

mr.sc. Marina Čavlović, dipl.ing.el.
HEP-ODS d.o.o. Sektor za tehničke poslove
marina.cavlovic@hep.hr

METODE DETEKCIJE OTOČNOG POGONA

SAŽETAK

Sposobnost elektrane za djelotvornu detekciju otočnog pogona je jedna od nužnih sposobnosti svake elektrane. Referat daje pregled tipova metoda detekcije otočnog pogona od lokalnih (pasivne, aktivne i hibridne) do daljinskih metoda, te njihove temeljne razlike, prednosti i nedostatke, kao i njihovu primjenjivost.

Referat u dodatku daje detaljni opis jedne od daljinskih metoda: metode signala o cjelovitosti mreže kroz energetske vod (PLC).

Zaključak referata je da pasivne metode nisu prihvatljive zbog nedjelotvornosti, za daljinske se još nisu stekli uvjeti, te su u ovom trenutku elektranama koje se priključuju na distribucijsku mrežu preostale aktivne (kao manje dobar izbor) i hibridne metode detekcije otočnog pogona.

Ključne riječi: detekcija otočnog pogona, pasivne metode detekcije otočnog pogona, aktivne metode detekcije otočnog pogona, hibridne metode detekcije otočnog pogona, daljinske metode otočnog pogona

THE ISLAND OPERATION DETECTION METHODS

SUMMARY

The effective detection of island operation is one of many essential abilities of each power plant. The paper gives an overview of types of isolated operation detection methods: local (passive, active and hybrid) and remote methods. Paper gives their fundamental differences, advantages and disadvantages, as well as their applicability.

The paper in the appendix provides a detailed description of one remote method: power line signaling scheme (based on the network integrity signal).

The conclusion of the paper is that passive methods are not acceptable due to inefficiency, there are no conditions for remote methods, therefore at the moment there are only two types of methods left for the power plants to consider: active methods (not the best option) and hybrid island operation detection method.

Key words: island operation detection, passive island operation detection method, active island operation detection method, hybrid island operation detection method, remote island operation detection method

1. UVOD

Elektranama priključenima na distribucijsku mrežu HEP-ODS-a nije dopušten otočni pogon s dijelom distribucijske mreže odvojenim od elektroenergetskog sustava. Stoga elektrane moraju imati primjerenu (djelotvornu) zaštitu od otočnog pogona kako bi se izbjegao nekontrolirani otočni pogon koji se smatra neprimjerenim pogonom (kvarom kojeg treba što prije otkloniti).

Pitanje otočnog pogona elektrane postaje aktualno s prvim neuspješnim prepoznavanjem otočnog pogona u pokusnom radu elektrane s mrežom, što je dovelo do zaključka o nedjelotvornosti primijenjene (pasivne) zaštite elektrane od otočnog pogona.

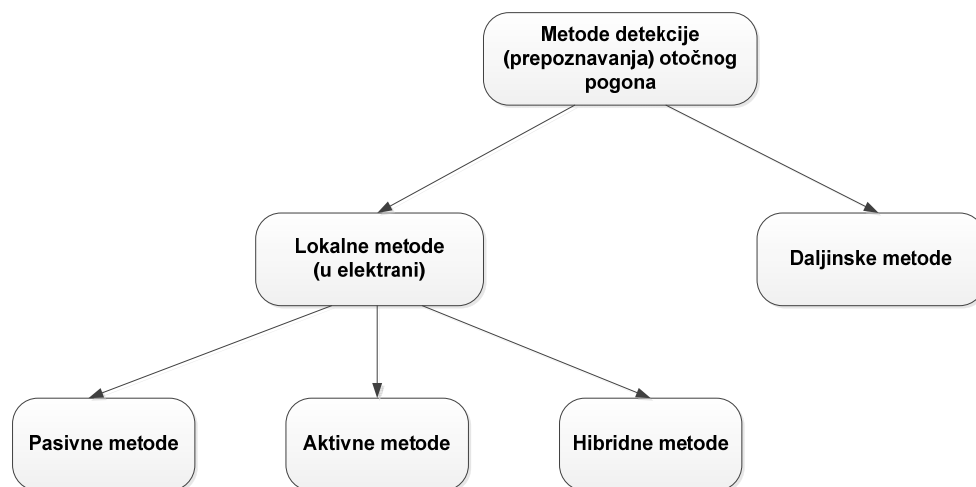
Neprepoznavanje otočnog pogona, tj. „slučajno“ i „nenamjerno“ napajanje dijela mreže odvojene od ostatka sustava naziva se nekontrolirani otočni pogon [6] i smatra se opasnim stanjem i neprimjerenim pogonom elektrane.

Dakle, čak i kada bi elektrana imala obvezu ostati u otočnom pogonu (uz uvjet da treba (stabilno) napajati mrežu u otočnom pogonu), svaka, pa i takva elektrana, mora imati djelotvorno prepoznavanje (detekciju) otočnog pogona. Hoće li posljedica detekcije otočnog pogona biti nalog za sigurnosno odvajanje elektrane od mreže ili nalog za prijelaz u otočni - regulacijski način rada elektrane u otočnom pogonu, u ovom trenutku nije od presudne važnosti. Važno je prepoznati za svaka elektrana mora imati djelotvornu detekciju otočnog pogona.

2. METODE DETEKCIJE OTOČNOG POGONA

Sposobnost elektrane za djelotvornu detekciju otočnog pogona je jedna od nužnih sposobnosti svakog distribuiranog izvora u distribucijskoj mreži. Cilj je dostići potrebnu razinu djelotvornosti detekcije otočnog pogona. Djelotvornost se definira brzinom detekcije i zonom neosjetljivosti.

