Broj rada: R4-01
DOI:10.46793/CIRED2026.R4-01_139

PROVERA KRITERIJUMA ZA PRIKLJUČENJE DISTRIBUIRANIH IZVORA ELEKTRIČNE ENERGIJE I POTROŠAČA U SREDNJENAPONSKIM DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA

CRITERIA CHECK FOR CONNECTING DISTRIBUTED SOURCES OF ELECTRICITY AND CONSUMERS IN MEDIUM VOLTAGE DISTRIBUTION NETWORKS

Stefan TRIPIĆ, Schneider Electric DOO Novi Sad, Srbija,
Nikola VUČIĆEVIĆ, Schneider Electric DOO Novi Sad, Srbija,
Mitra GLOGOVAC, Schneider Electric DOO Novi Sad, Srbija

KRATAK SADRŽAJ

Distributivne mreže su evoluirale od tradicionalno pasivnih infrastruktura ka sve aktivnijim sistemima, karakterisanim kontinuiranim porastom distribuiranih izvora energije (DER) različitih snaga. Rast atraktivnosti ulaganja u proizvodnju električne energije dodatno ubrzava integraciju DERova, stvarajući nove operativne i planske izazove za operatore distributivnih sistema (ODS). Ovi izazovi se prvenstveno odnose na obezbeđivanje bezbednog, pouzdanog i tehnički usklađenog priključenja na srednjenaponsku (SN) mrežu. U ovom radu je predstavljen pristup za proveru kriterijuma za priključenje distribuiranih izvora, kao i većih potrošača u distributivnim mrežama. Predloženi pristup, razvijen u okviru modula za planiranje ADMS (Advanced Distribution Management System) sistema, omogućuje da se izvrši provera kriterijuma priključenja, definisanih od strane operatora distributivnog sistema, kada se distribuirani izvori ili potrošači priključuju na srednjenaponsku distributivnu mrežu. Ovaj pristup koristi srednjoročnu prognozu potrošnje i proizvodnje iz distribuiranih resursa za period od godinu dana i omogućuje kreiranje velikog broja različitih scenarija, odnosno kombinacija potrošnje i proizvodnje. Scenariji se detaljno analiziraju koristeći sve dostupne alate ADMS modula planiranja, u cilju provere definisanih kriterijuma priključenja.

Ključne reči: DER priključenje, ADMS modul planiranja, Kriterijumi priključenja na mrežu

ABSTRACT

Distribution networks have evolved from traditionally passive infrastructures into increasingly active systems, characterized by a continuous rise in distributed energy resources (DER) of various capacities. The growing attractiveness of investments in electricity generation further accelerates the integration of DERs, creating new operational and planning challenges for distribution system operators (DSOs). These challenges primarily relate to ensuring safe, reliable, and technically compliant connections to the medium voltage (MV) network. This paper presents an approach for assessing the connection criteria for distributed energy resources, as well as large consumers, in distribution networks. The proposed approach, developed within the planning module of an Advanced Distribution Management System (ADMS), enables verification of the connection criteria defined by the distribution system

* Stefan Tripić, stefan.tripic@se.com

operator when DERs or consumers are connected to the medium voltage distribution network. The approach uses a medium-term forecast of consumption and generation from distributed resources over a one year period and enables the creation of a large number of different scenarios, that is, combinations of consumption and generation. These scenarios are analyzed in detail using all available tools of the ADMS planning module, for the purpose of verifying the defined connection criteria.

Keywords: DER connection, ADMS Planning, grid connection criteria

UVOD

Kao posledica prelaska elektrodistributivnih mreža sa pasivnih na aktivne sisteme u kojima je sve više distribuiranih izvora energije (eng. DER), obaveza kompanija operatora distributivnog sistema (ODS) za proverom mogućnosti priključenja ovakvih izvora kao i potrošača postaje sve dinamičnija i kompleksnija. Samoj proveri odnosno studiji koja podrazumeva eksplicitne proračune kriterijuma koje propisuju nadležni operator elektroenergetskog sistema i regulatorni organi prethodi kompleksan proces pronalaženja odgovarajućih režima u kojima će se provera kriterijuma vršiti. Da bi se došlo do ovih režima, potrebno je pre svega posedovati okruženje sa kompletnim električnim modelom elektrodistributivne mreže koji uključuje konektivnost opreme i njene kataloške vrednosti, kao i dužine provodnika. Dodatno, potrebno je posedovati podatke o potrošnji na nivou krivih, odnosno dijagrama opterećnja kao i distribuiranoj proizvodnji. Takođe, potrebno je posedovati podatke o istorijskim merenim vrednostima električnih veličina poput tokova aktivnih i reaktivnih snaga, struja i napona, kao i odgovarajuća uklopna stanja kako bi se rekonstruisali režimi i nad njima vršila provera samih kriterijuma.

