

Dr. sc. Ranko Goić, doc.
Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje – Split

Diskusija na temu: UTJECAJ DISTRIBUIRANIH IZVORA NA PLANIRANJE RAZDJELNE MREŽE

UTJECAJ VJETROGENERATORA NA VARIJACIJE NAPONA I GUBITKE SNAGE U RAZDJELNOJ MREŽI

1. UVOD

Varijacije napona u razdjelnoj mreži uvjetovane su prvenstveno razinom potrošnje, te u manjem dijelu načinom regulacije napona na granici prijenosne mreže (transformatori 110/xkV). Najveće varijacije napona događaju se na dugim izvodima 10kV-tne mreže. Regulacijom prijenosnog omjera na transformatorima 35/10kV i 10/0.4 kV može se u određenoj mjeri popraviti prosječni naponski profil, ali ne i varijacije napona, tj. raspon naponskih prilika za vrijeme minimalnog i maksimalnog opterećenja mreže. Priključak male elektrane na razdjelnu mrežu dovodi do promjena režima rada mreže, a upravo statičke varijacije napona se pokazuju kao osnovni problem u "slabim" mrežama, tj. u slučaju priključka u čvoru s niskom snagom kratkog spoja. Osim toga, gubici snage odnosno energije u takvim slučajevima mogu značajno porasti. Dalje u tekstu dan je primjer proračuna utjecaja priključka male vjetroelektrane na dugi 10 kV-tni izvod, na naponske prilike i gubitke radne snage promatranog izvoda. Za proračun su korišteni realni podaci sredjenaponske mreže pogona Sinj, u varijanti priključka sinhronog vjetrogeneratora s mogućnošću kontinuirane regulacije jalove snage.

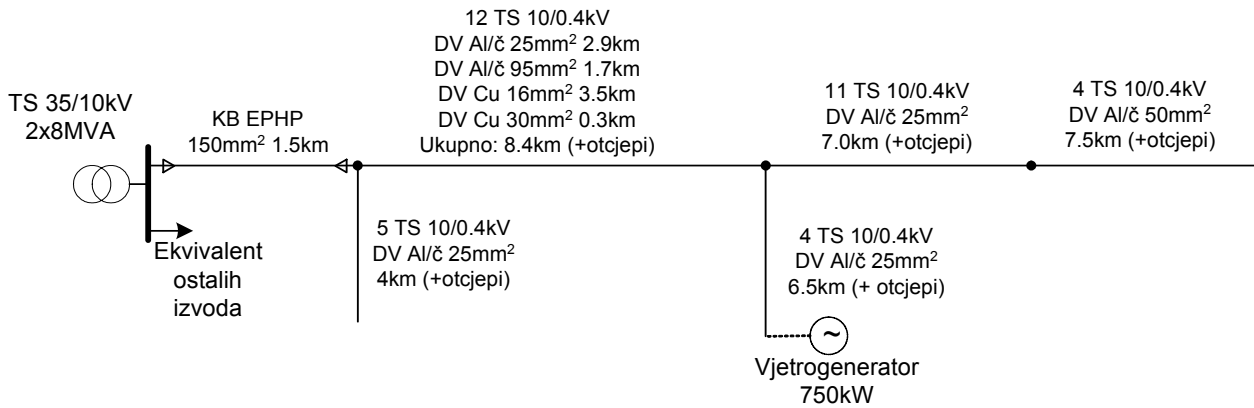
2. ULAZNI PODACI

Podaci mreže (slika 1):

- 10 kV-tni izvod, 1.5km KB EPHP 150mm² + 24km zračnih vodova Al/č 25mm², 50mm², 95mm², Cu16mm² (osnovna trasa, bez odvojaka i otcjepa)
- ukupna duljina zračnih vodova, uključujući odvojke i otcjepe: 51.5km
- na 10 kV-tnom izvodu priključeno je 36 TS 10/0.4kV snage 50-250kVA
- napajanje iz TS 35/10kV 2x8MVA, na koju je priključeno još nekoliko zračnih i kabelskih izvoda
- vršno opterećenje TS 35/10kV iznosi 9MVA, $\cos\varphi=0.95$
- vršno opterećenje promatranog izvoda iznosi 1.9MVA, $\cos\varphi=0.95$
- pretpostavljeno minimalno opterećenje: 30% vršnog
- na pojnoj točki 110/35kV regulacija je automatska, tako da je uz pretpostavku malih varijacija napona u 35 kV-tnoj mreži pretpostavljen fiksni napon iznosa 35kV u TS 35/10kV neovisno o opterećenju mreže
- snaga kratkog spoja (10 kV-tne sabirnice TS 35/10kV): 218MVA
- snaga kratkog spoja (mjesto priključka vjetrogeneratora): 5.7MVA