Metode prepoznavanja otočnog pogona na kojima se temelji zaštita elektrane od otočnog pogona mogu se klasificirati na način prikazan na slici1.



Slika 1: Metode detekcije otočnog pogona

2.1. Lokalne metode detekcije otočnog pogona

Lokalne metode su metode koje se provode uređajima u elektrani temeljem mjerenja mjerodavnih veličina u elektrani. Lokalne metode mogu biti pasivne, aktivne ili hibridne.

2.1.1. Pasivne metode detekcije otočnog pogona

Pasivne metode prepoznaju odstupanje mjerenih vrijednosti osnovnih električkih veličina, temeljem čega prepoznaju neprimjereni paralelni pogon, koji ne mora nužno biti otočni pogon. Međutim, i to se (za sada) smatra prihvatljivim, jer, čak i ako nije detektiran otočni pogon, detektiran je poremećaj dostatnog razmjena da se zaključi da se elektrana mora sigurnosno odvojiti od mreže. Na pasivnim metodama temelje se npr. naponska, frekventna, zaštita od pomaka vektora napona, ROCOF (detekcija promjene radne snage), ROCOV (detekcija promjene jalove snage).

Temeljni nedostatak pasivnih metoda uočava se u slučaju otočnog pogona u balansu, tj. u dijelu mreže koji je odvojen od ostatka sustava dok je u njemu (otoku) trenutna proizvodnja izbalansirana s trenutnom potrošnjom te u trenutku nastanka otočnog pogona ne nastaje odstupanje mjerenih vrijednosti osnovnih električkih veličina. U slučaju otočnog pogona u balansu pasivne metode detekcije otočnog pogona su nedjelotvorne. Tek kada se poremeti balans u otoku, pasivne će metode prepoznati odstupanje mjerenih vrijednosti osnovnih električkih veličina kao neprimjereni paralelni pogon i tada sigurnosno odvojiti elektranu.

2.1.2. Aktivne metode detekcije otočnog pogona

Aktivne metode prate odziv mreže (sustava) na umjetno generirane poremećaje, tj. umjetno generirane promjene mjerenih električkih veličina, te, u slučaju nedostatnog odziva mreže na poremećaj zaključuju da nedostaje aktivna mreža i tako detektiraju otočni pogon. Umjetno generirani poremećaj se periodički (ovisno o metodi od svakih 100 ms do svakih 500 ms) injektira u mrežu. Trajanje injektiranog poremećaja je različito, reda veličine 100 ms.

Najveći nedostatak aktivnih metoda je sustavno unošenje umjetno generiranih poremećaja u mrežu što „zagađuje“ mrežu. Dodatni problem je interakcija injektiranih poremećaja u slučaju većeg broja elektrana u otoku. Interakcija injektiranih poremećaja ima dvije osnovne posljedice:

- a) u slučaju istodobno injektiranih poremećaja iste vrste u lokalnu mrežu iz više elektrana raste amplituda poremećaja u mreži što može kontinuirano narušavati kvalitetu električne energije, a u ekstremnim slučajevima i ugroziti normalan pogon mreže
- b) superpozicija različitih injektiranih poremećaja (različite metode detekcije u različitim elektranama) može dovesti do netočnih zaključaka o (ne)postojanju otočnog pogona:
 - superpozicijom kontradiktornih poremećaja poremećaji se mogu prigušiti ili čak i poništiti i tako dati privid postojanja aktivne mreže i u otočnom pogonu – detekcija je pogrešna
 - nagomilavanjem istovjetnih neistodobnih poremećaja u otočnom pogonu (iz više elektrana s istom metodom detekcije) poremećaji se stope u jedan te se impuls poremećaja uopće ne detektira kao promjena mjerene veličine, te se na isti način niti ne detektira da jeste/nije izostao odziv aktivne mreže – detekcija je nedjelotvorna.

U slučaju otočnog pogona u balansu aktivne metode kao takve, za razliku od pasivnih, ne gube svoju djelotvornost (jednako su djelotvorne kao i u disbalansu).

2.1.3. Hibridne metode detekcije otočnog pogona

Hibridne metode su kombinacija više različitih pasivnih metoda ili, što je bitno kvalitetnije (i djelotvornije) rješenje, kombinacija pasivne i aktivne metode. Cilj hibridnih metoda je povećavanje djelotvornosti (brzine i točnosti) detekcije otočnog pogona.

Hibridnom se, primjerice, smatra kombinacija dvije pasivne metode: ROCOF i ROCOV, koje u kombinaciji pokazuju veću djelotvornost. U slučaju disbalansa biti će zamjetna promjena radne snage, te će ROCOF brže prepoznati poremećaj. U slučaju balansa (nema promjene radne snage jer je u balansu) može se u većini slučajeva ipak detektirati promjena (iako ne velika) jalove snage, jer faktor snage mreže nužno odstupa od faktora snage elektrane.

Hibridnom metodom se smatra i kombinacija pasivne i aktivne metode na način da je pasivna primarna metoda, a tek kada pasivna metoda detektira poremećaj koji upućuje na mogući otočni pogon ona potakne aktivnu metodu kao kontrolni mehanizam koji potvrđuje (opovrgava) radi li se uistinu o otočnom pogonu. Ovom hibridnom metodom uvode se dva poboljšanja:

- minimizira se osnovni nedostatak aktivnih metoda („zagađenje“ mreže), jer aktivna metoda šalje poremećaj u mrežu tek nakon što je na to pobudi pasivna metoda,
- moguće je osjetljivije podesiti pasivnu metodu, bez rizika od neselektivnih naloga za isključenje, jer naloga neće biti dok otočni pogon ne bude potvrđen aktivnom metodom.