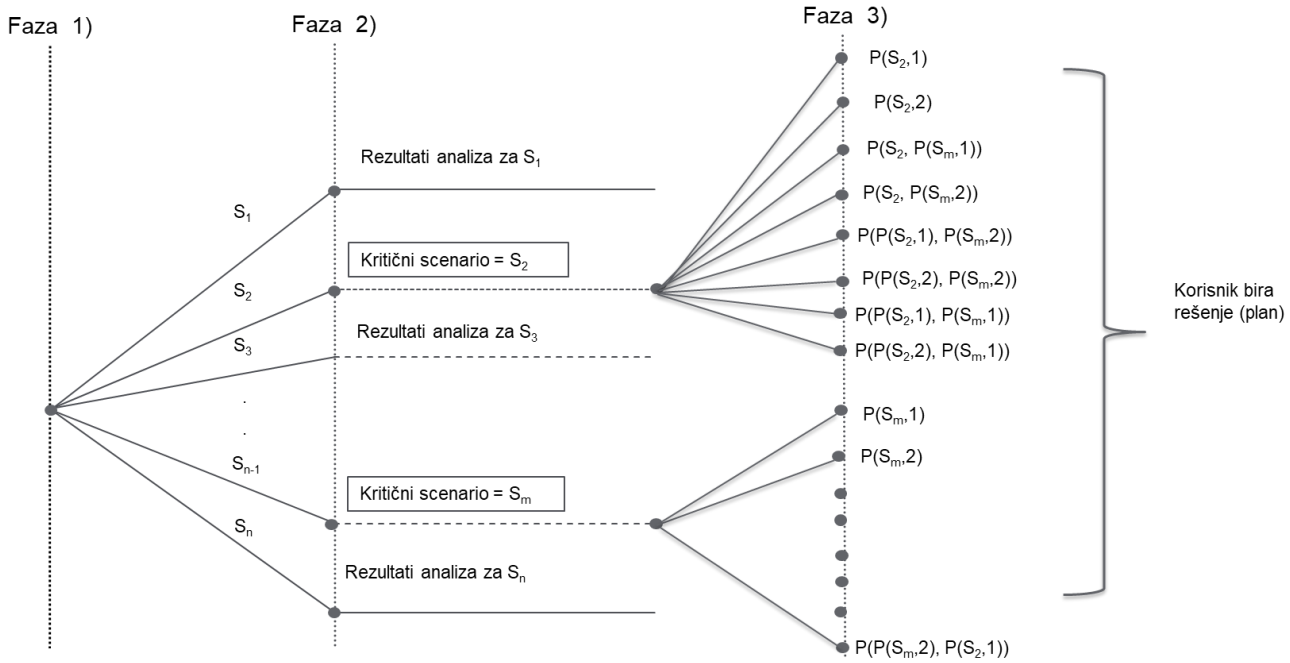
Kada su svi ovi podaci dostupni potrebno je vršiti analizu kojom se dolazi do različitih scenarija, gde svaki scenario predstavlja određen režim u smislu potrošnje i proizvodnje. U ovim režimima je u model mreže potrebno uneti dodatak u vidu distribuirainh izvora, odnosno potrošača, za koje se provera mogućnosti priključenja vrši. Korisnik takođe treba da vodi računa o planiranom rastu konzuma kao i ostalim distribuiranim izvorima koji će u budućnosti biti priključeni i svojim prisustvom uticati na režim.

Iz do sada navedenog može da se zaključi da je sama postavka okruženja za proveru kriterijuma studije priključenja veoma kompleksan proces koji zahteva mnogo aktuelnih podataka i akcija samog izvršioca studije.

Autori kroz ovaj rad daju predlog izvršenja studije priključenja oslanjajući se na Advanced Distribution Management System (ADMS) sistem.

