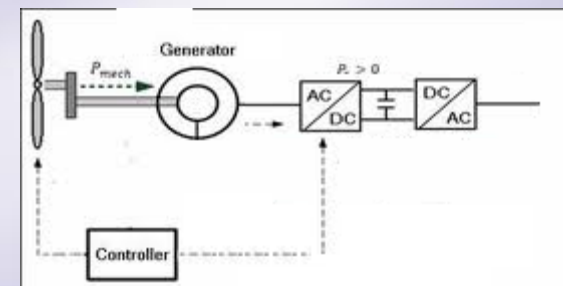
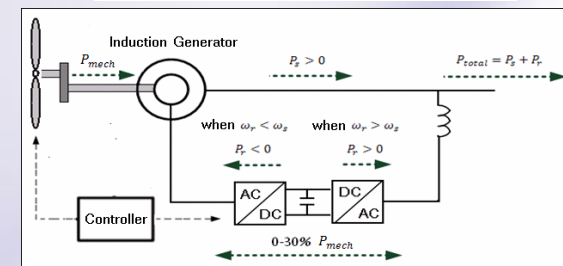
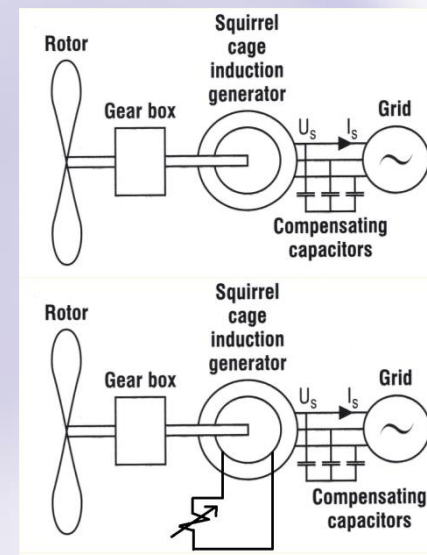


TEHNIČKI USLOVI PRIKLJUČENJA VE SA OSVRTOM NA MOGUĆNOSTI NJIHOVOG UČEŠĆA NA TRŽIŠTU SISTEMSKIH USLUGA

TEHNIČKI USLOVI PRIKLJUČENJA

- U poslednje dve decenije – izmene Pravila o radu prenosne mreže u pogledu priključenja proizvodnih objekata su uglavnom posledica VE
- Tehnički uslovi priključenja menjali su se u skladu sa postignutim stepenom razvoja tehnologije izrade VE
- ENTSO-E RfG – prvi zajednički regulatorni okvir za priključenje svih generatora



ENTSO-E NETWORK CODE

SVRHA I PRIMENA

- Zajednički regulatorni okvir za povezivanje proizvodnih objekata sa sinhronim generatorima, energetske parkovima i objektima van kopna (offshore) sa prenosnom/distributivnom mrežom
- Tehnički uslovi i njihova primena odabrani u odnosu na naponski nivo tačke priključenja i instalisane snage proizvodnog objekta
- Opšti zahtevi za sve proizvodne objekte koji se proširuju u zavisnosti od instalisane snage i naponskog nivoa priključenja

Sinhrona oblast	TIP A Instalisana snaga / naponski nivo	TIP B Instalisana snaga / naponski nivo	TIP C Instalisana snaga/ naponski nivo	TIP D Instalisana snaga/ naponski nivo
Kontinentalna Evropa	0.8 kW / ispod 110 kV	1 MW / ispod 110 kV	50 MW / ispod 110 kV	75 MW / 110 kV i više

ENTSO-E NETWORK CODE

Merni instrumenti

- Proizvodni objekat mora biti opremljen uređajem za snimanje poremećaja (fault recorder) i nadzor dinamičkih parametara sledećih veličina
 - Napon, Aktivna snaga, Reaktivna snaga i Frekvencija
- Podešenje uređaja za snimanje poremećaja (trigerovanje i vreme smplovanja) i nadzor dinamičkih parametara se dogovara između nadležnog operatora mreže i vlasnika proizvodnog objekta
- Operator mreže mora imati pristup podacima

Simulacioni modeli

- Operator mreže u koordinaciji sa TSO-om može zahtevati simulacione modele koji tačno opisuju rad proizvodnog objekta pri statičkim i dinamičkim simulacijama, kao i EMT u slučaju potrebe.
- Zahtev se odnosi na format simulacionog modela (PSS/E, DigSilent itd.) i dostavljanje dokumentacije o strukturi modela i blok dijagramima
- Model se verifikuje u toku testiranja usaglašenosti sa zahtevima Mrežnih pravila (verifikacijska testiranja) i koristi u planerskim i operativnim studijama

ENTSO-E NETWORK CODE

FREKVENTNA STABILNOST (opšti zahtevi)

Sinhrona oblast	Opseg frekvencija	Vremenski period
Kontinentalna Evropa	47.5 – 48.5 Hz	Definiše OPS, ali ne manje od 30 minuta
	48.5 – 49.0 Hz	Definiše OPS, ali ne manje od prethodno definisanog perioda
	49.0 – 51.0	Neograničeno
	51.0 – 51.5 Hz	30 minuta

ENTSO-E NETWORK CODE

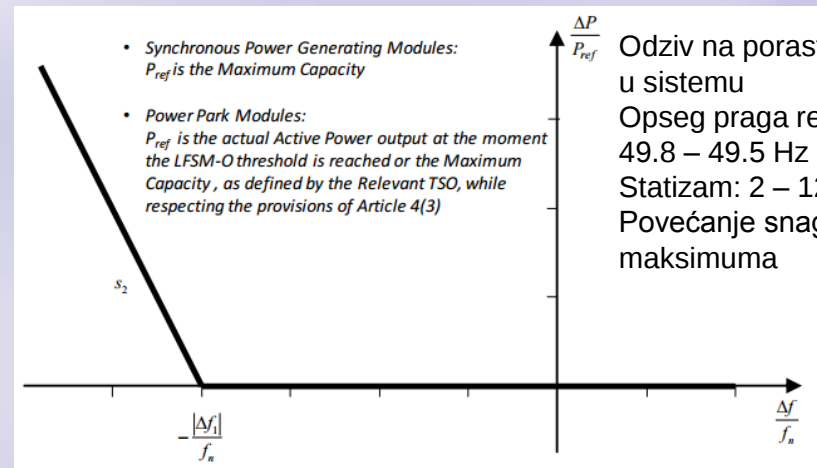
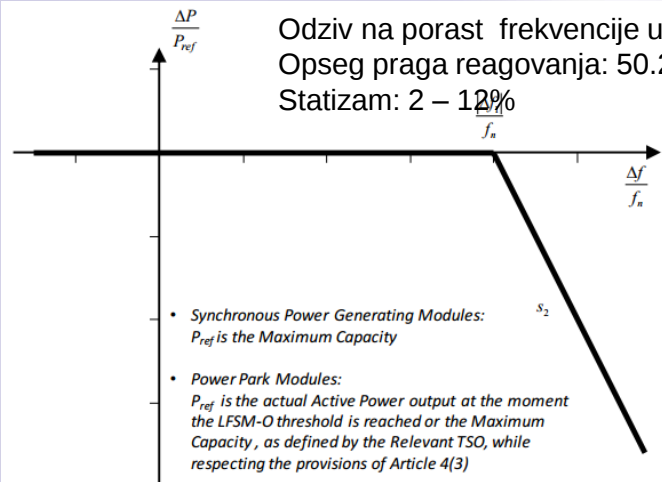
Naponska stabilnost