Na žalost, niti ova hibridna metoda ne prepoznaje otočni pogon u balansu (u balansu izostane poticaj pasivne metode aktivnoj da provjeri je li nastupio otočni pogon).

2.2. Daljinske metode detekcije otočnog pogona

Daljinske metode podrazumijevaju razmjenu informacija između elektrane i mreže u cilju detekcije otočnog pogona. Za primjenu ovih metoda nužni su zahvati i u mreži, a ne samo u elektranu.

Jedna od daljinskih metoda je praćenje uklopnog stanja u mreži, točnije - praćenje kombinacije statusa sklopnih uređaja u mreži, iz koje se izvodi zaključak o nastanku otočnog pogona. Ova je metoda, uz uvjet raspoloživosti signala o statusima sklopnih uređaja u mreži, uvijek djelotvorna.

Međutim, ona ima i veliki nedostatak: u radijalnoj mreži s brojnim opcijama smjerova napajanja i brojnim sklopnim uređajima između elektrane i pojne TS u nadređenoj (prijenosnoj) mreži brojne su moguće kombinacije statusa sklopnih uređaja kojima se elektrana može zateći u otočnom pogonu. Da bi metoda bila djelotvorna moraju biti predviđene sve moguće kombinacije statusa sklopnih uređaja koji svi moraju biti komunikacijski povezani komunikacijskim putovima koji jamče veliku pouzdanost i veliku brzinu prijenosa informacija. Ova metoda reducira moguća uklopna stanja u mreži isključivo na ona koja su uvažena u logičkoj shemi metode. Dakle, ako se pojavi mogućnost za novo uklopno stanje (dogradnjom mreže, priključenjem novog korisnika mreže) da bi metoda ostala djelotvorna moraju se svi novi sklopni uređaji komunikacijski povezati i mora se revidirati logička shema metode.

Metoda se smatra rizičnom jer izostanak informacije o statusu samo jednog sklopnog uređaja kompromitira djelotvornost metode. Budući da metoda ovisi o velikom broju elemenata (i primarnog i sekundarnog postrojenja), kao i o pouzdanosti komunikacijskog puta, ova se metoda ne smatra dovoljnom da bi se detekcija otočnog pogona smatrala pouzdanom. Tako se u [1] navodi da za proizvodne module tipa C (koji imaju obvezu otočnog pogona, a detekciju otočnog pogona koriste da bi prešli (uz nalog operatora) u regulacijski režim pogona) „metoda detekcije otočnog pogona treba biti usuglašena između vlasnika elektrane i mjerodavnog operatora sustava, u koordinaciji s mjerodavnim operatorom prijenosnog sustava. Usuglašena metoda detekcije ne smije se oslanjati isključivo na signale položaja sklopnih uređaja u mreži operatora sustava“ [1].

Sve daljinske metode nameću zahvate u postojećim postrojenjima u distribucijskoj mreži, ograničavajući način vođenja sustava i unose dodatnu složenost upravljanja sustavom na svim distribucijskim razinama, kao i razinu automatizacije koja u ovom trenutku nije primjenjiva u distribucijskoj mreži HEP-ODS-a, te se u ovom trenutku (u ovom stupnju razvoja mreže i primijenjene automatizacije distribucijske mreže) HEP-ODS ne može obvezati na široku primjenu daljinskih metoda detekcije otočnog pogona u distribucijskoj mreži HEP-ODS-a.

Daljinske metode uvode nedosljednost u osnovnu koncepciju zaštite na sučelju elektrane s mrežom:

- u slučaju da daljinske metode djeluju na isključenje prekidača za odvajanje u mreži:
 - narušava se načelo da zaštita na prekidaču nije prvostupanjska, nego tek drugostupanjska zaštita od neprimjerenog pogona elektrane s mrežom
 - načela vođenja pogona na sučelju elektrane s mrežom podrazumijevaju isključenje prekidača za odvajanje samo u slučaju:
 - a) kvara na elektraninom spojnem vodu od elektrane do mreže ili
 - b) zatajenja zaštite u elektrani,dok u slučaju daljinske metode ne nastupa nijedan od dva spomenuta slučaja.
 - strogi sigurnosni protokol koji vrijedi za sve elektrane, a koji je definiran i Ugovorom o vođenju pogona na sučelju elektrane s mrežom praktički bi onemogućio ponovni uklop prekidača za odvajanje i tako onemogućio elektrani korištenje mreže.
- Ovim sigurnosnim protokolom se dopušta ponovni uklop prekidača za odvajanje nakon što je bio isključen djelovanjem zaštite tek nakon što elektrana dostavi:
1. izvješće o uočenom kvaru u elektrani;
 2. izvješće o provedenim korektivnim mjerama za otklanjanje kvara u elektrani i
 3. izvješće o provedenim funkcionalnim ispitivanjima kojima je dokazano da je korektivnim mjerama uspješno otklonjen kvar u elektrani.
- Eventualnim stavljanjem van snage ovog sigurnosnog protokola bila bi narušena pouzdanost pogona na sučelju svih elektrana s mrežom, što je neprihvatljivo.
- u slučaju da daljinske metode djeluju na isključenje prekidača u elektrani:
 - narušava se integritet postrojenja korisnika mreže (elektrane), jer se temeljem mehanizama detekcije ugrađenog u distribucijsku mrežu izravno daje nalog na isključenje tuđeg uređaja (elektraninog glavnog ili generatorskog prekidača), za što HEP-ODS nema (i ne smije imati) ovlasti
 - postavlja se pitanje odgovornosti u slučaju zatajenja zaštite od otočnog pogona (neisključenja elektrane iz otočnog pogona), jer prema važećim načelima elektrana ima obvezu sigurnosnog isključenja s mreže u slučaju otočnog pogona, a po izostanku isključenja detektira se neprimjereni pogon elektrane s mrežom, čemu slijedi isključenje prekidača za odvajanje i pokreće se sigurnosni protokol postupanja u slučaju kvara elektrane s nalogom za detekciju razloga zatajenja zaštite