1 METODOLOGIJA ZA PROVERU KRITERIJUMA PRIKLJUČENJA

Studija za proveru priključenja distribuiranih izvora energije i potrošača (tipično većih snaga) podrazumeva tri faze u kojima korisnik proverava različite scenarije i planove za njihovo rešavanje. Za pronalaženje scenarija se koriste se rezultati alata srednjeročne prognoze potrošnje (eng. Medium Term Load Forecast (MTLF)) koja na osnovu istorijskih očitavanja aktivnih snaga pronalazi momente maksimalnih i minimalnih potrošnji. Tokom analiza koje su rađene za potrebe ovog rada taženi su momenti maksimalnih i minimalnih potrošnji za svaki od dvanaest kalendarskih meseci kako bi se obuhvatile sve varijacije dnevnih dijagrama opeterećnja. Fazni pristup je prikazan na Slika 1 - *Grafički prikaz procesa*.



Slika 1 - Grafički prikaz procesa

U fazi 1 vrši se proračun MTLF čime se pronalaze satne vrednosti potrošnje za period od godinu dana. Ove vrednosti se analiziraju i nalaze se ekstremni režimi odnosno momenti maksimalne i minimalne potrošnje.U slučaju analize za 12 meseci dobija se 24 režima, za svaki mesec po jedan za minimalnu i maksimalnu potrošnju. Nakon izbora željenog trenutnka vrši se kalibracija merene vrednosti potrošnje odnosno postavka potrošnje u svim potrošačkim čvorovima distributivne mreže proporcionalno njihovim vrednostima sa odgovarajućih dnevnih dijagrama opterećnja. Za pronalaženje režima i kalibraciju razvijen je poseban alat u sklopu ADMS sistema – Podešavanje potrošnje.

Obzirom da se analizira period od godinu dana MTLF nije korišten za prognozu proizvodnje usled nemogućnosti precizne prognoze vremenskih prilika. Stoga korisnik sam podešava vrednosti proizvodnje za pojedine DER uređaje. Tipično se svi proizvođači električne energije iz solarnih elektrana i proizvodnja kupaca-proizvođača sa krovnim fotonaponskim proizvođačima podešavaju na istu relativnu vrednost, npr. za željeni maksimum proizvodnje na 95% njihove nazivne snage.

Pored potrošnje i proizvodnje koje su dobijene na pomenut način korisnik podešava vrednost modula napona, tipično na srednjenaponskoj sabirnici transforamtorske stanica visoki/srednji napon 110/x [kV/kV]. Ovim se dobija *n* režima odnosno scenarija prikazanih u fazi 2. Naredni korak je unošenje elektrane ili potrošača za čije priključenje za radi studija i provera kriterijuma za svaki od *n* režima. Ukoliko nema narušenih kriterijuma, studija ima za rezultat odobrenje priključenja. U slučaju da je neki od kriterijuma narušen za jedan ili više scenarija, za svaki od tih scenarija se prelazi u fazu 3 odnosno pronalaženje planova za rešavanje situacija zbog kojih je kriterijum narušen.

2 OKRUŽENJE ZA PROVERU KRITERIJUMA

Advanced Disitribution Management System (ADMS) je izabran kao sistem na kom se bazira metodologija data u ovom radu jer prožima oblasti daljinske akvizicije podataka i kontrolu upravljive opreme (eng. SCADA), kao i upravljanja ODS kroz vođenje planiranih i

neplaniranih događaja. Da bi se ovi procesi izvršavali kroz neki sistem neophodno je da taj sistem u svakom momentu ima aktuelan model mreže i statuse daljinski nenadzirane prekidačke opreme. Kako bi se proces vođenja upravljanja mrežom odvijao precizno ODS ustanovljava proces ažuriranja modela mreže na dnevnom nivou, a kako je ADMS sistem pored sektora upravljanja načelno dostupan i svim ostalim sektorima ODS-a, proces izrada studija može da se izvršava na aktuelnom modelu mreže.

ADMS sistem vrši istorizaciju akviziranih merenih vrednosti potrošnje i ostalih podataka od interesa, na primer trend proizvodnje većih distribuiranih elektrana koje su pod sistemom daljinskog merenja. Ovi podaci su dostupni izvršiocu studije za priključenje i pomoću njih je moguće pronaći istorijske ekstreme.

