

PLANIRANJE DISTRIBUTIVNE MREŽE SUTRAŠNJIČE (OSNOVA ZA SMART PLANNING)

SMART GRID DISTRIBUTION NETWORK PLANNING (BASIC REVIEW)

Dragoslav JOVANOVIĆ, Nacionalni komitet CIRED Srbija

KRATAK SADRŽAJ

Danas, u svetu, sve više se raspravlja o planiranju u novim (*Smart Grid*) uslovima, i s obzirom na različite uslove postoje i različita gledanja na taj problem. Neki to opisuju i konfuzijom ali su samo u pitanju različiti uslovi u distributivnoj mreži i odatle potiču i različita gledanja na problem. Odatle proističu i različiti uslovi, autori, koncepti, načini i ciljevi i svaki primenljiv na druge uslove u distributivnoj mreži.

Ključne reči: planiranje, uslovi, pametne mreže.

ABSTRACT

Nowadays *Smart Grid* planning constraints are often in scope and there is offered different attitudes. Some describes this like confusion but other see this like different circumstances in network. Consequently, different authors, different circumstances and goals are produce different attitudes.

Key words: planning, circumstances, Smart Grid.

Dragoslav JOVANOVIĆ, dragoslav.jovanovic97@gmail.com

UVOD

Planiranje sredjenaponske (SN) i niskonaponske (NN) mreže je ozbiljan optimizacioni problem, s obzirom na neizvesnost (probabilistika) i nelinearnost problema. U literaturi postoje mnogi optimizacioni modeli. Pored već ustaljenog "klasičnog" prilaza koji ne uzimaju u obzir 'Smart Grid' pristup, prisutni su prilazi koji uzimaju u obzir demand-side management, skladišta, uticaj trgovanja i „ostrvskog“ upravljanja na distributivnom nivou, distributivne generatore... Ti pristupi su bazirani su na osnovama 'Smart Grid' principa. Pitanja koja se pri tom nameću su kako integrisati 'Smart Grid' pristup u ciljeve sadašnjih i budućih mreža.

Planiranje razvoja distributivnih mreža zahteva da se obezbedi polazište za sve opcije i tehnologije koje se sagledavaju u kao neophodne u budućnosti. Na taj način bi se obezbedio 'Smart Planning' pristup. Očekuje se da se razvijaju nove tehnologije i tehnike koje će omogućiti kreiranje tzv. pametne mreže. To naravno neće biti dovoljno već se očekuje i odgovarajuće učešće i društvenih faktora.

S obzirom na različite strukture i mogućnosti kako distributivnih mreža tako i društvenih struktura, moguć je i različit razvoj pametnih mreža u različitim društveno tehnološkim celinama.

Iskustva u svetu pokazuju da pristup planiranja sa dugoročnom validnošću nije moguć u pametnim mrežama već će biti neophodno stalno prilagođavati scenarije novim uslovima. Tu se očekuje doprinos novih tehnologija i radikalne promene u pristupu. Takođe, očekuje se i smanjenje ukupnih investicija primenom novih tehnologija. Međutim, uprkos očekivanjima, još uvek je prisutan tradicionalni pristup u planiranju distributivnih mreža. I pored prisutnog „primenljivog novog talasa“ (skladišta energije, aktivno upravljanje potrošnjom-Demand Side Management uz prisustvo distributivnih generatora (DG), demand side integration itd), to još uvek ne daje pun doprinos planiranju mreža i još uvek se ne tretira svuda kao održiv pristup.

Najveći uticaj na razvoj pametnih mreža svakako ima masovna pojava distributivnih generatora. Shodno tome menja se i filozofija celokupnog sistema a ne samo onog dela distributivnih mreža koji je opterećen pojavom distributivnih generatora.

Na izvestan način se pri tom utiče na dosadašnju ulogu balansiranja snage sistema. Obnovljivi izvori kao solarne i vetroelektrane rade samo kad se za to steknu uslovi i teško je predvideti njihovo angažovanje u sistemu. Stoga je određivanje maksimuma i minimuma balansne snage podložno uticaju angažovanja distributivnih generatora. Progresivna deregulacija sistema donosi sa sobom potrebu tržišta da se meri konkurentnost izvora energije među sobom. U tu svrhu je ustanovljen faktor *Levelized Cost of Electricity (LCOE)* koji pokazuje koja energija treba prvo da se proda da bi generacija bila profitabilna. Kada je *LCOE* iznad aktuelne cene na tržištu energija (znači taj izvor energije) nije profitabilna i obrnuto.