elektrane od otočnog pogona. Sukladno protokolu, ponovno uključenje prekidača za odvajanje moguće je tek nakon zaprimanja izvješća o uočenom kvaru u elektrani, izvješća o provedenim korektivnim mjerama za otklanjanje kvara u elektrani i izvješća o provedenim funkcionalnim ispitivanjima kojima je dokazano da je korektivnim mjerama uspješno otklonjen kvar u elektrani. Čitavo to vrijeme elektrana je sigurnosno isključena s mreže s dijagnozom da je nastupio kvar u elektrani. Međutim, realna je mogućnost da je do zatajenja zaštite od otočnog pogona došlo zbog kvara u postrojenju operatora sustava ili na komunikacijskom putu (koji može, ali i ne mora nužno biti u vlasništvu/nadležnosti operatora sustava). Postavlja se pitanje tko je u tom slučaju kriv za izmaklu dobit elektrani tijekom traženja kvara, tj. razloga zatajenja zaštite od otočnog pogona? Iako ovo područje nije regulirano, izvjesno je da dio odgovornosti snosi i operator. Ne postoji razlog zbog kojeg bi operator sustava trebao na sebe preuzimati ovu razinu rizika nakon što ima prava elektrani (sukladno propisima) uvjetovati da ona (elektrana, a ne mreža/operator) mora imati djelotvornu detekciju i zaštitu elektrane od otočnog pogona.

Iz navedenih razloga zaštita elektrane od otočnog pogona na ovom stupnju razvoja distribucijske mreže mora se temeljiti na lokalnim metodama prepoznavanja (detekcije) otočnog pogona.

3. USPOREDBA METODA DETEKCIJE OTOČNOG POGONA

U tablici 1. je usporedbeni pregled karakterističnih prednosti i nedostataka pojedinih tipova metoda detekcije otočnog pogona te primjeri po nekoliko metoda za svaki tip metode.

Tablica 1: Usporedba tipova metoda detekcije otočnog pogona

Tip metode detekcije otočnog pogona		Prednosti	Nedostatci	Primjeri metoda
Lokalne metode	Pasivne metode	<ul style="list-style-type: none"> - brzina (kratko vrijeme detekcije) - ne šalje smetnje u mrežu - djelotvorna ako postoji veći disbalans snage u otoku 	<ul style="list-style-type: none"> - nedjelotvorna pri balansu i pri manjem disbalansu - treba posebno oprezno definirati podešenja - ako su podešenja preosjetljiva mogući su brojni neselektivni ispadi 	metoda bazirana na detekciji: <ul style="list-style-type: none"> - dP/dt - df/dt - df/dP - dZ - nesimetrije napona - harmoničkog izobličenja
	Aktivne metode	<ul style="list-style-type: none"> - djelotvorna i pri idealnom balansu (vrlo mala NDZ – zona neosjetljivosti) 	<ul style="list-style-type: none"> - šalje smetnje u mrežu - spora - vrijeme detekcije je dugo, jer čeka i analizira odziv mreže na poslani poremećaj - smetnje često degradiraju kvalitetu električne energije, a ako su smetnje značajnije mogu narušiti stabilnost sustava čak i dok nema otočnog pogona 	<ul style="list-style-type: none"> - detekcija odziva na poremećaj impulsom reaktivne snage - mjerenje impedancije - detekcija odziva na pomak faze (vektora napona) ili frekvencije
	Hibridne metode	<ul style="list-style-type: none"> - mala NDZ – zona neosjetljivosti - šalje smetnju u mrežu samo kada postoji sumnja na otočni pogon 	<ul style="list-style-type: none"> - spora (vrijeme detekcije je produženo, jer moraju odraditi i pasivna i aktivna zaštita) 	metoda bazirana na: <ul style="list-style-type: none"> - pozitivnom odzivu i nesimetriji napona - pomaku vektora napona i jalove snage
Daljinske metode		<ul style="list-style-type: none"> - visoka pouzdanost - nema zone neosjetljivosti (NDZ) 	<ul style="list-style-type: none"> - visoki troškovi implementacije, posebice za male (kratke) mreže 	<ul style="list-style-type: none"> - Metoda signala o cjelovitosti mreže kroz energetski vod (PLC) - Metoda signala statusa sklopnihi uređaja u mreži

Opisane prednosti i nedostaci ne ovise o gustoći elektrana u mreži, osim u slučaju aktivnih metoda koje „kontaminiraju“ mrežu u normalnom pogonu poremećajima koje emitiraju, što se pogoršava s povećanjem broja elektrana u mreži.

4. ZAKLJUČAK

Zaštita elektrane od otočnog pogona na ovom stupnju razvoja distribucijske mreže mora se temeljiti na lokalnim metodama prepoznavanja (detekcije) otočnog pogona.

Pasivne metode nisu djelotvorne u slučaju otoka u balansu, a budući da vjerojatnost nastanka otočnog pogona u balansu nije zanemariva (prema literaturi [7] u kojoj je izračunata vjerojatnost balansa proizvodnje i potrošnje te su provedena detaljna mjerenja varijacija radne i jalove snage potrošnje temeljem čega je zaključeno da vjerojatnost nastanka otočnog pogona u balansu nije zanemariva), detekcija otočnog pogona temeljem pasivnih metoda ne može biti prihvatljiva.