Pored navednih procesa ADMS sistem ima široku primenu i procesima operativnog upravljanja gde inženjeri podrške upravljanju kroz sistem mogu da detektuju termička preopterećenja ili odstupanja napona od zadatih granica, kao i rade kratkoročne simulacije kako bi detektovali ovakva narušavanja u bliskoj budućnosti reda nekoliko sati ili dana. Da bi ovo bilo moguće, ODS nužno uspostavlja proces ispravki kataloga električne opreme u svojim bazama podataka kako bi se u svakom momentu imao tačan proračun tokova snaga. Obzirom da su ADMS sistemi zastupljeni na tržištu relativno kratko vreme iskustva su pokazala da podaci o katalozima u bazama podataka kompanija operatora distrubtivnih sistema nisu dovoljno ažurni pa je ovaj proces iterativan i dugoročan, što takođe ADMS sistem dovodi u poziciju pokretača ažuriranja ovih podataka. Kao i u prethodnim primerima, sektori upravljanja se naslanjaju na ovaj proces i u svakom momentu imaju dostupan najažurniji model mreže.

U sklopu simulacionih modova ADMS sistema dostupni su razni alati koji olakšavaju izradu studije. Pored mogućnosti ucrtavanja elektrane ili potrošača za koje se radi studija moguće je i učitavanje istorijskih podataka, promena ukolpnih stanja, kalibracija potrošnje, simulacija promene pozicije regulacione sklopke transformatora i dr.

3 SREDNJOROČNA PROGNOZA OPTEREĆENJA

Aplikacija za srednjoročnu prognozu opterećenja omogućava srednjoročnu procenu opterećenja u jednakim vremenskim intervalima od 60 minuta za period prognoze do 52 sedmice unapred (do jedne godine unapred). Prognoza uzima u obzir istorijske estimirane (procenjene) ili merene podatke o opterećenju, istorijske meteorološke podatke (opciono), podatke za vremensku odrednicu (dani u nedelji i meseci u godini), tipove dana i sezone definisane u modelu, profile opterećenja definisane u modelu, kao i spoljne uticaje, kao što su prognozirani meteorološki uslovi (opciono).

Period prognoze, količina prognoziranih meteoroloških podataka i količina istorijskih podataka o opterećenju i meteoroloških podataka koji će se koristiti je moguće konfigurisati pre pokretanja sistema.

3.1 Metoda potpornih vektora

Metodologija koja se koristi za MTLF je Metoda potpornih vektora (eng. Support Vector Machines (SVM)) [1]. Ovaj pristup se koristi u analizi vremenskih serija i fokusira se na trendove i promene trendova, te se oslanja na istorijske podatke [2]. Metoda potpornih vektora se može koristiti za prognozu vremenskih serija [3] i podesiva je pre pokretanja sistema (tolerancija konvergencije, maksimalan broj iteracija, različiti parametri itd.).

Ulazi za algoritam za MTLF prognozu potrošnje/opterećenja (injektiranja) su:

- dnevni prosečni istorijski estimirani ili mereni podaci o opterećenju,
- dnevni prosečni istorijski meteorološki podaci (opciono),
- dnevni prosečni prognozirani meteorološki podaci (opciono).

Dnevni prognozirani meteorološki podaci se izvode iz satnih podataka. Početni izlazi su dnevni prosečni prognozirani podaci o opterećenju za definisani period prognoze. Zatim se, na osnovu dnevnih rezultata, pripadnosti potrošača po izvodima, njihovih dijagrama opterećenja i satnih prognoziranih meteoroloških podataka (opciono), izvode satni prognozirani podaci o opterećenju za svaki dan u okviru definisanog perioda prognoze. Jedini podržani tip meteoroloških podataka je temperatura (apsolutna ambijentalna ili „subjektivni osećaj“).

Prognoziranje korišćenjem Metode potpornih vektora sastoji se iz dva koraka: treniranje i prognoza. U bloku za treniranje kreira se model prognoze, dok se u bloku za prognozu generišu prognoze korišćenjem obučenog modela. Pored toga, normalizacija podataka pre treniranja i prognoze je od izuzetne važnosti.

