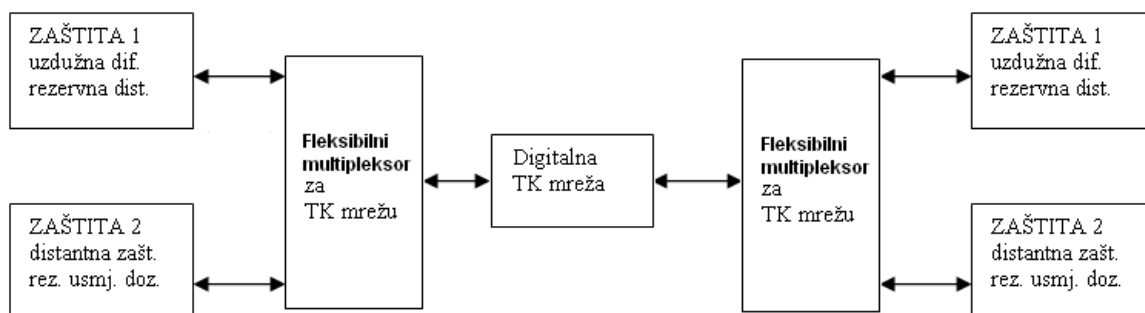
Zaštita od gubitka sinkronizma mora razlikovati broj preskoka unutar šticeenog objekta u mreži. Broj preskoka koji je dozvoljen od strane zaštite od gubitka sinkronizma manji je bliže releju, tj. unutar šticeenog objekta, a veći broj preskoka je dozvoljen u mreži, tj. izvan šticeenog objekta.

4.5 Djelovanje zaštite od gubitka sinkronizma i dalekovodnih zaštita

Pri uvjetima gubitka sinkronizma u elektroenergetskom sustavu nastaju oscilacije napona i struje koje su vrlo opasne zbog velikih iznosa struja. Pri takvim uvjetima mogući su kvarovi kao što su preskok na prekidaču i slični koji mogu izazvati velike probleme u sustavu, pa čak dovesti i do kolapsa sustava. Kako se to ne bi dogodilo potrebno je opremiti sustav pouzdanim zaštitnim uređajima. Iako gubitak sinkronizma nije tako česta pojava u sustavu, potrebno mu je ipak posvetiti pažnju i kada dođe do gubitka sinkronizma vrlo je važno brzo reagirati u cilju kontroliranog razdvajanja sustava prema unaprijed definiranim točkama kako bi se osigurao normalan rad ostatka elektroenergetskog sustava. Zahtjevi koji se postavljaju na relejnu zaštitu pri uvjetima gubitka sinkronizma trebaju biti isti onim zahtjevima pri kojima relejna zaštita funkcionira u normalnim uvjetima u vidu pouzdanosti, selektivnosti, osjetljivosti i brzine prorade. Pri uvjetima gubitka sinkronizma primjenjuju se dvije osnovne funkcije. Prva funkcija sustava zaštite od gubitka sinkronizma prepoznaje nestabilno njihanje snage od stabilnih njihanja i započinje dijeljenje sustava u pojedine izolirane jedinice kako bi se postigao jednak omjer proizvodnje i potrošnje električne energije. Druga funkcija mora blokirati djelovanje distantne zaštite za vrijeme stabilnih njihanja snage i mora dozvoliti djelovanje releja za vrijeme kvarova pri uvjetima gubitka sinkronizma.