Kako bude rastao broj integriranih distribuiranih izvora u mreži, trebat će posvetiti posebnu pozornost pronalaženju ravnoteže između potrebe za eliminiranjem otočnog pogona i negativnog utjecaja kumulativa smetnji neophodnih za detekciju i eliminiranje otočnog pogona, koji će u konačnici imati znatan utjecaj na pogon sustava i kada nije nastupio otočni pogon [4].

Budući da pasivne metode nisu djelotvorne, a aktivne metode s povećanjem udjela distribuiranih izvora u distribucijskoj mreži postaju značajni kontaminatori mreže, te u konačnici i prijetnja normalnom pogonu sustava, logični (i operatoru prihvatljivi) izbor su hibridne metode. Tek nakon detaljnije analize sporosti pojedinih hibridnih metoda moći će se donijeti konačni zaključak o optimalnoj vrsti metode detekcije otočnog pogona.

Međutim, s dodatnim porastom gustoće distribuiranih izvora u distribucijskoj mreži ima smisla razmotriti i mogućnost uvođenja daljinske metode kao jedne (jedine) univerzalne metode detekcije otočnog pogona koja će se primjenjivati u čitavom distribucijskom sustavu. Ova će odluka, dakako, prema [7], trebati biti donesena u koordinaciji s HOPS-om. Čak i prije ove značajne odluke bilo bi važno da mjerodavni operator (HEP-ODS) da investitorima elektrana jednoznačnu preporuku barem o tipu metode detekcije otočnog pogona koju bi trebali ugraditi u elektranu, kako bi se izbjeglo dugotrajno ispitivanje u pokusnom radu u kojem elektrane višekratno „padaju ispit“ na nedjelotvornoj (pasivnoj) zaštiti od otočnog pogona, jer se uporno opiru implementaciji složenijih metoda detekcije (aktivnih ili hibridnih metoda).

Na ovom stupnju razvoja tehnologija daljinskih metoda čini se najboljim izborom metoda signala o cjelovitosti mreže kroz energetske vod (u dodatku ovom referatu je razrađena jedna od mogućih varijanti ove metode). Preduvjet za razmatranje primjene daljinskih metoda je reguliranje ove tematike odgovarajućim propisima. Prije konačnog odabira i „političke odluke“ operatora o odabiru jedne „nacionalne“ daljinske metode (ili barem tipa metode) detekcije otočnog pogona, treba provesti dodatne analize, kako teoretske, tako i temeljem tuđih (inozemnih) iskustava, a u konačnici i u stvarnom pogonu u mreži (pilot projekti).

Konačno, može se zaključiti da pasivne metode nisu prihvatljive zbog nedjelotvornosti, za daljinske se još nisu stekli uvjeti, te su u ovom trenutku elektranama koje se priključuju na distribucijsku mrežu preostale aktivne (kao manje dobar izbor) i hibridne metode detekcije otočnog pogona.

DODATAK: Primjer daljinske metode detekcije otočnog pogona na temelju signala cjelovitosti mreže putem faznog vodiča (PLC)

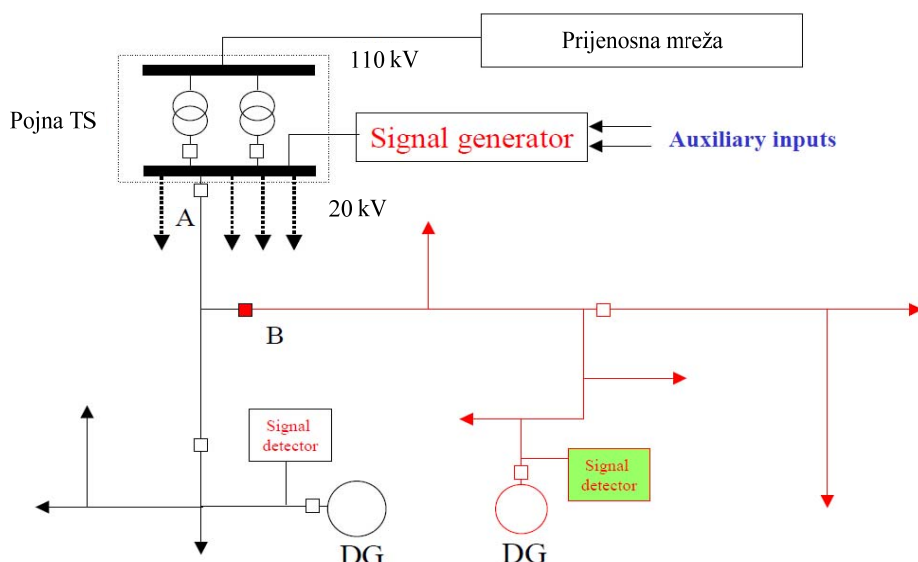
Metoda [8], [9] temelji se na generiranju signala (indikator cjelovitosti mreže) koji se prenosi faznim vodičem (superponira se na osnovni harmonik napona) iz pojne točke duž radijalne mreže, a svaka elektrana (generator) ima detektor signala u svrhu zaštite od otočnog pogona. Izostanak signala iz mreže pokazatelj je necjelovitosti (prekida) u mreži, tj. nastanka otočnog pogona.