3.1.1 Blok treniranja

Blok treniranja kreira model prognoze korišćenjem velike količine istorijskih podataka kako bi mogao da generiše prognozirane vrednosti. Algoritam se snabdeva sledećim podacima:

- istorijski estimirani ili mereni podaci o opterećenju,
- istorijski mereni meteorološki podaci (opciono za srednjeročne prognoze),
- istorijski podaci za vremensku odrednicu:
    - dani u nedelji,
    - meseci u godini.

Za MTLF proračun koristi se 53 sedmice dnevnih prosečnih električnih i meteoroloških podataka. Tokom periodičnih izvršavanja MTLF aplikacije, algoritam se trenira jednom koristeći veliki skup istorijskih podataka, nakon čega se parametri obučenih modela čuvaju i koriste za naredne prognoze. Jedan model se trenira po svakoj prognoziranoj promenljivoj (npr. aktivna snaga, reaktivna snaga, itd.) i po svakom elementu od interesa (npr. izvod, DER, itd.). Na svakih n dana, algoritam se ponovo trenira korišćenjem razlike. Period zadržavanja sačuvanih modela je podesiv pre pokretanja sistema.

3.1.2 Blok prognoze

U bloku prognoze, nedavni istorijski podaci o opterećenju, prognozirani meteorološki podaci i podaci za vremensku odrednicu se prosleđuju obučenom modelu kako bi se izračunali dnevni podaci potrošnje/opterećenja (injektiranja).
Obučeni model koristi:

- istorijske estimirane ili merene podatke o opterećenju,
- prognozirane meteorološke podatke (opciono za srednjeročne prognoze),
- prognozirane podatke za vremensku odrednicu:
    - dani u nedelji,
    - meseci u godini.

Za MTLF se koristi 7 dana (1 sedmica) dnevnih prosečnih istorijskih podataka o opterećenju. Proces prognose odgovara jednoj iteraciji treniranja modela. Prognoza se najpre vrši za sledeći dan, a zatim se isti postupak iterativno ponavlja za svaki naredni dan u okviru prognoziranog

perioda, u skladu sa podešenim srednjoročnim vremenskim horizontom. Vrednost dobijena u prethodnoj iteraciji koristi se kao ulazni podatak za prognoza narednog dana.

3.1.3 Normalizacija

Normalizacija (poznata i kao skaliranje) podataka predstavlja važnu fazu treniranja algoritma. Normalizacija olakšava proces treniranja i unapređuje mašinsko učenje. Potrebno ju je izvršiti tako da veće vrednosti ne potisnu uticaj manjih vrednosti. Postoji više tipova normalizacije, ali je na osnovu analiza pokazano da normalizacija apsolutnim maksimumom daje najtačnije prognoze, te se zbog toga koristi. Nakon završetka procesa, podaci se denormalizuju.

3.1.4 Normalno opterećenje izvoda

Prilikom dobavljanja istorijskih podataka potrebnih za treniranje i prognozu, proverava se odstupanje prosečne aktivne snage potrošača na izvodu u aktuelnoj i normalnoj topologiji. Vrednosti koje odstupaju od normalnih vrednosti iznad definisanog praga smatraju se abnormalnim i istorijski podaci o opterećenju koji odgovaraju tom periodu automatski se zamenjuju interpoliranim vrednostima.

3.2 Izvodjenje satnih MTLF vrednosti

MTLF aplikacija izvodi satne prognozirane vrednosti potrošnje/opterećenja (injekcije) iz dnevnih izačunatih vrednosti, za svaki dan u okviru definisanog srednjoročnog perioda prognoze. Koriste se pripadnost potrošača izvodima, njihovi dijagrami opterećenja (iz modela mreže), godišnja doba (iz modela mreže), tipovi dana (iz modela mreže) i satni prognozirani meteorološki podaci (opciono).

U procesu izvođenja satnih prognoziranih podataka, dijagram opterećenja za određeni tip dana u određenoj sezoni se:

- Preuzima korišćenjem satnih prognoziranih podataka o temperaturi (kada su dostupni), ili
- Izračunava usrednjavanjem dijagram opterećenja za sve temperaturne opsege koji su dodeljeni tom danu u toj sezoni (kada satni prognozirani podaci o temperaturi nisu dostupni).