4.6 Zaštita dalekovoda uzdužnom diferencijalnom i distantnom zaštitom

U prijenosnim mrežama visokog napona zbog potrebe brzog, efikasnog i selektivnog eliminiranja kvara najčešće se upotrebljavaju dva nezavisna uređaja koji imaju različite funkcije djelovanja. Kao glavna zaštita dalekovoda koristi se uzdužna diferencijalna zaštita koja još ima i rezervnu distantnu zaštitu, a kao druga glavna zaštita dalekovoda koristi se distantna zaštita i kao rezervna se koristi umjerena dozemna zaštita. Kako ne bi došlo do neželjenog djelovanja distantne zaštite pri stabilnim njihanjima u mreži, pri čemu mjerena impedancija može ući u radnu karakteristiku releja distantne zaštite. Isto tako potrebno je pri nestabilnim njihanjima u mreži blokirati rad distantne zaštite radi selektivnog isključivanja mjesta kvara. U releju s uzdužnom diferencijalnom zaštitom, za vrijeme dok je komunikacija s relejima ispravna i nema blokade releja, blokira se rad prve distantne zone. Time se dozvoljava uzdužnoj diferencijalnoj zaštiti da selektivno djeluje na kvarove unutar dalekovoda i omogućava se selektivan rad pri uvjetima gubitka sinkronizma. Diferencijalna zaštita je pouzdanija od distantne jer će diferencijalna zaštita raditi i pri gubitku sinkronizma, kada je pouzdanost rada distantne zaštite upitna.



Slika 4.7. Konceptija zaštite s dvije glavne zaštite u prijenosnoj mreži

4.6.1 Nadstrujna zaštita

Nadstrujna zaštita je strujna zaštita koja djeluje kad struja na mjestu ugradnje releja prekorači određenu vrijednost struje. Djeluju na isključenje prekidača mehaničkim ili električnim putem. Primarni okidači djeluju na isključenje prekidača mehaničkim putem, a nadstrujni sekundarni releji djeluju električnim putem na isključenje prekidača. Nalaze se pod naponom dijela mreže koju štite i prema vremenskoj karakteristici dijele se na:

1. Trenutne (brze) releje – djeluju čim struja šticeenog elementa prijeđe određenu vrijednost
2. Releji s vremenskim zatezanjem
 - a) releji s nezavisnom vremenskom karakteristikom – prorađuju kada struja premaši određenu vrijednost i isključuju se nakon isteka podešenog vremena
 - b) releji sa zavisnom vremenskom karakteristikom – njihovo vrijeme djelovanja je kraće što je iznos struje kvara veći

Primarni okidači se koriste za zaštitu od preopterećenja i kratkih spojeva na transformatorima i srednjenaponskim dalekovodima, u industrijskim postrojenjima i tamo gdje nema dodatnih izvora napajanja zaštite jer je okidač ugrađen direktno na prekidaču. Nadstrujni sekundarni releji su točniji, pouzdaniji i osjetljiviji i oni se koriste za zaštitu generatora, transformatora, motora i vodova od velikih struja i kratkih spojeva.



Slika 4.8. Releji nadstrujne zaštite Sigma XS

4.6.2 Diferencijalna zaštita

Diferencijalna zaštita je zaštita koja uspoređuje iznos struje na početku i na kraju voda i mjeri njenu razliku. Uspoređivanje se provodi pomoćnim vodom ili komunikacijskim kabelom. Kroz releje za vrijeme normalnog pogona ne teče nikakva struja, dok za vrijeme kvara kroz relej protječe struja i onda on daje naredbu za isključenje. Diferencijalna zaštita se uvijek izvodi trolejno. Diferencijalni releji mogu biti: uzdužni i poprečni. Uzdužni releji uspoređuju i mjere struje na početku i na kraju voda, a poprečni releji mjere struje dva ili više voda. Diferencijalni releji se spajaju na sekundarnu stranu strujnog mjernog transformatora, Diferencijalni releji djeluju na trenutno isključenje svih kratkih spojeva na šticećenom dijelu, ali samo ako se kvar pojavio u šticećenom dijelu, ako se kvar pojavio izvan šticećenog područja releji ne smiju djelovati.



Slika 4.9. Diferencijalni relej

4.6.3 Distantna zaštita

Distantna zaštita je zaštita kojoj djelovanje ovisi o udaljenosti mjesta kvara od distantnog releja. Djelovanje distantnog releja se zasniva na činjenici da što je kvar udaljeniji od releja, to će impedancija biti veća pa će i vrijeme prorade releja biti duže. Za vrijeme pojave kratkog spoja struja protječe kroz više dalekovoda i transformatorskih stanica i time se aktivira više distantnih releja, no djelovat će samo onaj relej koji izmjeri najmanji otpor (najkraće vrijeme djelovanja), tj. onaj relej koji je najbliže mjestu kvara. Distantni releji moraju imati i usmjereni član koji će omogućiti djelovanje releja samo onda kada struja teče od sabirnica prema šticeonom vodu. Za vrijeme njihanja snage rad distantne zaštite je upitan.