Za primjenu ove metode potrebna je slijedeća oprema:

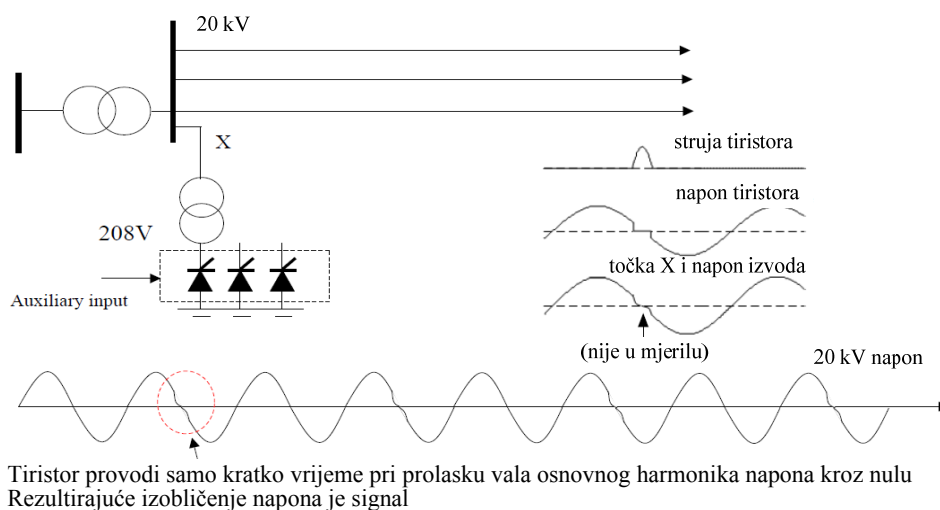
- Generator signala u svakoj pojnoj TS
- Transformator za napajanje generatora signala
- Detektor signala u svakoj elektrani.

Dovoljan je jedan generator signala po jednoj pojnoj TS, odnosno po jedan po sekciji sabirnica <(u slučaju da su sabirnice na sekundaru transformatora sekcionirane spojno polje na sabirnicama na

Ako je pak isključen neki sklopni uređaj u mreži između generatora signala i elektrane, generator će injektirati signal, ali on neće „proći“ mjesto odvajanja u mreži, te će detektor u elektrani prepoznati izostanak signala i detektirati otočni pogon.



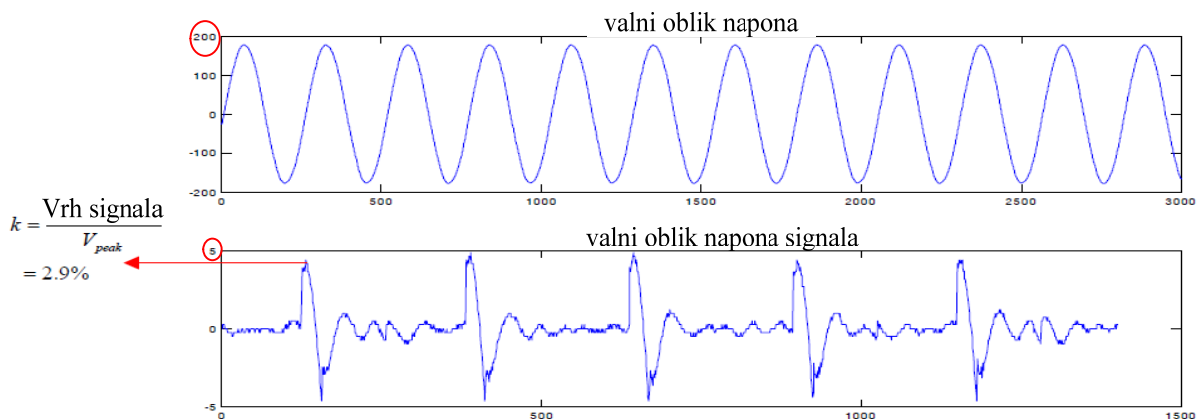
Ako se u dio mreže šalju signali iz više generatora signala (npr. pri paralelnom radu transformatora), signali su istodobni i superponiraju se, te detektor i dalje vidi jedan signal (samo je signal (poremećaj) jači), a izostankom jednog signala (npr. isključenjem jednog od transformatora u paralelnom pogonu), detektor će i dalje primati drugi signal te će pravilno zaključiti da cjelovitost mreže nije narušena i da nije nastupio otočni pogon. Identičan odziv (i jednako djelotvoran) bi bio i u slučaju napajanja u petlji (slika 5), iako to i nije potrebno za radijalno napojenu mrežu. U tom slučaju signali se šalju u mrežu iz dvije različite pojne TS, te se izostankom napajanja iz jedne pojne TS i dalje detektira signal iz druge pojne TS, te se pravilno zaključuje da nije nastupio otočni pogon.



7

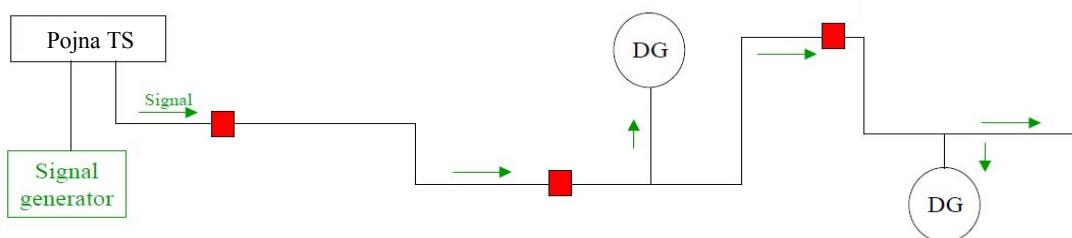
Signal se dobiva oduzimanjem dvije periode vala napona pri čemu jedna sadrži signal (izobličenje napona), a druga perioda ne. Rezultat oduzimanja je injektirani naponski signal – indikator cjelovitosti mreže. Štoviše, i harmoničko izobličenje se oduzima, što čini ovu signalnu shemu imunom na više harmonike. Ovaj algoritam detekcije signala može se implementirati u postojeće programabilne releje.

Signalna shema je izumljena prije više od 20 godina u tvrtki Emerson Electric. Zove se TWACS tehnologija (Two Way Automatic Communication System). Trenutno je TWACS najraširenija PLC tehnologija (power line communication) za srednjenaponske distribucijske sustave s aplikacijama uključujući AMR, kontrolu opterećenja i sl. Široka primjena AMR-a pokazuje da slabljenje signala ne treba zabrinjavati u slučaju primjene u distribucijskim sustavima.