Sinhrona oblast	Opseg napona (110 – 300 kV)	Vremenski period
Kontinentalna Evropa	0.85 – 0.9 pu	60 minuta
	0.9 – 1.118 Hz	Neograničeno
	1.118 – 1.15	Ne kraće od 20 minuta

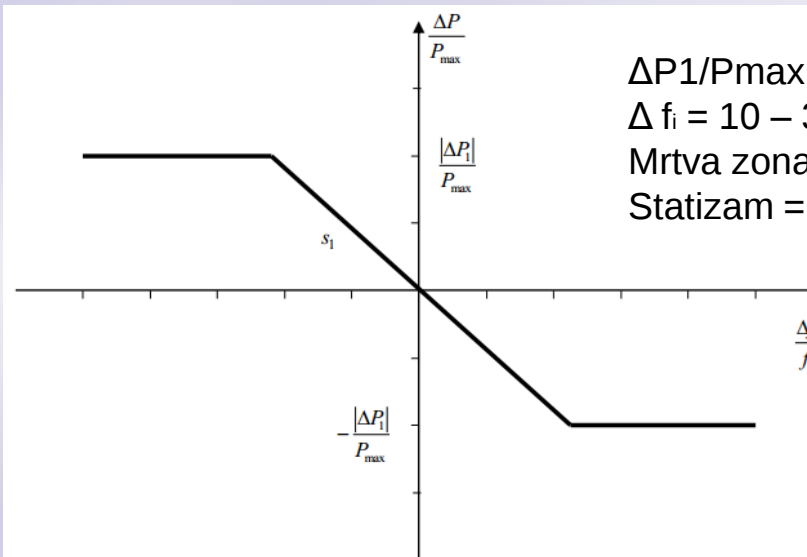
Sinhrona oblast	Opseg napona (300 – 400 kV)	Vremenski period
Kontinentalna Evropa	0.85 – 0.9 pu	60 minuta
	0.9 – 1.05 Hz	Neograničeno
	1.05 – 1.0875	Ne kraće od 60 minuta
	1.0875 – 1.1	60 minuta

ENTSO-E NETWORK CODE

REGULACIJA FREKVENCIJE



Odziv na porast frekvencije u sistemu
Opseg praga reagovanja: 49.8 – 49.5 Hz
Statizam: 2 – 12%
Povećanje snage do maksimuma



$\Delta P_1/P_{max} = 1.5 - 10\%$
 $\Delta f_1 = 10 - 30 \text{ mHz}$
Mrtva zona = 0 – 500 mHz
Statizam = 2 – 12 %

ENTSO-E NETWORK CODE

FSM

- Nadzor rada u regulaciji frekvencije (FSM) – razmena sledećih informacija
 - Status signal za rad u FSM (on/off)
 - Planirana aktivna snaga
 - Trenutna aktivna snaga
 - Trenutna podešenja rada u FSM
 - Statizam i mrtva zona

Naponska stabilnost

Robustnost – stabilnost u bilo kojoj radnoj tački P-Q dijagrama, zadržati stabilnost pri jednopolnom ili troopolnom APU u mreži

Sposobnost Black Start-a nije obavezna

RAMPIRANJE

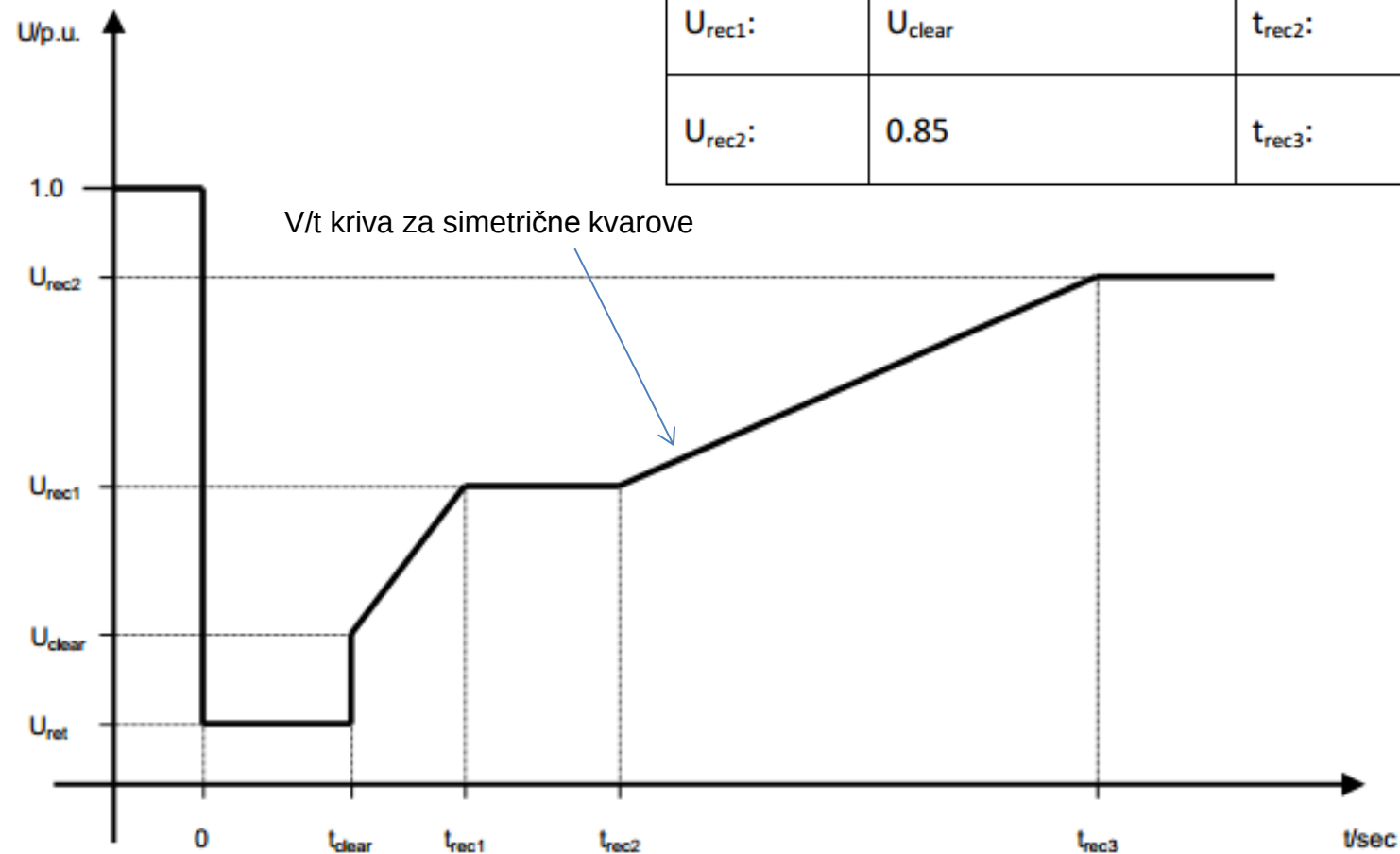
- Operator mreže u koordinaciji sa OPS-om treba da definiše minimalni i maksimalni limit promene aktivne snage u vremenu (rampiranje) u oba smera povećanje i smanjenje, uzimajući u obzir primarni izvor energije