4 DEFINISANJE SCENARIJA ZA PROVERU KRITERIJUMA PRIKLJUČENJA

Proces definisanja scenarija zasniva se na određivanju vrednosti promenljivih ulaznih podataka, čije promene imaju direktan uticaj na ishod provere kriterijuma priključenja.

4.1 Definisanje potrošnje

Nakon što se izvrši MTLF i dobiju prognozirane vrednosti potrošnje za svaki sat po srednje naponskim izvodima, potrebno je uraditi njihovu analizu i pronaći kritične odnosno ekstremne režime u kojima će se vršiti provera kriterijuma.

Tokom pripreme ovog tada razvijena je aplikacija koja na osnovu prognoziranih rezultata vremenske serije omogućuje korisniku da izvrši analizu ovih rezultata i na osnovu njih uradi podešavanje potrošnje na željene, kritične vrednosti. Aplikacija radi na nivou korena, odnosno ekvivalenta prenosne mreže. Svi ekvivalenti prenosne mreže koji su međusobno topološki povezani preko spojnog polja na 110 kV nivou se smatraju jednim korenom. Algoritam

aplikacije prolazi kroz rezultate prognoze potrošnje koji su dostupni za svaki sat, po izvodu. U zavisnosti od odabranih opcija, traže se minimalne odnosno maksimalne vrednosti na godišnjem ili mesečnom nivou, odosno za minimum/maksimum za sve sate u danu ili samo odabrane.

Osnovni ulazni podaci su fizički model mreže, informacije o potrošnji uključujući normalizovane krive potrošnje potrošača i rezultati prognoze potrošnje. U samoj aplikaciji korisnik ima mogućnost da bira nekoliko parametara:

Tip analize:

1. Jednovremeno – za željeni period se traži minimum/maksimum referentong elementa (npr. izvoda), dok se svi ostali izvodi skaliraju, odnosno dobijaju vrednost koja odgovara momentu minimuma/maksimuma referentnog elementa.
2. Nejednovremeno – svi izvodi se skaliraju na svoj apsolutni minimum/maksimum za željeni period.

Potrošnja:

1. Minimum
2. Maksimum

Period:

1. Početni datum
2. Krajnji datum

Proračun se vrši za ceo željeni period gde korisnik može da izabere jedan dan, ali i više uzastopnih meseci, kao i period od godinu dana.

Željeni sat:

1. Bira se jedan od 24 časa u danu.
2. U slučaju da vrednost nije izabrana rezultat se traži za svih 24 časa.

Kao bazni element, koji se razmatra samo za jednovremenu analizu, se uzima element izabran kroz odabir mreže. Bazni element može biti:

1. Transformatorska stanica 110 kV
2. Transformator 110/x kV/kV
3. Izvod.

U slučaju analize za transformator ili stanicu, sabiraju se prognozirane vrednosti pripadajućih SN izvodnih ćelija za svaki sat, pa se vrednosti međusobno porede i rangiraju.

Izveštaj aplikacije je u formi liste tačaka koje predstavljaju različite tipove kalibracije potrošnje tj. režime. Na primer, ako je odabrana nejednovremena analiza, minimum i maksimum za jul i avgust, izveštaj sadrži 4 rezultata: apsolutni minimumi i maksimumi za jul i avgust. Korisnik „primenom“ svakog od rezultata vrši postavku odgovarajuće vrednosti skaliranja tj. kalibracije vrednosti sa nivoa izvoda na nivo svih potrošača, proporcionalno spram vrednosti sa njihovih dnevnih dijagrama.

4.2 Definisanje proizvodnje, uklopnog stanja i napona korena u izabranom scenariju

Nakon što je izabran željeni trenutnak sa specifičnom potrošnjom i vrednost kalibrisana na sve potrošače iz oblasti od interesa korisnik podešava vrednosti injektiranja svih proizvodnih

jedinica. Injektiranje svih proizvođača na solarni pogon se postavljaju na istu relativnu vrednost obizorm da je posmatrani konzum po pravilu na malom geografskom području i vremenske prilike su jednake. U slučaju da se želi maksimalno injektiranje solarnih elektrana vrednost se postavlja na primer na 0,95 od njihovih nazivnih snaga ili 0 ukoliko se razmatra noćni režim. Proizvodne jedinice koje nisu solarne se podešavaju spram ražima koji se posmatra. Poželjno je proveriti kriterijume za sve kombinacije maksimuma i minimuma potrošnje sa jedne i proizvodnje sa druge strane. Takođe, korisnik vrši postavku odgovarajućeg uklopnog stanja i podešava vrednost napona na visokonaponskoj (VN) strani transfotmatorske stanice visoki napon/srednji napon (VN/SN).