Slika 4.10. Relej distantne zaštite

4.7 Povijesni pregled problema nastalih zbog gubitka sinkronizma

U prijenosnoj mreži Hrvatske zabilježeno je nekoliko slučajeva velikih oscilacija snage zbog kvarova. Tijekom 2002. godine dogodio se je kvar na jednom od paralelnih dalekovoda 220 kV TE Rijeka – TS Melina, te je zbog sporog otklanjanju kvara došlo do isključenja gotovo 500 MW proizvodnje električne energije u okolnim elektranama. Relejna zaštita na paralelnim dalekovodima nije bila opremljena s telekomunikacijskom opremom za prijenos naredbi za rad distantne zaštite, te je ukupno trajanje kvara bilo oko 630 ms i zbog toga je došlo do gubitka sinkronizma svih generatora koji su bili u blizini kvara.

Tijekom 2003. godine dogodio se kvar u elektroprivredi Bosne i Hercegovine. Zbog dužeg vremena trajanja kvara u prijenosnoj mreži, došlo je isključenja velikog broja dalekovoda. Zbog djelovanja distantne zaštite, nastupilo je isključenje dalekovoda 400 kV Konjsko - Mostar. Zbog pojave njihanja snage došlo je do blokade distantne zaštite na dalekovodima u istočnom dijelu elektroenergetskog sustava Hrvatske, pa tako i na DV Prijedor 220 kV u TS Međurić. No kako je na tom dalekovodu instalirana elektromehanička distantna zaštita LZ420, koja ne posjeduje funkciju blokade njihanja snage, došlo je do aktiviranja automatskog jednopolnog uključanja na tom dalekovodu. Zbog toga svega je došlo do isključenja prekidača u TS Prijedor radi preopterećenja i time je uklonjen poremećaj.

Jedan od većih raspada sustava u svijetu zabilježen je 2003. godine u SAD-u, kada je bez električne energije ostalo područje od 50 milijuna ljudi. Raspad sustava je započeo isključenjem jednog većeg proizvodnog dijela od 680 MW, iza kojeg su uslijedila isključenja okolnih dalekovoda prema preopterećenju. Došlo je do njihanja snage u velikom elektroenergetskom sustavu koje je rezultiralo isključenjem 22 agregata u nuklearnim elektranama te još 76 agregata u termoelektranama i hidroelektranama. Ukupan teret prije isključenja u tom području je iznosio 61.800 MW. Uspostava normalnog pogona potrajala je dva do tri dana. Pa kako bi se to spriječilo potrebno je pri pojavi gubitka sinkronizma pravovremeno djelovanje zaštite u sprečavanju velikih raspada sustava i smanjenja posljedica kvarova na najmanju moguću mjeru.

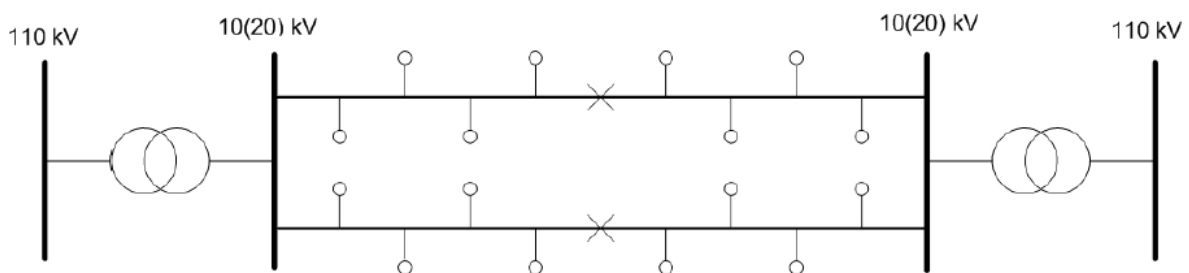
5. DISTRIBUCIJSKE MREŽE

Distribucija električne energije u Hrvatskoj ostvaruje se transformacijom napona 110kV - 35kV - 10(20) kV. No ukidanjem naponske razine 35kV, prelazi se na direktnu transformaciju 110kV – 20kV. Mreže prema svojoj konfiguraciji možemo podijeliti na: jednostrano i dvostrano napajanje mreže. Jednostrano napajane mreže su seoske mreže kod kojih se vodovi napajaju iz samo jedne transformatorske stanice.