$$LCOE \left(\frac{USD}{kWh} \right) = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{(I_i + O_i + F_i - TC_i)}{(1+i)^i}}{\sum_{i=0}^n \frac{E_i}{(1+i)^i}}$$

Gde je:

I – investiciona vrednost objekta

O – zbir troškova održavanja i operativnih troškova

F – troškovi goriva

TC – zbir korišćenih kreditnih anuiteta

E – proizvedena energija

n – životni vek elektrane

ULOGA DISTRIBUTIVNIH GENERATORA (DG) I ODNOS SA CENTRALIZOVANOM PROIZVODNJOM (CG)

S obzirom na početne korake u ovoj oblasti kod nas, imajući u vidu trend povećanja gradnje *DG* kod nas, napravimo osvrt na razlike između klasične centralizovane proizvodnje (*CG*) i veće proizvodnje električne energije iz distributivnih generatora, odnosno distribuirane proizvodnje (*DG*).

Predviđa se da će proizvodnja električne energije od upravljivog sistema sa rotacionim mašinama preći u sistem sa pretežno intermitentnim obnovljivim izvorima električne energije. Očekuje se da 2030.godine između 52% i 89% proizvodnje bude iz obnovljivih izvora električne energije. Ovakva konstelacija će očigledno imati ozbiljne izazove u delu balansne rezerve sistema. Sistem će umesto sadašnje situacije imati situaciju da će frekvencija u pojedinim periodima biti nestabilna. Te situacije će se pokrivati sa vršnim elektranama u većem iznosu nego sada uz očekivanje da skladišta uzmu udeo u rešavanju tog problema.

Tokom prošle dekade, tehnološke inovacije su omogućile da fotovoltaički sistemi (*PV*), vetrogeneratori, mikroturbine, gorive ćelije i drugi, postanu ekonomski skoro ravnopravni sa velikim elektranama. (Tu su svakako svoju ulogu odigrali i uslovi zaštite životne sredine.) Distribuirana proizvodnja još uvek nije po efikasnosti ravnopravna sa klasičnim izvorima ali uticaj gubitaka u prenosnoj mreži je svakako čini privlačnijom. Trend značajnog porasta učešća *DG* u ukupnoj proizvodnji, susreće se sa određenim izazovima. Skoro svi ti izazovi imaju direktne implikacije na proces planiranja distributivne mreže.

Tehnički:

- Dalje povećanje *DG* kapaciteta će zahtevati i dodatnu gradnju transformatora za transfer energije u prenosnu mrežu.
- Povećanje broja *DG* u mreži može imati negativne efekte sa pojavom previsokih napona i oscilacija struje/snage, što može dovesti do destabilizujućih efekata.
- Problemi sa koordinacijom zaštite i problemi sa promenom statusa u ostrvskom radu.
- Problemi sa nedostatkom snage u sistemu ili naponske stabilnosti i dalje je u domenu *CG* - velike mreže.
- Prelaskom u status aktivnih distributivnih mreža pojavice se problemi sa balansom i proračunom tokova snaga u i iz velikih sistema, prognozom proizvodnje *DG*, upravljanjem u takvom „miks“ statusu itd...
- Potreba za virtuelnim generatorom koji prezentuje skup *DG*.

Ekonomski:

Striktno ekonomski gledano *DG* još uvek nemaju jeftiniju proizvodnju od *CG* ali troškovi u prenosnoj mreži doprinose njihovoj konkurentnosti. Sa druge strane, liberalizacija tržišta daje vetar u leđa izgradnji novih *DG*.

Ostali uslovi:

Planiranje *DG* u distributivnim mrežama ima značajan uticaj na pristup planiranju razvoja mreže. Njihova pojava može da ima:

- Negativan efekat dodatnog investiranja u mrežu.
- Pozitivan uticaj *DG* na gubitke u mreži.
- Kogeneracija kao jedan vid *DG*, može da ima negativne efekte na klimatske promene zbog emisije štetnih elemenata.

Planiranje distributivnih mreža je proces oslonjen na neophodnu bazu podataka, planirani razvoj potrošnje (uz sagledano učešće *DG*), moguće alternative izgradnje i evaluaciju tih alternativa.