4.3 Unos planiranog proširenja mreže

U ovom koraku izrade studije u razmatranje se uključuju promene izgrađenosti mreže, kao i planirana izmena potrošnje. Promene obuhvataju predviđene rekonstrukcije i dogradnje mrežnih elemenata, priključenje novih potrošača, kao i povećanje opterećenja postojećih. Takođe, potrebno je uneti i sve potrošače i proizvođače čije je priključenje ranije odobreno ali njihovo priključenje još uvek nije izvršeno.

Svaka promena potrošnje, proizvodnje, uklopnog stanja ili napona predstavlja novi scenario i zahteva ponovnu proveru kriterijuma.

5 PROVERA KRITERIJUMA

Naredni korak izrade studije jeste provera samih kriterijuma priključenja. Kao što je već navedeno, kriterijumi se razlikuju medju državama, nekada čak i unutar samih država. Dakle, nije moguće dati jedinstvenu i opšte primenljivu listu kriterijuma. Ipak, autori navode kriterijume koji se mogu smatrati univerzalnim i koji su obrađivani tokom pripreme ovog rada. Ukoliko su svi kriterijumi zadovoljeni za svaki od analiziranih scenarija, studija se završava i priključenje se sa aspektra provere kriterijuma smatra odobrenim.

5.1 Kriterijum dozvoljenih vrednosti napona u stacionarnom režimu

Naponi u svim tačkama u delu mreže koji se razmatra nakon priključenja moraju biti veći ili jednaki od minimalne i manji ili jedanki od maskimalne vrednosti napona koje je definisao korisnik odnosno nadležni organ.

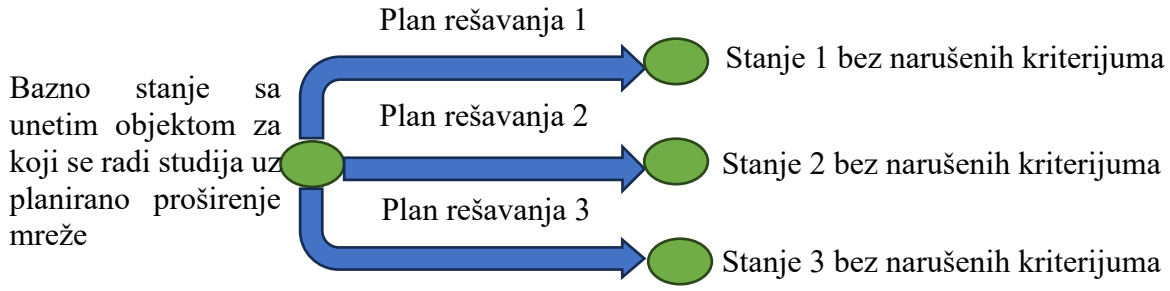
5.2 Kriterijum dozvoljenog strujnog opterećenja elemenata distributivne mreže

Kriterijumom dozvoljenog strujnog opterećenja elemenata distributivne mreže se proverava da za vreme rada elektrane ili potrošača za kog se vrši studija struje kroz elemente distributivne mreže ne pređu maksimalne vrednosti definisane od strane korisnika. Provera se vrši dvojako. Za sve provodnike tako da moduo struje ne sme da premaši vrednost kratkotrajno ni dugotrajno dozvoljene granične vrednosti. Ove vrednosti se u praksi daju u vidu koeficijenata u odnosu na nazivnu vrednost struje. Takođe, provera se vrši za VN/SN, SN/SN i SN/NN transformatore afektovane novododatim elementom. Vrednosti za proveru se u praksi daju u vidu koeficijenata u odnosu na nazivnu vrednost snage transformatora.

Pored navedenih primeri kriterijuma koji se sreću u praksi su maksimalno dozvoljeno injektiranje povratne snage ka prenosnoj mreži na nivou transformatorske stanice VN/SN, provere struje kratkog spoja na kritičnim elementima i sl.