5.1 Dvostrano napajane mreže

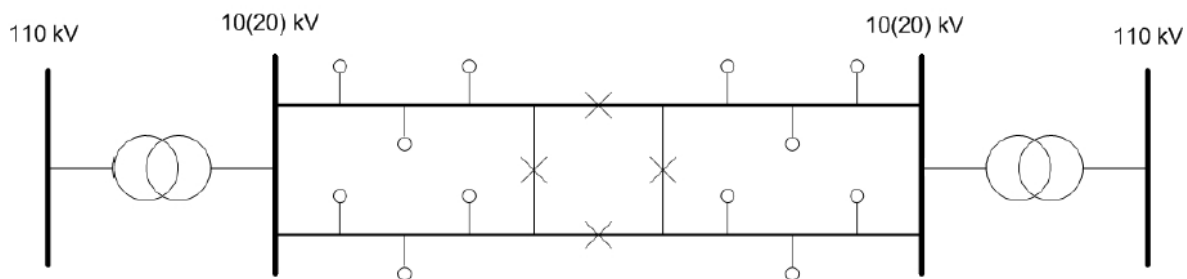
Dvostrano napajane mreže su gradske mreže kod kojih se vodovi mogu napajati iz dvije različite transformatorske stanice. Ta karakteristika mrežu čini stabilnijom i omogućava pouzdaniji pogon. Te mreže su uglavnom kabelske, a manjim dijelom nadzemne. Prema izvedbi dijele se na: linijske i kombinirane (prstenasto-linijske) mreže.

Linijske mreže – nastaju spajanjem radijalnih vodova iz dvaju transformatorskih stanica. U slučaju kvara u jednoj transformatorskoj stanici ili vodu, vodovi se napajaju iz druge transformatorske stanice.



Slika 5.1. Dvostrano napajana linijska mreža

Kombinirane prstenasto-linijske mreže – linijske mreže sa spojenim dodatnim vodom u prsten, kako bi se osigurala dvostruka rezerva. Jedna rezerva napajana preko voda iz jedne transformatorske stanice, a druge preko voda iz druge transformatorske stanice.



Slika 5.2. Dvostrano napajana prstenasto-linijska mreža

6. TRANSFORMATORSKA STANICA ŽERJAVINEC

Krajem 2002. godine započela je izgradnja Transformatorske stanice 400/220/110 KV Žerjavinec. Svrha njene izgradnje bila je povećati sigurnost opskrbe električnom energijom grada Zagreba i sjeverozapadnog dijela Republike Hrvatske, te povezivanje dalekovoda između Hrvatske i Mađarske Héviz-Žerjavinec. Transformatorska stanica Žerjavinec nalazi se nedaleko od Sesveta i u njoj se nalazi pet transformatora. Jedan transformator snage 400 MVA za transformaciju napona 400/220 kV, dva transformatora snage 300 MVA za transformaciju napona 400/110 kV i dva transformatora snage 20 MVA za transformaciju napona 110/20 kV.