UZEMPLJENJE NEUTRALNE TAČKE

- U skladu sa specifikacijom relevantnog OM

ENTSO-E NETWORK CODE

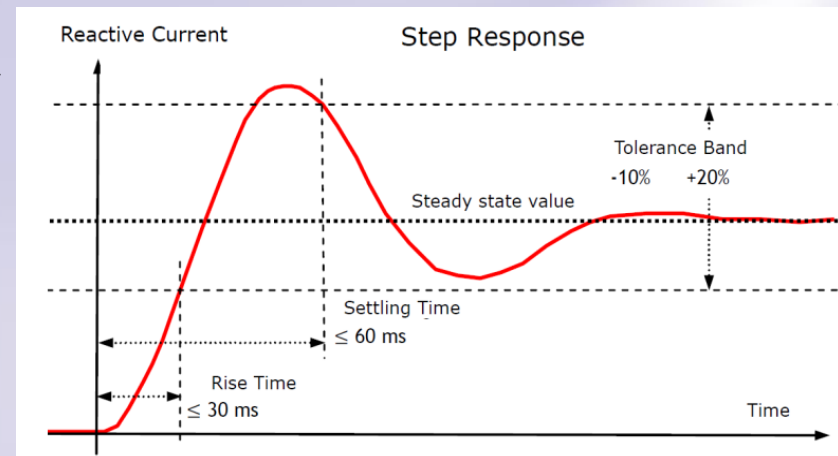
Voltage parameters [pu]		Time parameters [seconds]	
U_{ret} :	0	t_{clear} :	0.14 – 0.25
U_{clear} :	U_{ret}	t_{rec1} :	t_{clear}
U_{rec1} :	U_{clear}	t_{rec2} :	t_{rec1}
U_{rec2} :	0.85	t_{rec3} :	1.5 – 3.0



ENTSO-E NETWORK CODE

DODATNI ZAHTEVI ZA ENERGETSKE PARKOVE

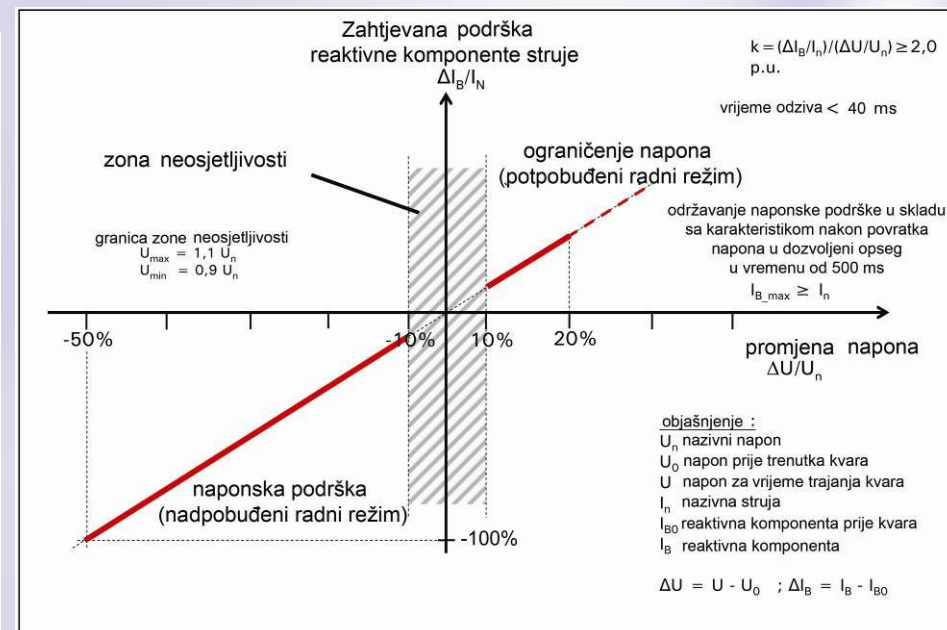
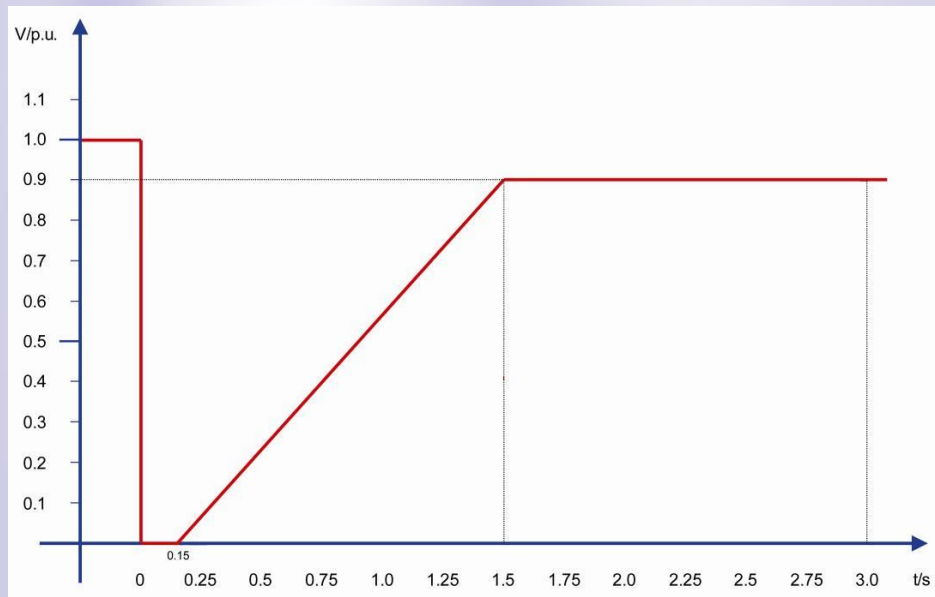
- OM može da zahteva sposobnost generatora za podrškom u reaktivnoj snazi za vreme trajanja kvara na sledeće načine:
 - Injektiranjem dodatne reaktivne snage u mrežu u tački priključenja
 - Injektiranjem dodatne reaktivne snage od strane pojedinačnih generatora na čijim terminalima je došlo do odstupanja napona. Veličina zahtevane podrške određuje se na osnovu odstupanja terminalnog napona generatora
- Zahtevana podrška se mora realizovati u roku od 60 ms od trenutka nastanka poremećaja (odstupanja napona)
- Ukupna injektirana reaktivna struja ne sme preći 100% kratkotrajne dozvoljene struje generatora
- Prioritet aktivne ili reaktivne komponente struje
- Asimetrični kvarovi – posebni uslovi koje definiše TSO
- Oporavak aktivne snage – vreme i nagib oporavka