6 DEFINISANJE PLANOVA ZA OTKLANJANJE NARUŠENIH KRITERIJUMA

Proverom kriterijuma za različite scenarije dobijaju se detaljni rezultati. Svaki scenario za koji bar jedan kriterijum nije zadovoljen zahteva predlog plana za njegovo otklanjanje. U ovom momentu celokupnog procesa se dešava grananje kao što je prikazano na Slika 2 odnosno definisanje različitih planova u fazi 3 sa Slika 1.



Slika 2 - Grananje studije

Plan praktično podrazumeva promenu unutar modela mreže kojom se otklanjaju uzroci narušenja kriterijuma. On može da predstavlja akcije sa postojećim elementima mreže poput promene pozicije teretnog menjača transformatora, promene uklopnog stanja tako da se deo izvoda prebaci na drugi, pa i upravljanje upravljivim resursima proizvodnje ili potrošnje čime se ograničava njihova proizvodnja odnosno potrošnja u periodima za koje se imaju narušenja kriterijuma. Za predlaganje ovakvih rešenja mogu da se iskoriste postojeće aplikacije standardnih ADMS sistema poput volt-var optimizacije, rekonfiguracije mreže i aplikacije za upravljanje distribuiranim energetskim resursima (eng. DERMS).

Takođe, plan može da podrazumeva i unapređenje postojeće opreme poput zamene jednog ili više provodnika novim većeg preseka ili zamena napojnog transformatora novim veće snage. Ukoliko je prihvatljivo naručiocu studije, predlog rešavanja narušenja može biti odobrenje priključenja objekta na traženom mestu, ali smanjenje snage od zahtevane ili čak davanje alternativnih lokacija za izgradnju elektrane. Predložene planove je svakako neophodno verifikovati u svim kritičnim scenarijima kako bi se osiguralo da ne dovode do narušenja kriterijuma u drugim režimima.

Ukoliko se dobije više planova za rešavanje narušenja potrebno je analizirati i ekonomska ograničenja. U tom slučaju, pored provere tehničke izvodljivosti priključenja, bilo bi moguće primeniti i odgovarajuće tehno-ekonomske analize (eng. cost–benefit) čime bi se omogućilo donošenje optimalnih odluka sa aspekta ukupnih investicionih i pogonskih troškova. Na ovaj način može se objektivnije proceniti da li je povoljnije ulaganje u unapređenje distributivne mreže, primena tehničkih rešenja upotrebom postojeće opreme ili ograničenje priključne snage razmatranog objekta. Uvažavanje ekonomskih kriterijuma, zajedno sa tehničkim ograničenjima, doprinosi sveobuhvatnoj oceni opravdanosti ulaganja i efikasnijem planiranju razvoja distributivnih elektroenergetskih sistema.

7 ZAKLJUČAK

Prikazanim metodološkim pristupom može se zaključiti da izrada studije priključenja predstavlja jedan vrlo složen proces, u kojem je potrebno razmatranje velikog broja različitih scenarija rada distributivne mreže. Bilo kakva izmena potrošnje, proizvodnje, aktuelnog ili normalnog uklopnog stanja odnosno planirani ili neplanirani događaj, može dovesti do

narušavanja jednog ili više kiterijuma priključenja, što zahteva njihovu mitigaciju i ponovnu analizu. Određivanjem kritičnih režima rada mreže omogućava se pouzdanija procena da li je priključenje elektrane na razmatranoj lokaciji tehnički dozvoljeno. Takođe analiza ovih režima daje jasan uvid u granična stanja sistema, čime se značajno olakšava donošenje odluka u procesu planiranja priključenja novih proizvodnih ili potrošačkih kapaciteta.

Definisanje i verifikacija planova za otklanjanje uočenih ograničenja predstavljaju ključni deo studije, jer omogućavaju donošenje optimalnih odluka u vezi sa priključenjem novih proizvodnih ili potrošačkih objekata. Na taj način ostvaruje se kompromis između zahteva korisnika i tehničkih mogućnosti distributivne mreže, uz očuvanje njenog stabilnog i pouzdanog pogona.

LITERATURA

[1] Cortes & Vapnik (1995), *Support-Vector Networks*, Machine Learning, 20(3), 273–297.
[2] Navarrete & Viswanath (2015), *Support Vector Regression, Smooth Splines, and Time Series Prediction*.
[3] Drucker et al. (1997), *Support Vector Regression Machines*