Slika 6.1. Prikaz energetskog transformatora 400/220kVu TS Žerjavinec



Slika 6.2. Prikaz energetskeg transformatora 110/20kV u TS Žerjavinec



Slika 6.3. Sustav zaštite, upravljanja i mjerenja u TS Žerjavinec

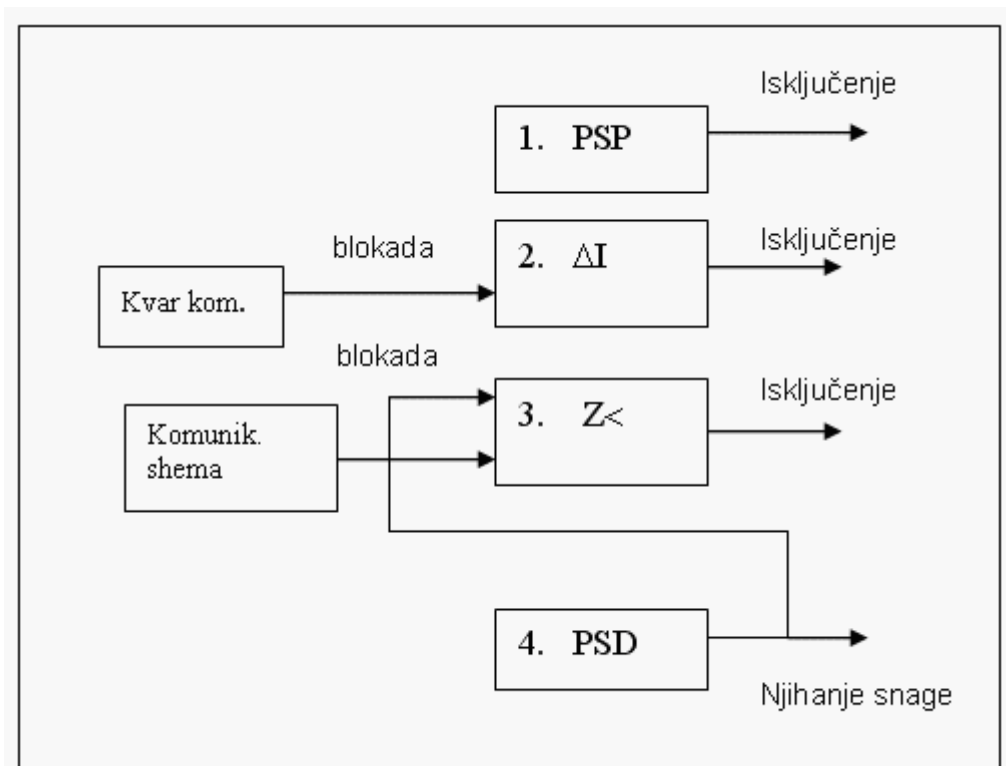
6.1 Zaštita na dalekovodu u TS Žerjavinec

Relejna zaštita u transformatorskoj stanici Žerjavinec za dalekovodna polja je ostvarena sa suvremenim numeričkim relejima, pomoću kojih je postignuto vrlo kvalitetno tehničko rješenje šticeanja dalekovoda od svih vrsta kvarova u mreži 400, 220 i 110 kV. Novi sustavi zaštite dalekovoda temelje se na zaštiti od gubitka sinkronizma kao temeljne zaštite, koja koristi uzdužnu diferencijalnu zaštitu kao drugu zaštitu u releju i distantnu zaštitu kao treću zaštitu.