Podaci vjetrogeneratora i lokacija priključka:

- nazivna snaga: 750kW
- regulacija jalove snage u rasponu: $\cos\varphi=0.9_{cap}..0.9_{ind}$
- priključak na kraju odvojka dužine 6km, Al/č 25mm², na 40% udaljenosti od početka izvoda



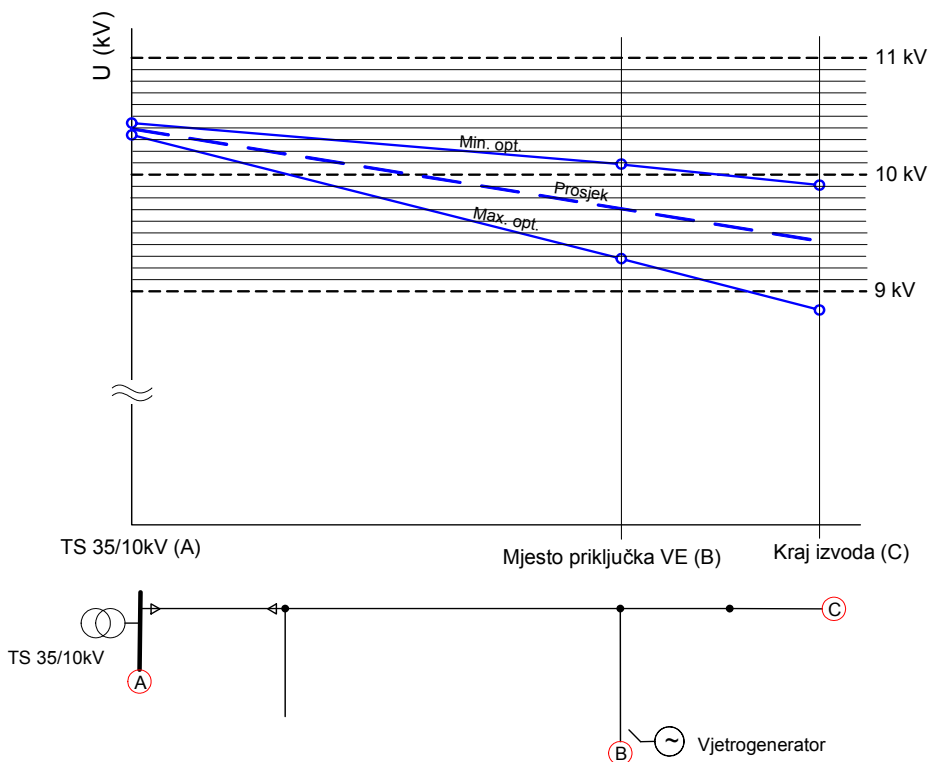
Slika 1: Srednjenaponska mreža (prikazan samo promatrani izvod 10kV, ostali su ekvivalentirani jednim potrošačem na 10kV-tnim sabirnicama TS 35/10kV)