TEHNIČKI USLOVI U CG

SPOSOBNOST ODRŽANJA STABILNOSTI PRILIKOM KVARA (FRT ili LVRT)

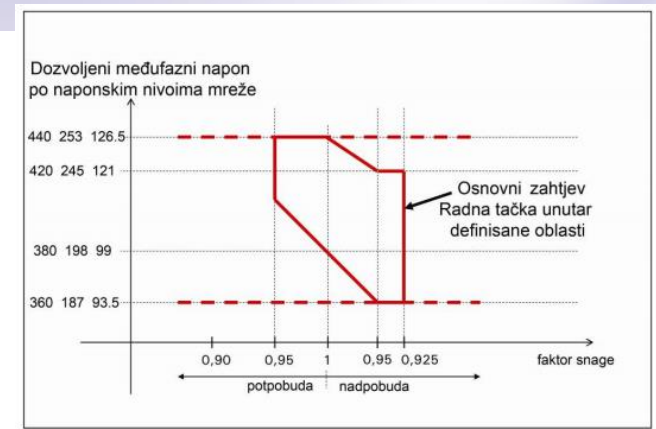
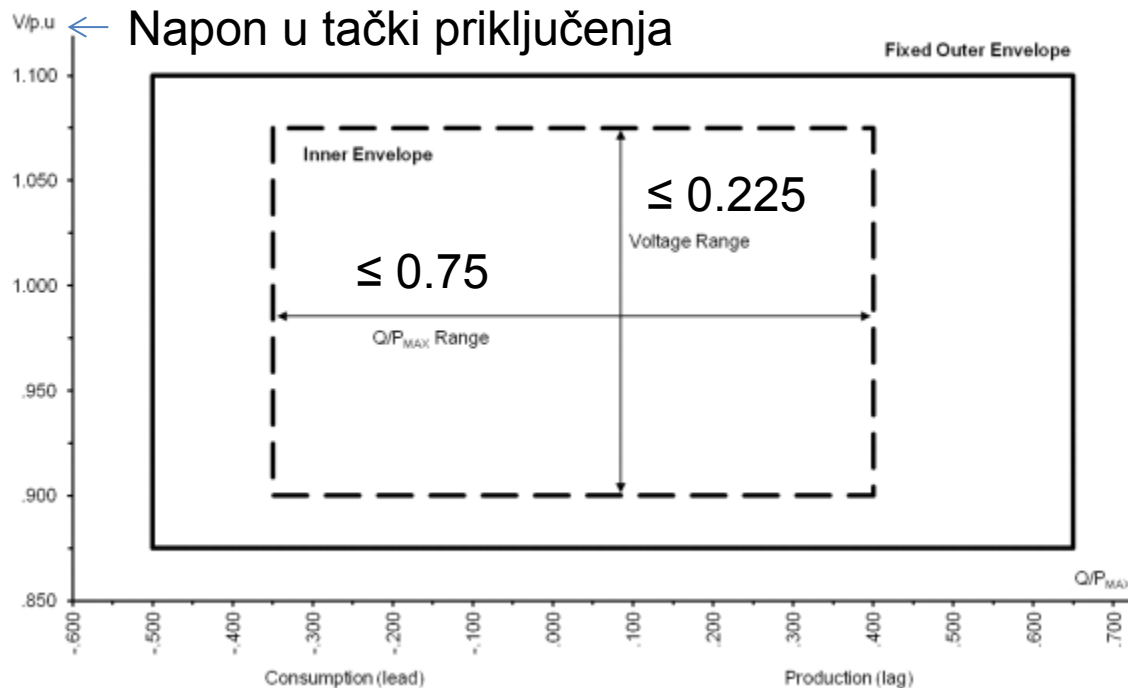
- Trofazni kratak spoj u mreži ne sme da dovede do nestabilnosti rada generatora ili njegovog isključenja sa mreže za sve kvarove koji su mogu opisati propadom napona iznad granične krive (FRT)
- Za vreme trajanja kvara (naponski propad van normalnog radnog opsega), generator mora da obezbedi podršku u reaktivnoj snazi proporcionalno padu napona.