Slika 6.4. Prikaz dijela postrojenja u TS Žerjavinec 400kV

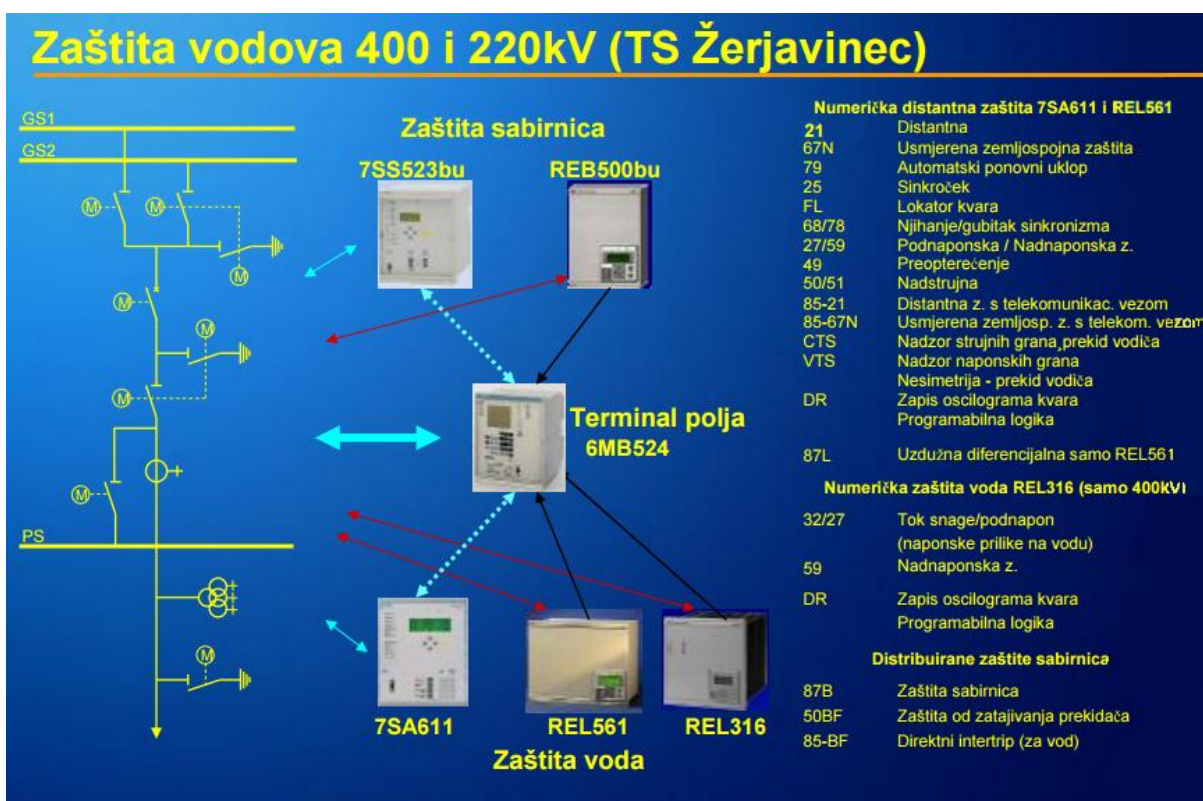
Kao prva glavna zaštita dalekovoda koristi se relej REL561, proizvođača ABB, i on posjeduje sve suvremene funkcije, a kao druga glavna zaštita dalekovoda koristi se numerička zaštita 7SA611, proizvođača Siemens, koja kao osnovnu zaštitu koristi distantnu, a kao rezervnu zaštitu koristi usmjerenu dozemnu zaštitu. Postavljanjem zaštite numeričkim relejem REL561 od gubitka sinkronizma kao osnovnom zaštitom i s uzdužnom diferencijalnom zaštitom, ostvaruju se suvremeni zahtjevi za zaštitu dalekovoda u vidu brzine i selektivnosti. Ovom zaštitom od gubitka sinkronizma se štiti hrvatski elektroenergetski sustav od većih poremećaja i od kvarova koje mogu uzrokovati susjedni elektroenergetski sustavi. U slučaju kvara ova zaštita omogućava spašavanje sustava od kolapsa, dijeljenjem sustava u manje stabilne cjeline kako bi se održala ravnoteža u proizvodnji i potrošnji električne energije. Za vrijeme njihanja snage u sustavu blokira se rad distantne zaštite i omogućava se zaštiti od gubitka sinkronizma i uzdužnoj diferencijalnoj zaštiti selektivno uklanjanje kvara.