3. PRORAČUN NAPONSKIH PRILIKA

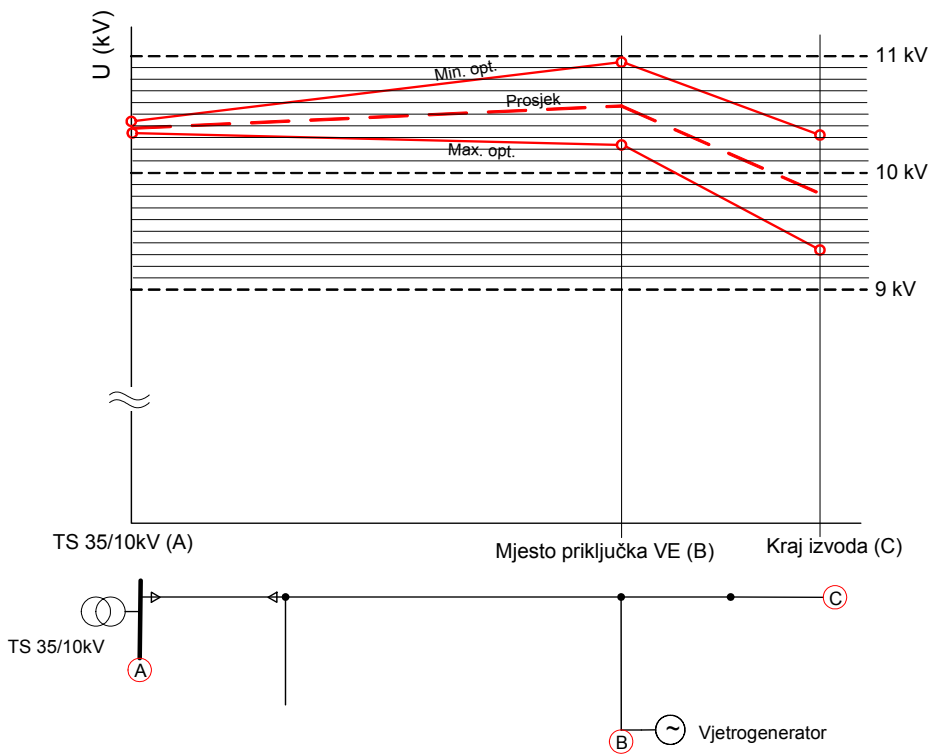
Proračun tokova snaga, naponskih prilika i gubitaka radne snage u mreži napravljen je pomoću programskog paketa PowerCAD 4.1.

Na slici 2 prikazan je izračunati naponski profil promatranog izvoda pri minimalnom i vršnom opterećenju mreže, bez priključenog vjetrogeneratora. Priključkom vjetrogeneratora i njegovim radom pri maksimalnoj snazi, naponski profil duž izvoda se mijenja na način kako je prikazano na slici 3. Na slici 4 prikazana su oba stanja, što odgovara realnoj situaciji nakon priključka: za vrijeme dok je vjetrogenerator isključen, varijacije napona su kao u prvom slučaju, dok su za vrijeme maksimalne proizvodnje vjetrogeneratora varijacije napona kao u drugom slučaju. Ukupne varijacije napona na izvodu se kreću u ukupno prikazanom rasponu, od minimalnih za vrijeme vršnih opterećenja dok vjetrogenerator ne radi, do maksimalnih za vrijeme minimalnog opterećenja mreže i rada vjetrogeneratora s nazivnom snagom.

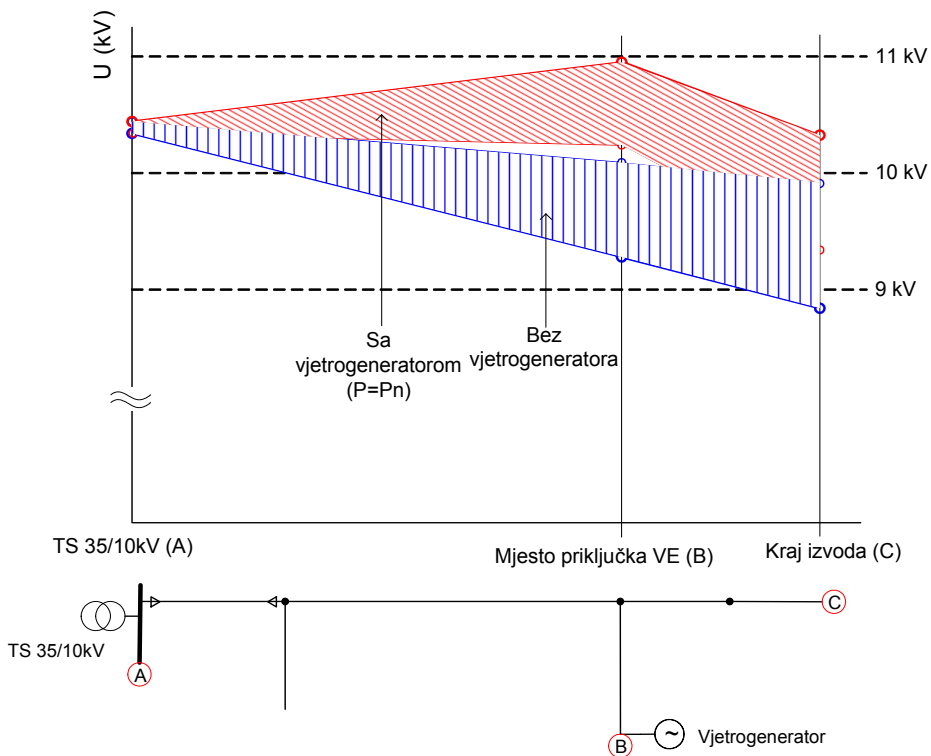
Varijacije napona u točkama A (početak izvoda), B (mjesto priključka vjetrogeneratora) i C (kraj izvoda) dane su u tablici 1.