Proces planiranja se može definisati sledećim fazama:

- Prognoza potrošnje i opterećenja,
- Opcije razvoja pametnih mreža,
- Tržište u novim uslovima (Smart market),
- Upotreba alata za planiranje

MOGUĆI PRAVCI RAZVOJA PAMETNIH MREŽA

U sadašnjoj fazi, razvoj novih tehnologija u funkciji pametnih mreža može na neki način da ukaže na moguće razvoje pametnih mreža. Na opcije u razvoju *Smart Grid*-a, pored uticaja *DG* utiču između ostalih razvoj energetske skladišta, tzv. on-lajn rekonfiguracija mreža, lokalna kontrola naponskih prilika, upravljanje potrošnjom (*demand side management - DSM*) i drugi. Uticaj svih ovih faktora na razvoj pametnih mreža je široko analiziran u literaturi.

a. Energetska skladišta učestvuju u redukciji gubitaka, nivelisanju potražnje konzuma kao i podršci naponskim prilikama. Troškovi njihove izgradnje su još uvek veliki a fleksibilnost lokalne mreže koja se sa njima dobija svakako utiče na njihovo dalje razvijanje. U literaturi su analizirani i kao vlasništvo *ODS*-a i kao vlasništvo nezavisnog operatera mreže. Zbog svog nesumnjivog uticaja na mrežu i mogućnosti aktivnog uključivanja na tržište kao učesnika, predstavljaju značajan faktor pri planiranju novih mreža i proceni njihovog uticaja.

b. Funkcija on-lajn rekonfiguracije mreže može značajno da poveća pouzdanost mreže. Mogućnost lokalnog daljinskog upravljanja daje priliku za brže manipulacije i unapređenje rada mreže. Moguća je redukcija tehničkih gubitaka, parcijalna kontrola lokalnih opterećenja i svih elemenata mreže, brže ponovno uključivanje ispalih elemenata mreže, prebacivanje opterećenja unutar mreže i drugo. Naravno, za mnoge aktivnosti je potrebno poznavati verovatnoću pojavljivanja opterećenja.

v. Lokalna kontrola naponskih prilika je metoda koja se razlikuje od tradicionalnog pristupa gde je naponski nivo prvi faktor po značaju u eksploataciji mreža. Ovde se razmatra upotreba transformatora sa promenom odnosa pod opterećenjem (*On-load tap changer- OLTC*) a moguća je i primena daljinski upravljivih kondenzatorskih baterija u ovu svrhu.

Pojedine metode su usmerene na predviđanje koristi od upravljanja Volt/Var prilikama i njihovom integracijom u proces planiranja mreže.

g. Upravljanje potrošnjom (*Demand side management -- DSM*)

Upravljanje potrošnjom se može tretirati kao jedno od rešenja u pametnim mrežama jer može da ostvari značajan uticaj na mrežu. Pomeraju se vrhovi opterećenja odnosno utiče na potrošnju na taj način. Tu je značajan odnos i sa toplotnim pumpama koje se angažuju u mreži. Sve to doprinosi mogućnosti odlaganja investicija u mrežu. Međutim, postoje i razmišljanja da upravljanje potrošnjom daju većem broju korisnika aktivnu ulogu što može da donese i neke negativne efekte na investicionu politiku (neizvesnost). Takođe, veći broj učesnika u lokalnom tržištu daje i dodatna ograničenja i uslova.

d. Smart market

Postojanje skladišta energije i drugih mogućnosti pametnih mreža traže više učesnika i učešće samo operatera sistema (*ODS*) više nije dovoljno. Nameće se prisustvo više učesnika na tržištu sa direktnim pristupom. Smart market treba tako organizovati da se omogući konzumerima i/ili proizvođačima da eksponiraju svoju proizvodnju. To tržište ne bi bilo ograničeno na mrežu već bi omogućilo i doprinos društva s obzirom da mogućnost povećanja troškova izgradnje mreže snosi društvena zajednica. Sa druge strane, traženje optimalnih rešenja za izgradnju mreže doprinosi kvalitetu društvene zajednice. Istraživanja u tom pravcu su donela i neke pilot projekte i modele takvog tržišta.

PROGNOZA POTROŠNJE I OPTEREĆENJA

Najčešće se do sada koristio pristup planiranja vrhova opterećenja i njihova projekcija u budućnost. Obično se bazira na podacima iz prošlosti i njihovoj ekstrapolaciji ili drugim poznatim metodama. Značajnija pojava DG i drugih uticajnih faktora (električna vozila, skladišta energije itd) omogućavaju efikasnije korišćenje distributivnih mreža. Sa druge strane, to zahteva nove pristupe prognoziranju te su se razvile nove metode prognoziranja.