ENTSO-E NETWORK CODE

DODATNI ZAHTEVI ZA ENERGETSKE PARKOVE

- Veštačka inercija (Synthetic Inertia) na zahtev OPS-a
- Kompenzacija u tački priključenja usled gubitaka reaktivne snage na kablovima i dalekovodima
- Regulacija reaktivne snage pri maksimalnoj snazi – U-Q/Pmax profil

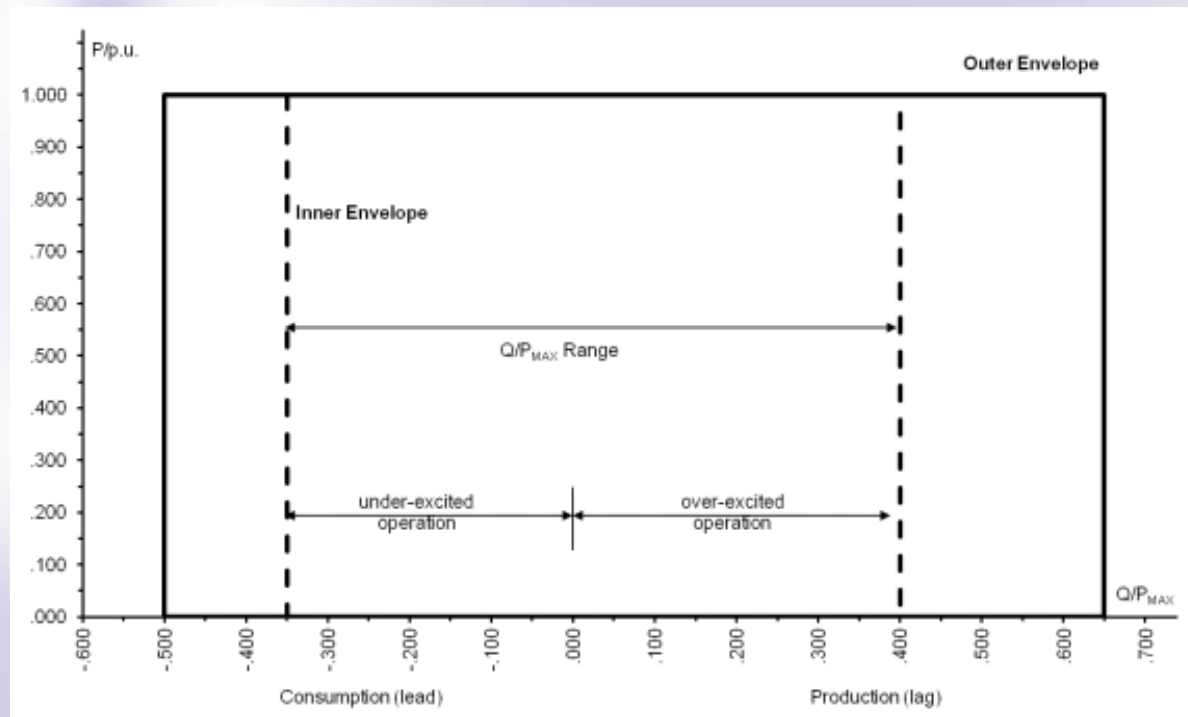


Q/Pmax proizvodnog objekta

ENTSO-E NETWORK CODE

DODATNI ZAHTEVI ZA ENERGETSKE PARKOVE

- Regulacija reaktivne snage pri snazi ispod maksimalne - P-Q/P_{max} profil



DODATNI ZAHTEVI ZA ENERGETSKE PARKOVE

- Režimi regulacije reaktivne snage
 - Režim rada u regulaciji napona
 - Zahtevi za setpoint napona (između 0.95 – 1.05 sa koracima od 0.01)
 - Zahtevi za statizmom (od 2-7% i korakom ne većim od 0.5%)
 - Nakon step promene referentnog napona, energetski park mora biti u stanju da postigne 90% promene u reaktivnoj snazi u vremenu t_1 (opseg od 1 do 5 sekundi) i zauzme vrednost definisanu izabranim statizmom u roku od vremena t_2 (5 – 60 sekundi), sa tolerancijom ne većom od 5% od maksimalne reaktivne snage
 - Režim rada u regulaciji reaktivne snage
 - Setpoint reaktivne snage u okviru opsega rada u koracima ne većim od 5MVar ili 5% od maksimalne reaktivne snage (šta god da je manje)
 - Režim rada u regulaciji faktora snage
 - Postizanje željenog faktora snage u koracima ne većim od 0.01
 - Nadležni OPS definiše režim rada
- Nadležni OPS određuje da li u toku kvara prioritet imaju podrška u aktivnoj ili reaktivnoj snazi
- Učešće u prigušenju oscilacija snage

PROCEDURA ZA PUŠTANJE OBJEKTA U POGON

- **Dozvola za puštanje opreme pod napon** – OM izdaje dozvolu da sopstvena potrošnja i interna mreža proizvodnog objekta dobiju napon iz tačke priključenja
- **Privremena dozvola za priključenje (probni rad)** – OM izdaje dozvolu proizvodnom objektu da pusti u rad generatore i isporuči snagu u mrežu koristeći tačku priključenja u ograničenom vremenskom trajanju. OM izdaje dozvolu na osnovu sledećih podataka:
- **Konačna dozvola za priključenje** – nakon utvrđivanja usaglašenosti po svim zahtevima iz Pravila o radu odnosno otklanjanja uočenih neusaglašenosti. OM izdaje dozvolu na osnovu sledećih podataka:

PRIKLJUČENJE OBNOVLJIVIH IZVORA

PROCEDURA ZA PRIKLJUČENJE (opšte JIE)

- Zahtev za izdavanje Saglasnosti za priključenje
- **Izrada Studije priključenja VE**
- Izdavanje Saglasnosti za priključenje sa tehničkim uslovima priključenja
- Zaključivanje Ugovora o priključenju (definisanje odgovornosti za izgradnju priključka)
- Izrada projektne dokumentacije/saglasnost OPS-a
- Ugovor o prenosu vlasništva nad delovima izgrađene infrastrukture
- Izgradnja parka sa obnovljivim izvorima
- Odobrenje za priključenje (probni rad)
- **Sertifikacija projekta - Izdavanje rešenja o usaglašenosti rada proizvodnog objekta sa zahtevima mrežnih pravila (verifikacijska testiranja)**
- Zaključivanje Ugovora o korišćenju prenosne mreže