Slika 6.5. Blok shema djelovanja zaštite unutar releja REL561

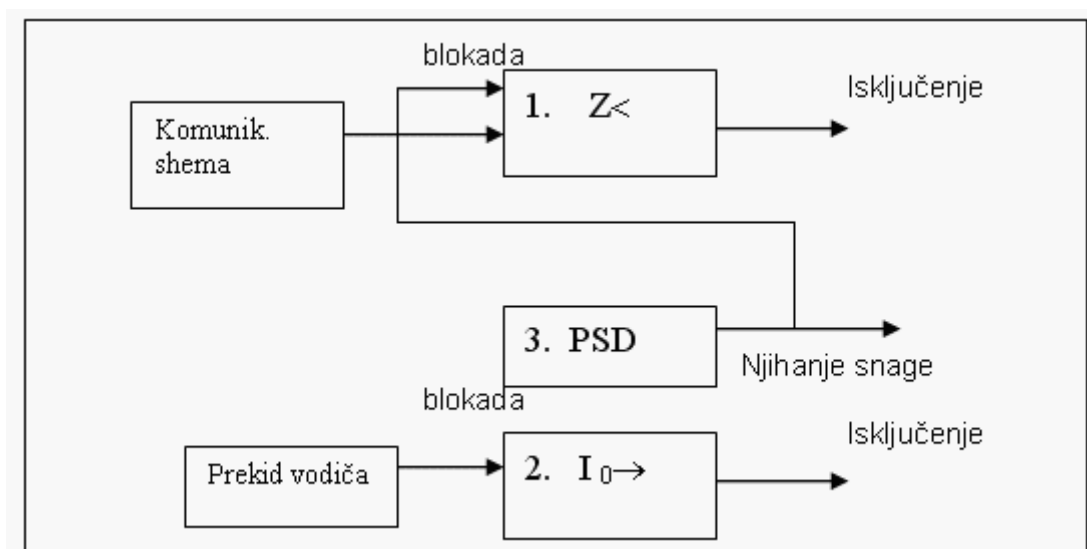


Slika 6.6. Relej REL561



Slika 6.7. Zaštita vodova u TS Žerjavinec 400 i 220 kV

Diferencijalna zaštita radi neovisno o pojavi njihanja snage (PSD) dok se distantna zaštita blokira za vrijeme njihanja snage. Druga osnovna zaštita ostvarena relejom 7SA611 koristi distantnu zaštitu kao osnovnu zaštitu, a kao rezervnu zaštitu koristi umjerenu dozemnu zaštitu. Za vrijeme njihanja snage u mreži blokira se rad distantne zaštite, a koristi se usmjerena dozemna zaštita koja posjeduje karakteristiku selekcije kvara po fazi što joj omogućuje korištenje funkcije automatsko ponovno uključenje. Obje zaštite prate naredbe od releja s druge strane dalekovoda, koje se prenose putem optičke veze i djeluju prema tim naredbama.