Slika 2: Naponski profil na izvodu (postojeće stanje)



Slika 3: Naponski profil na izvodu pri nazivnoj snazi priključenog vjetrogeneratora



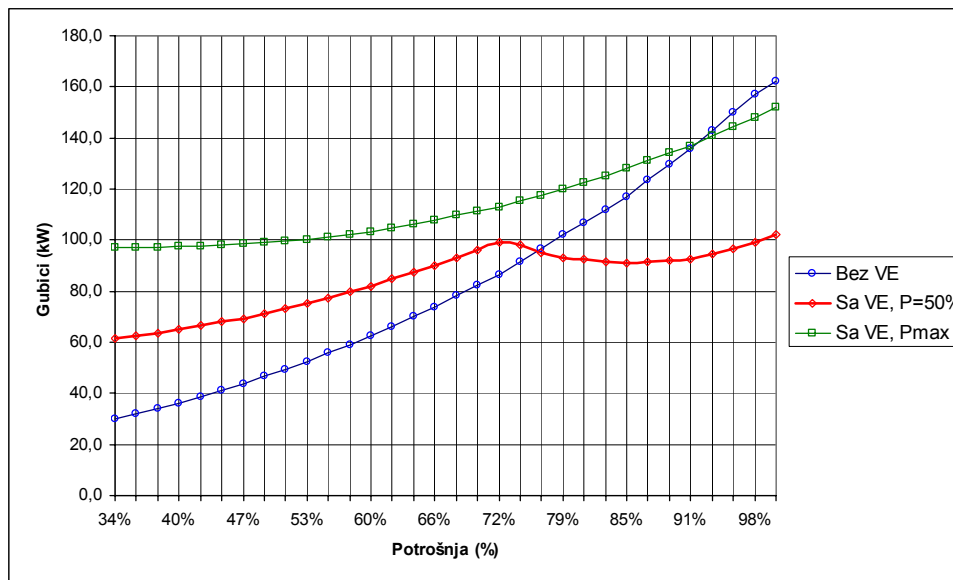
Slika 4: Ukupan naponski profil nakon priključka vjetrogeneratora

Tablica 1: Varijacije napona u točkama A, B i C

	$\Delta U_{(A)}$	$\Delta U_{(B)}$	$\Delta U_{(C)}$
Postojeće stanje	0.1kV / 1%	0.8kV / 8%	1.05kV / 10.5%
Sa vjetrogeneratorom, P=Pn	0.1kV / 1%	0.7kV / 7%	0.95kV / 9.5%
Ukupne varijacije napona nakon priključenja vjetrogeneratora	0.1kV / 1%	1.65kV / 16.5%	1.45kV / 14.5%

4. PRORAČUN GUBITAKA RADNE SNAGE NA IZVODU

Gubici radne snage na izvodu, kao i naponske prilike, ovise o opterećenju mreže (potrošnji), te snazi pri kojoj radi vjetrogenerator. Na slici 5 dan je grafički prikaz gubitaka radne snage na izvodu u ovisnosti o opterećenju na izvodu za tri karakteristična slučaja: bez vjetrogeneratora, sa vjetrogeneratorom pri nazivnoj snazi, te pri snazi 50% nazivne. Proračun gubitaka energije u određenom razdoblju (npr. godišnje) je kompliciraniji s obzirom da bi trebalo uvažiti kronološku podudarnost potrošnje na izvodu i proizvodnje vjetrogeneratora. Okvirnom procjenom za konkretan slučaj, može se doći do iznosa povećanja gubitaka energije na izvodu od cca. 3-5% godišnje proizvodnje vjetrogeneratora.



Slika 5: Gubici radne snage na izvodu u ovisnosti o potrošnji priključenih TS 10/0.4kV