Slika 4: Primjer mjerenja na terenu

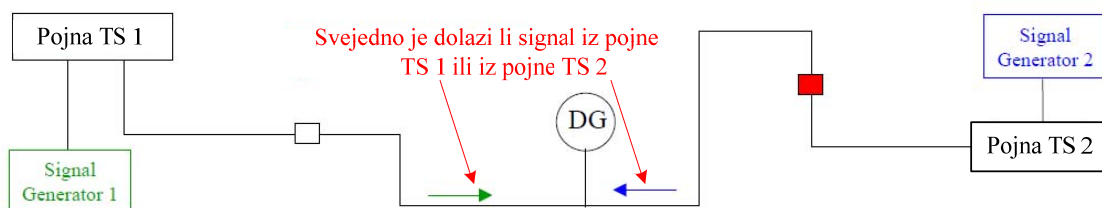
Ovom metodom detekcija otočnog pogona zapravo postaje detekcija kontinuiteta prijenosa signala od pojne točke do lokacije elektrane (slika 5). Ova metoda se može percipirati kao daljinski nalog za prepoznavanje otočnog pogona, samo što se za prijenos signala ne koristi signalni kabel, nego srednjenaponski vod. U konačnici ovaj princip je jednako djelotvoran i za izvođe s mnogo daljinski upravljivih sklopnih uređaja, što je znatno jednostavnije nego daljinsko upravljanje radio vezom.



Slika 5: Način propagacije signala

Ova logička shema metode je u potpunosti imuna na eventualne promjene uklopnog stanja (uz uvjet da generatori signala postoje u svim pojnim TS) (slika 6).

Logička shema nema zone nedjelovanja, nepogrešiva je i daje operatoru distribucijskog sustava punu kontrolu nad odzivom elektrane.



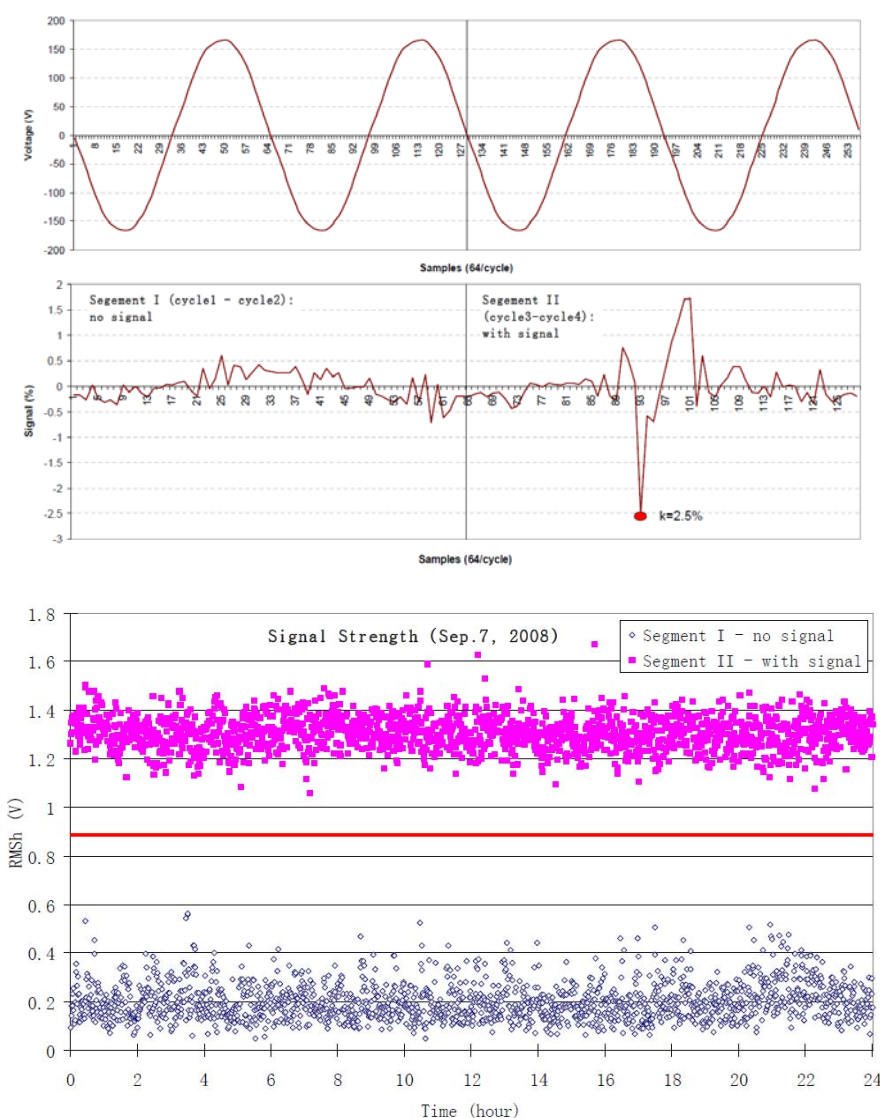
Slika 6: Neosjetljivost metode na promjene uklopnog stanja

Nemoguće je da bi poremećaji ili smetnje u mreži ili u elektrani mogli rezultirati uzorkom valnog oblika koji bi sličio signalima poslanim iz generatora signala zbog kojih bi detektor signala pogrešno zaključio da je mreža cjelovita iako je nastupio otočni pogon (slika 7).

S druge pak strane, operator sustava ima punu kontrolu nad statusom priključenosti elektrane na mrežu: ako želi da se sve elektrane u trafopodručju odvoje od mreže - treba samo prestati injektirati signal koristeći naredbu u staničnoj SCADA-i u pojnoj TS.