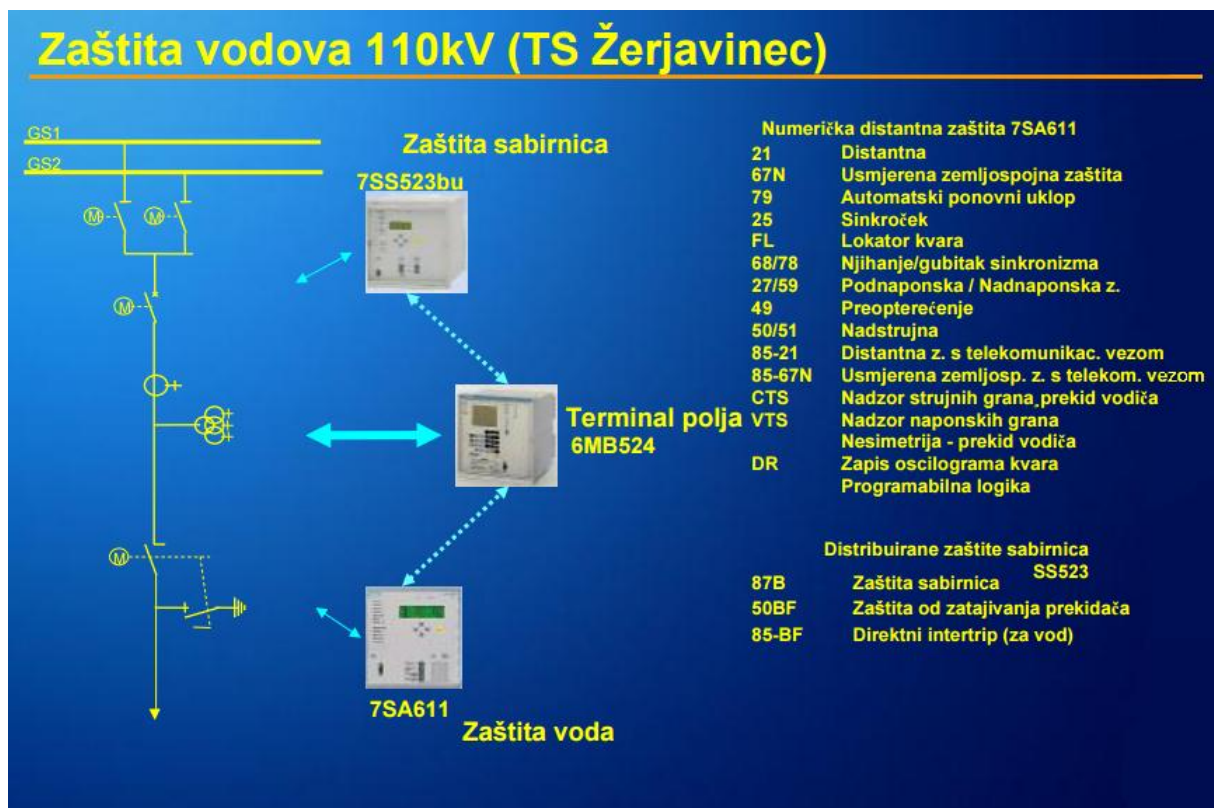


Slika 6.8. Blok shema djelovanja zaštite unutar releja 7SA611

Pri pojavi gubitka sinkronizma na dalekovodu između dva elektroenergetska sustava održava se „snažniji“ sustav. U slučaju pojave gubitka sinkronizma, i ako je naš sustav snažniji potrebno je isključiti dalekovod, no u slučaju ako je susjedni sustav snažniji onda treba blokirati isključenje dalekovoda ako susjedni sustav može očuvati stabilnost našeg sustava.



Slika 6.9. Relej 7SA611



Slika 6.10. Zaštita vodova u TS Žerjavinec 110 kV

7. ZAKLJUČAK

Iako je gubitak sinkronizma vrlo rijetka pojava i prije se nije ugrađivala na dalekovode, elektroprivrede su morale uzimati u obzir visoke neplanirane troškove koji nastaju zbog kvarova u slučaju gubitka sinkronizma, pa se zbog toga postavljaju veliki zahtjevi na djelovanje distantne zaštite i zaštite od gubitka sinkronizma. Elektroenergetski sustavi moraju biti dizajnirani tako da zadrže stabilnost za vrijeme velikih poremećaja i to iziskuje posebnu zaštitu kako bi se postigao ekonomičan i pouzdan sustav. Zaštitni releji od gubitka sinkronizma moraju održavati stabilnost sustava i djelovati samo u kritičnim situacijama kako bi se spriječio kolaps cijelog sustava. Zaštitni sustavi od gubitka sinkronizma sprječavaju nekontrolirano isključivanje prijenosnih vodova i onemogućuju proširivanje poremećaja i tako omogućuju pogonskom osoblju brzo i sigurno otklanjanje kvara. Zaštitni sustavi od gubitka sinkronizma se moraju postaviti na točno određenim mjestima u mreži radi otkrivanja kvara (na točkama razdvajanja sustava), s ciljem dijeljenja sustava stvaranjem odvojenih stabilnih sustava.

8. LITERATURA

1. Skok S.; Marusić A.; Havelka J.: „Zaštita od gubitka sinkronizma na dalekovodu“, Zagreb, 2004.
2. Goić R.; Jakus D.; Penović I.: „Distribucija električne energije“, s Interneta, <http://marjan.fesb.hr/~rgoic/dm/skriptaDM.pdf>, 2008.
3. Marušić A.: „Relejna zaštita postrojenja“, s Interneta, https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/SZU2014-01.pdf, 2014.
4. Filipović-Grčić B.; Ivanković I.: „Zaštita od gubitka sinkronizma u prijenosnoj mreži“, s Interneta, <https://bib.irb.hr/datoteka/157752.B5-06.pdf>, 2003.
5. Goić R.; Lovrić M.: „Gubitci električne energije u prijenosnoj mreži HEP-a“, s Interneta, http://marjan.fesb.hr/~rgoic/referati/energija_5_2001_gubici.pdf
6. Daidžić I.: „TS 400/220/110 kV Žerjavinec“, s Interneta, http://www.koncar-ket.hr/documents/prezentacija_ts-zerjavinec-ts-ernestinovo.pdf, 2004.
7. http://www.koncar-eva.hr/galerija/TS_Zerjavinec_400/220/110_kV
8. <http://www.hrt.hr/arhiv/2002/03/26/HRT0023.html>