STUDIJA ZA PRIKLJUČENJE

PROGRAMSKI ZADATAK

- Formiranje regionalnih simulacionih modela za statičke, dinamičke i analize kratkih spojeva za predmetne godine
- Tehno-ekonomska analiza za sve potencijalne varijante povezivanja na mrežu/definisanje tačke priključenja
- Pregled tehničkih karakteristika vetrogeneratora, vetroturbine, konvertora, upravljačkog sistema itd.
- Statičke analize
 - Proračuni tokova snaga (opterećenost elemenata, naponske prilike) za normalne i poremećene režime (N-1)
 - Uticaj priključenja na gubitke aktivne snage
 - Analiza regulacije napona i reaktivnih snaga (Ispitati da li su radne tačke analiziranog vetrogeneratora u induktivnom i kapacitivnom području rada u okviru propisanih opsega za različite karakteristične režime)
- Proračun struja kratkih spojeva za jednopolne i troopolne kvarove prema IEC60909 nakon priključenja predmetnog izvora

STUDIJA ZA PRIKLJUČENJE

PROGRAMSKI ZADATAK

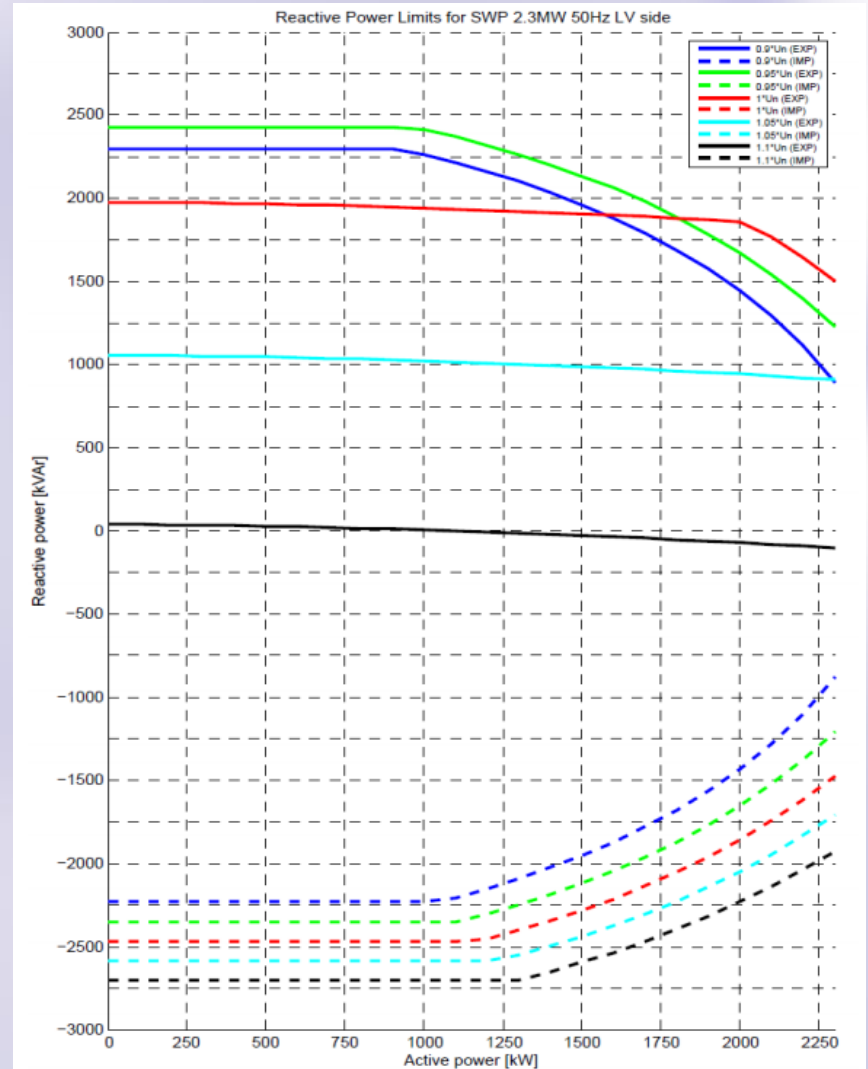
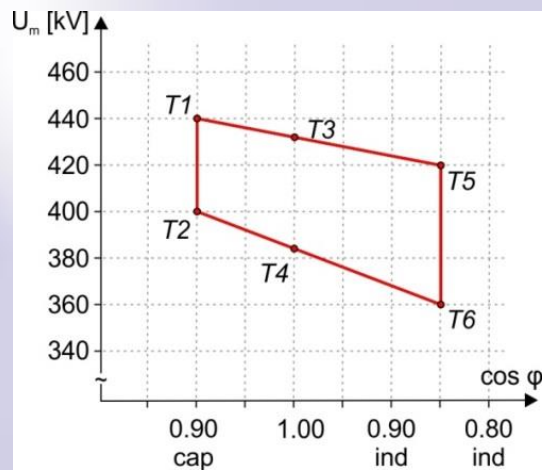
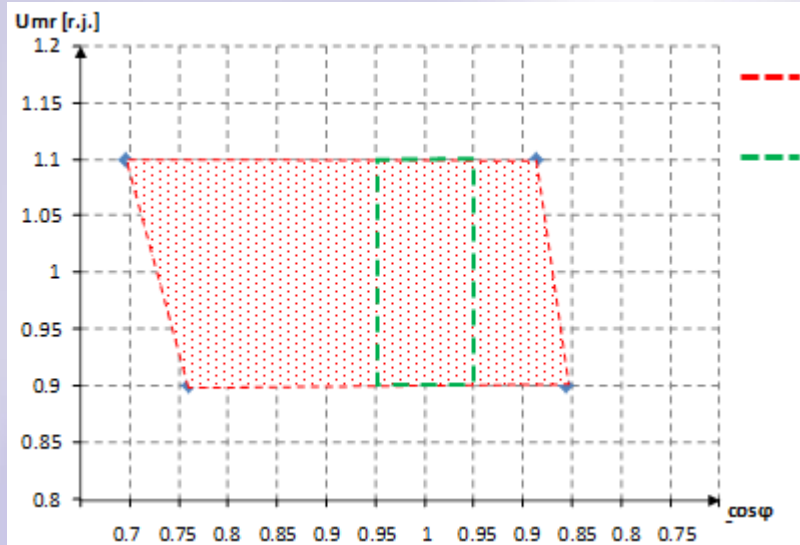
- Analiza kvaliteta električne energije u tački priključenja
 - Proračun uticaja emisije naponskih flikera
 - Proračun varijacija napona pri sklopnim manipulacijama
 - Harmonijska izobličenja
- EMT analiza pojave prenapona u tački priključenja nakon uključivanja/isključivanja pojedinih delova u postrojenju proizvodnog objekta
- Procena uticaja obnovljivog izvora sa aspekta povećanja rezerve za vršenje različitih sistemskih usluga (regulacija frekvencije, balansiranje, rampiranje itd.) u zavisnosti od više faktora: statistički podaci odstupanja brzine vetra od prognozirane, doba dana, godišnjeg doba, hidrologije i voznog reda elektrana, radne tačke i režime rada generatora koji učestvuju u sekundarnoj regulaciji
- Dinamičke analize
 - Opis modela dinamičkih parametara
 - Analiza tranzijentne stabilnosti (FRT simulacije)
 - Analiza naponske stabilnosti (regulacija reaktivne snage i reagovanje regulacione sklopke transformatora)
 - Analiza frekventne stabilnosti
 - Analiza stabilnosti sistema na male poremećaje (oscilacije snage)