Za prijenos signala potrebne su dvije periode osnovnog harmonika napona. Dovoljno je da nedostaje jedan signal, pa da se detektira otočni pogon – dakle, najkraći odziv metode je dvije periode (40 ms).

Ovo podešenje je preosjetljivo, te unosi rizik od neselektivnih ispada. Stoga je, temeljem zahtjeva pojedinih operatora distribucijskog sustava u SAD-u, predloženo podešenje je jedan impuls signala svake četiri periode, a detekcija otočnog pogona se temelji na izostanku četiri uzastopna impulsa. Stoga je predloženo vrijeme odziva metode za 16 perioda (tj. 277 ms u SAD-u uz nazivnu frekvenciju 60 Hz), dok bi, za sustave s nazivnom frekvencijom 50 Hz, odgovarajuće podešenje bilo (uz istu gustoću injektiranja signala) detekcija otočnog pogona nakon izostanaka 3 uzastopna signala (14 perioda, tj. 280 ms uz nazivnu frekvenciju 50 Hz).



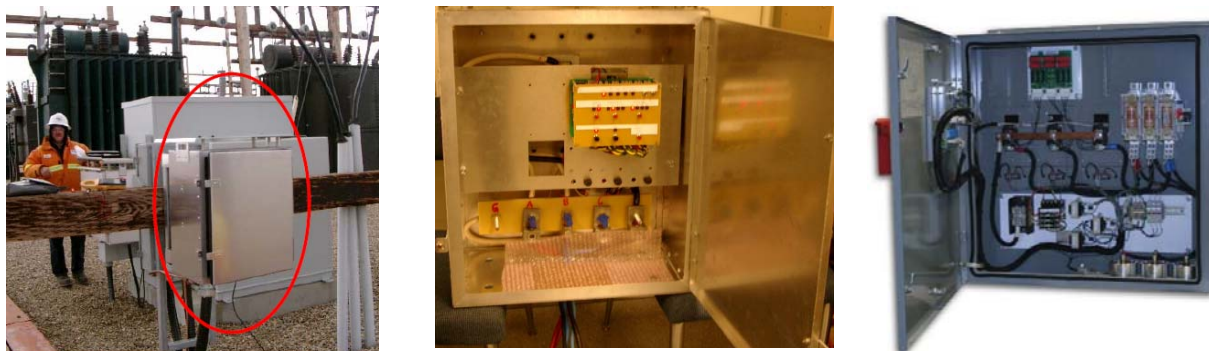
Slika 7: Rezultati ispitivanja na terenu

Oprema je predviđena za slanje signala kroz sve tri faze voda. Ako izostanu 4 (odnosno 3, ovisno o podešenju) uzastopna signala u samo jednoj fazi – i to je dovoljna informacija za detekciju otočnog pogona, odnosno neprimjerenog pogona zbog kojeg slijedi nalog za odvajanje elektrane od mreže.

Metoda se jednostavno ispituje (testira) na terenu: dovoljno je obustaviti signal i provjeriti odziv detektora - uopće nije potrebno isključenjem dovoditi dio mreže u otočni pogon.

Metoda je jednako djelotvorna nezavisno o vrsti elektrane ili generatora.

Logička shema može biti razvijena nezavisno o TWACS da šalje informacije elektrani (ne samo signale) s ciljem naprednog upravljanja distribuiranim izvorima, kao npr. nalog za proizvodnju više jalove snage i sl.



Slika 8: Generator signala

Generator signala (slika 8) ima mogućnost praćenja uvjeta uzemljenja pojne TS, razine kvara u sustavu, kao i visokoimpedantne kvarove, što omogućava i dodatnu primjenu u naprednim mrežama (smart grids). Kada se opisana tehnologija počne primjenjivati u distribucijskom sustavu redovito se otkriju brojne dodatne mogućnosti primjene što ubrza primjenu naprednog upravljanja distribucijskim sustavom.

5. LITERATURA

- [1] Network Code on Requirements for Grid Connection Applicable to all Generators (RfG), final draft, EUROPEAN COMMISSION, Brussels, XXX [...] (2015) XXX
- [2] Mrežna pravila elektroenergetskog sustava (NN, br. 36/06)
- [3] IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources into Electric Power Systems, IEEE Standard 1547TM, June 2003.
- [4] R. A. Walling, and N. W. Miller, "Distributed generation islanding implications on power system dynamic performance," IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, vol.1, pp. 92-96, 2002.
- [5] C. Sh. Chandrakar, B. Dewani, D. Chandrakar, „An assessment of distributed generation islanding detection methods“, International Journal of Advances in Engineering & Technology, Nov. 2012, Vol. 5, Issue 1, pp. 218-226
- [6] M. Bollen, F. Hassan, „Integration of distributed generation in the power system“, IEEE Press, A John Wiley&sons.inc., Hoboken, New Jersey, 2011.
- [7] R. Brundlinger, B. Bletterie, „Unintentional islanding in distribution grids with high penetration of inverter-based DG: probability for islanding and protection methods, In IEEE St. Petersburg PowerTech, July 2005.
- [8] W. Xu, G. Zhang, Ch. Li, W. Wang, G. Wang, J. Kliber, „A Power Line Signaling Based Technique for Anti-Islanding Protection of Distributed Generators-Part I: Scheme and Analysis“ IEEE Transactions on power delivery, vol. 22, no. 3, July 2007.
- [9] W. Wang, J. Kliber, W. Xu, „A Scalable Power-Line-Signaling-Based Scheme for Islanding Detection of Distributed Generators“, Power Delivery, IEEE Transactions on, Vol: 24, Issue: 2, pages: 903 – 909, April 2009.