Jedan od pristupa je korišćenje zbirnih empirijskih podataka za definisanje korisničkih grupa, što se dodatno dalje razvija bazirajući se na višefunkcionalnim brojlama (AMR).

Neke metode mogu da uključe nove tehnologije koje istražuju različite scenarije, dok druge metode imaju *bottom-up* pristup, gde se polazi od pojedinačnih potrošača koji se potom skupljaju u celine na poseban način. Ovaj način ima prednost što daje tačnu ocenu konzuma.

Druge metode, *demand/supply profiles* su proizvod stohastičkog generisanja integracije uticaja neizvesnosti kapaciteta mreže. Takođe, neke metode istražuju uticaj DG na metode planiranja.

Postoji takođe veliki broj metoda koje su razvijene i razvijaju se u poslednje vreme što na neki način implicira da svako područje ima svoje specifičnosti koje nameće poseban tretman prilikom prognoziranja porasta konzuma.

ALATI ZA PLANIRANJE

Prema raspoloživoj literaturi, za sad ne postoje opcije sa sveobuhvatnim rešenjima za planiranje distributivne mreže. Navedeni razlog je taj što zahtevi za detaljnim (detaljnijim) modelima za sada nisu ispunjeni. Takođe, postoji zahtev da se interesi svih učesnika dovedu na nivo profita svih učesnika. ODS je suočen sa značajnim izazovima novih (*Smart Grid*) tehnologija, električnim vozilima (*E-Mobility*), promenljivim uslovima tržišta i integracije DG u mrežu. Problem se vidi i u tome što ODS ne koriste zadovoljavajuće metode koje daju dovoljan broj scenarija za ovakve prilike. U malom broju slučajeva raspoloživi su alati sa integrisanim procedurama za iznalaženje održivih alternativa razvoja jer su obično opterećeni sa mnogo neizvesnosti.

Pojavom DG i skladišta energije u niskonaponskoj mreži dovodi do ugrožavanja naponskih ograničenja u mreži i u radovima se takođe razmatra centralizovano kontrola napona (*centralized voltage control CVC*) nasuprot decentralizovanoj kontroli napona (*decentralized voltage control DVC & Decentralized voltage control strategy*) i razmatra uticaj novih kapaciteta u mreži (*increase grid hosting capacity HC*).

U iznalaženju rešenja postoji tendencija razvoja naprednih alata za planiranje koji će omogućiti operateru sistema da donese najbolju odluku. Pri tom, u obzir treba uzeti više aspekata kao što su: optimizacija višeznačne funkcije (multi-objective optimization), ograničenja s obzirom na pouzdanost, modelovanje u uslovima neizvesnosti kao i planiranje funkcije sa više stanja (*multi-stage planning*).

Takođe prisutan je i holistički (sveobuhvatan) pristup problemu.

Sva kompleksnost problema (promenljivo/dinamično ponašanje sistema i povećana neizvesnost događaja) zahtevaju napredno rešenje za alat za planiranje. Za pronalaženje rešenja za ovaj problem često se primenjuju heurističke metode kao što je genetski, hibridni genetski, hibridni heuristički algoritam i neke druge.

Koriste se alati za linearno, nelinearno programiranje mixed integer. Prisutni su i novi pristupi kao što su: *Fractal Grid*, *Web-of-Cells concept*, *Multi-microgrids* i drugi.

Osnovna teza *Fractal Grid* pristupa je da će u budućnosti sistem biti razbijen i sastojati se od mnoštva malih distributivnih mreža. Stoga se sistem tako „fraktalno“ posmatra.

Web-of-Cells koncept smatra da će upravljanje mrežom biti decentralizovano i da će se veći deo problema rešavati lokalno. Posledica pojave generacije na svim naponskim nivoima je da mnogi događaji u niskonaponskoj i sredjenaponskoj mreži neće biti zapaženi u centralnom dispečerskom centru i moraće da se rešavaju lokalno.

Osnovni uslov koji je potrebno ispuniti pri planiranju je maksimizacija dobiti svih i pored prisustva mnogo učesnika. Integracija koncepta pametnih mreža sa više učesnika treba da donese računanje ukupnih troškova i dobiti za sve učesnike.

Ono što je dodatno za nas interesantno je da je korišćenje „pametnih brojila“ (*automatic meter reading AMR*) podloga za mnoge, ne samo planerske zadatke.