STATIČKE ANALIZE

-

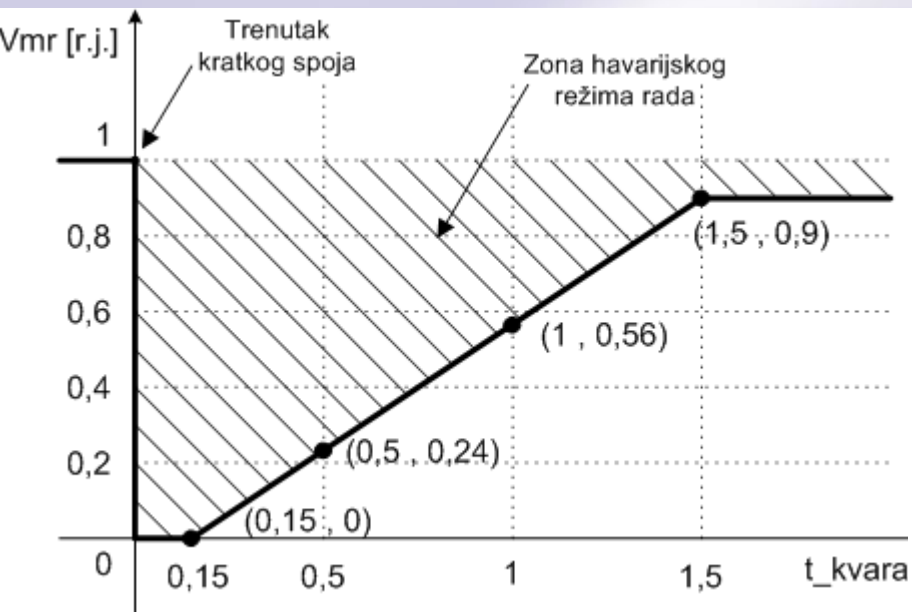
STUDIJA ZA PRIKLJUČENJE

STATIČKE ANALIZE

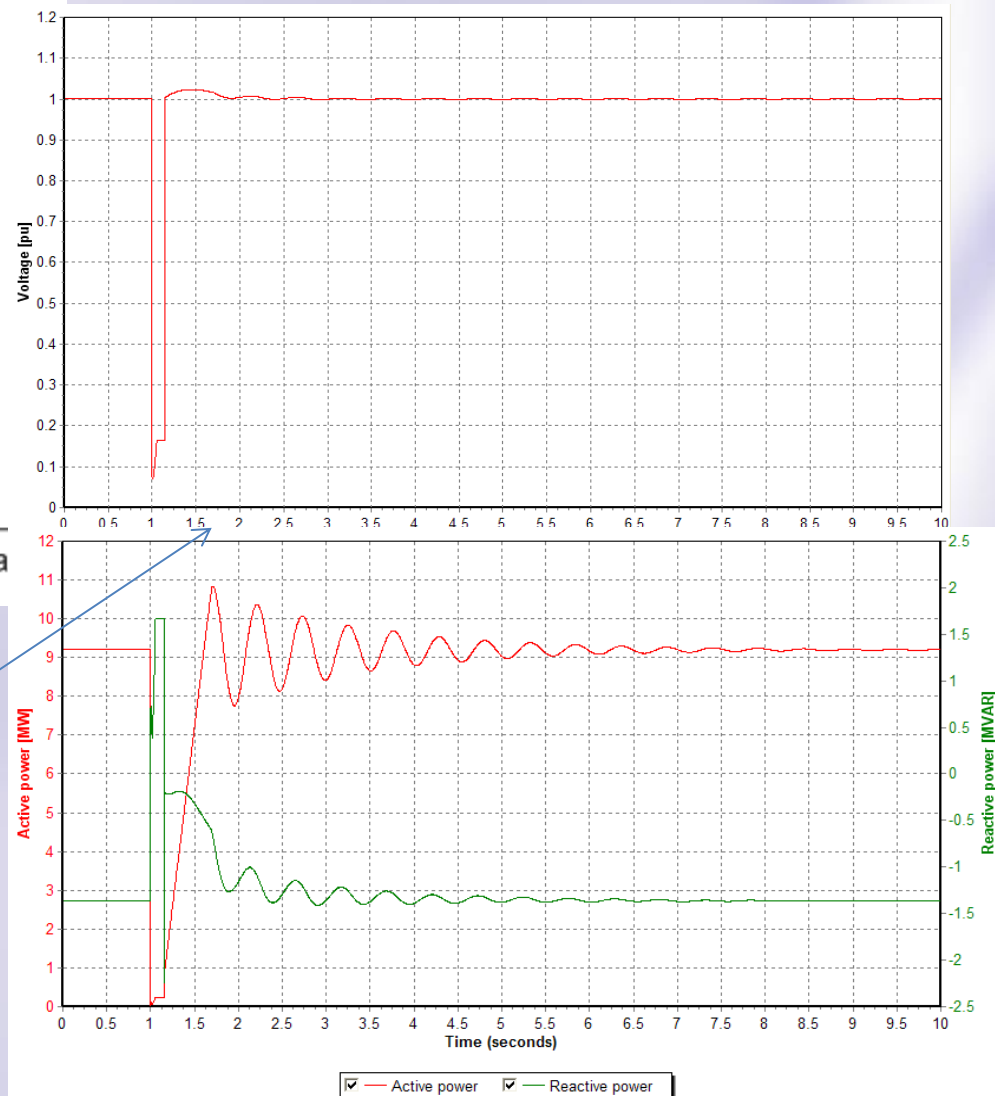


STUDIJA ZA PRIKLJUČENJE

DINAMIČKE ANALIZE