ZAKLJUČAK

U svakom delu je različita zastupljenost ne samo broja već i tipova *DG*. Energetska skladišta su takode različito zastupljena po delovima mreže. Tržišta sa direktnim pristupom (*Smart market*) kao i upravljanje potrošnjom (*Demand side management*) je prisutno na različite načine itd.

Raznolikost istraživanja i rešenja, različiti stepeni penetracije novih tehnologija i pristupa rešavanju problema dovode do zakljuka da je nemoguće napraviti jedinstven pristup rešavanja problema.

Ne samo svaki distributivni sistem već svaki deo distributivnog sistema traži poseban pristup rešavanju problema. Zbog toga je neophodno u svakoj situaciji naći odgovarajući pristup.

LITERATURA:

1. Nicolas Retiere, and other: FRACTAL GRID TOWARDS THE FUTURE SMART GRID, 24 th International Conference on Electricity Distribution, Glasgow, 12-15 June 2017
2. George Karnitakis, and other: CHALLENGES, INNOVATIVE ARCHITECTURES AND CONTROL STRATEGIES FOR FUTURE NETWORKS: THE WEB -OF-CELLS, FRACTAL GRIDS AND OTHER CONCEPTS, 24 th International Conference on Electricity Distribution, Glasgow, 12-15 June 2017
3. Željko Popović, and other: RISK BASED PROCEDURE FOR NETWORK AUTOMATION PLANNING IN RADIAL DISTRIBUTION NETWORKS WITH DISTRIBUTED GENERATION, 24 th International Conference on Electricity Distribution, Glasgow, 12-15 June 2017
4. Lars Jendernalik, and other: ENHANCEMENT OF THE GRID EXPANSION USING THE FLEXIBILITY OF NETWORK PARTICIPANTS, 24 th International Conference on Electricity Distribution, Glasgow, 12-15 June 2017
5. Julia Ziegeldorf-Wacher and other: MULTI-TEMPORAL ROBUST EXPANSION PLANNING OF DISTRIBUTION GRIDS CONSIDERING UNCERTAINTIES AND CURTAILMENT OF RES, 24 th International Conference on Electricity Distribution, Glasgow, 12-15 June 2017
6. Nikolaos Koutsoukis and other: ACTIVE DISTRIBUTION NETWORK PLANNING BASED ON A HYBRID GENETIC ALGORITHM-NONLINEAR PROGRAMMING METHOD, 24 th International Conference on Electricity Distribution, Glasgow, 12-15 June 2017
7. Baktash Nasiri, and other: DISTRIBUTION GRID PLANNING CONSIDERING SMART GRID TECHNOLOGIES, 24 th International Conference on Electricity Distribution, Glasgow, 12-15 June 2017
8. Dr. Jürg Bader and other: MODELING AND FLEXIBLE LONG-TERM PLANNING INTEGRATING INOVATIVE TECHNOLOGIES FOR THE DISTRIBUTION GRIDS OF ZURICH, CIRED Workshop - Helsinki 14-15 June 2016
9. Dr. Raffael LA and other: „A BASIS FOR SMART PLANNING: REQUIREMENTS FOR EXPANSION PLANNING OF FUTURE DISTRIBUTION NETWORKS“, 23rd International Conference on Electricity Distribution, Lion, 2015.
10. A. Mutanen, and other: “Improving distribution network analysis with new AMR-based load profiles”, Proc. 22nd International Conference on Electricity Distribution, Stockholm, 10-13 June 2013, paper no. 787.
11. M.O.W. Grond, and other: "Integrating Smart Grid solutions into distribution network planning", Proc. IEEE PES Powertech, Grenoble, 16-20 June.
12. J.G. Slootweg, and other: "Demystifying Smart Grids – Different concepts and the connection with smart metering", Proc. 21st International Conference on Electricity Distribution, Frankfurt, 6- 9 June,2011, paper no. 329.
13. J.A. Jardini, and other: “Daily load profiles for residential, commercial and industrial low voltage consumers”, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 15, no. 1, pp. 375-380. IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, VOL. 15, NO. 1, JANUARY 2000
14. K. Livik, N. Feilberg, J.A. Foosnaes, 1993: “Estimation of annual coincident peak demand and load curves based on statistical analysis and typical load data”, Proc. 12th International Conference on Electricity Distribution, Birmingham, 17-21 May.
15. A. Mutanen, P. Järventausta, M. Kärenlampi, P. Juuti, 2013: “Improving distribution network analysis with new AMR-based load profiles”, Proc. 22nd International Conference on Electricity Distribution, Stockholm, 10-13 June, paper no. 787.