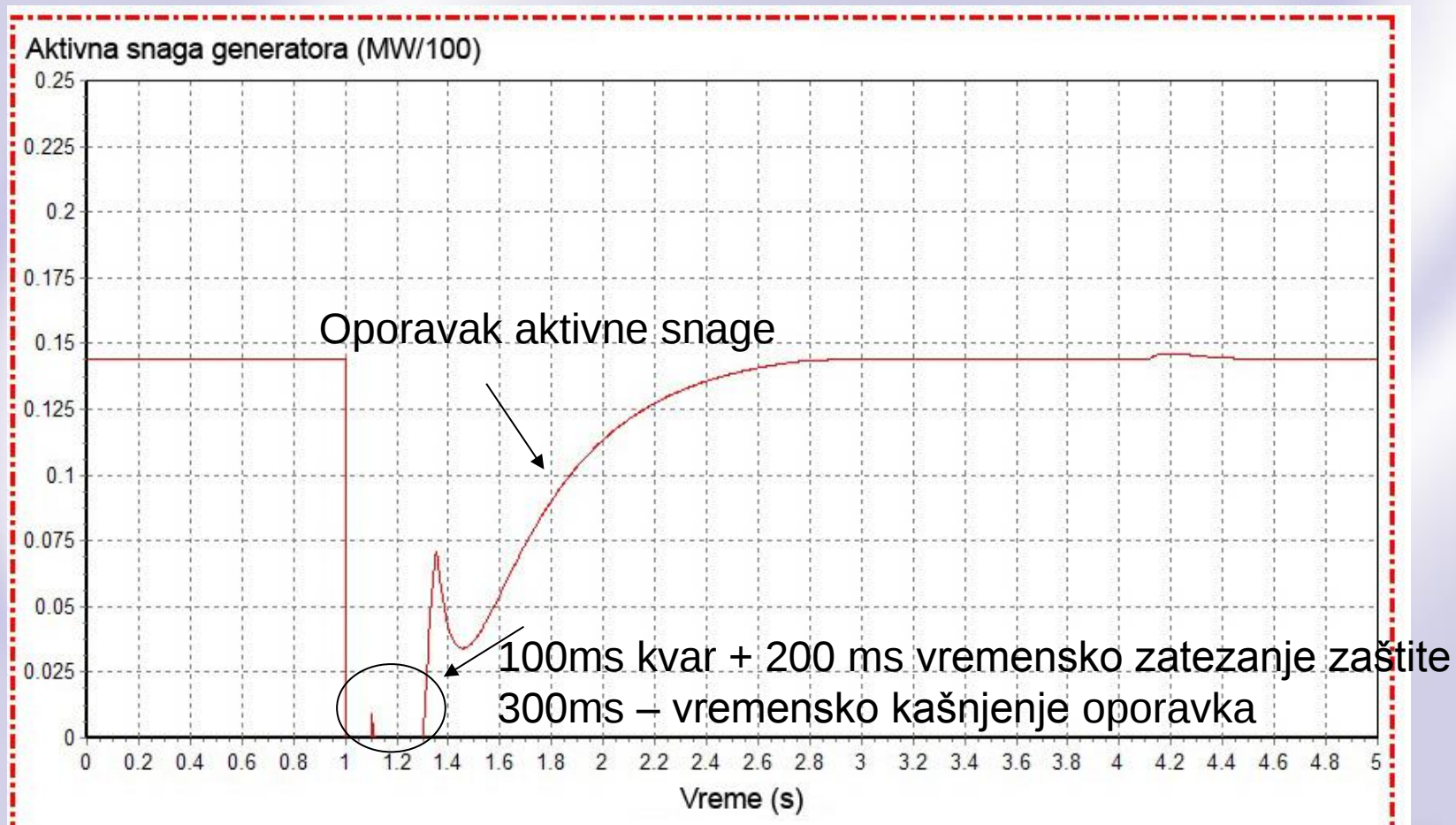


Tropolni kvar u tački priključenja



STUDIJA ZA PRIKLJUČENJE

DINAMIČKE ANALIZE

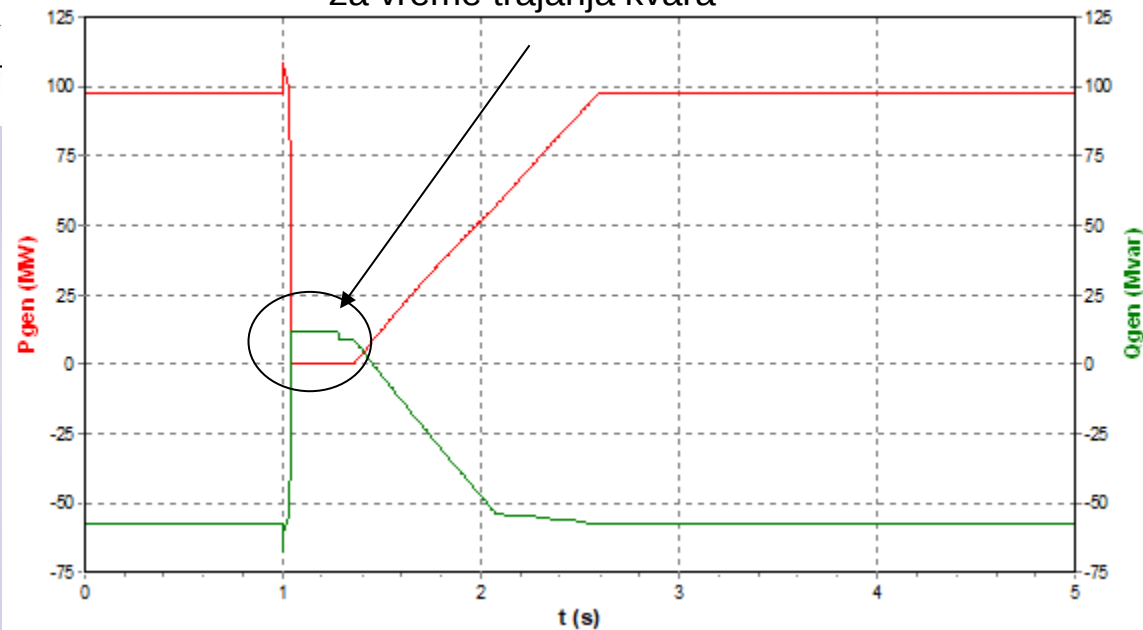


STUDIJA ZA PRIKLJUČENJE

DINAMIČKE ANALIZE



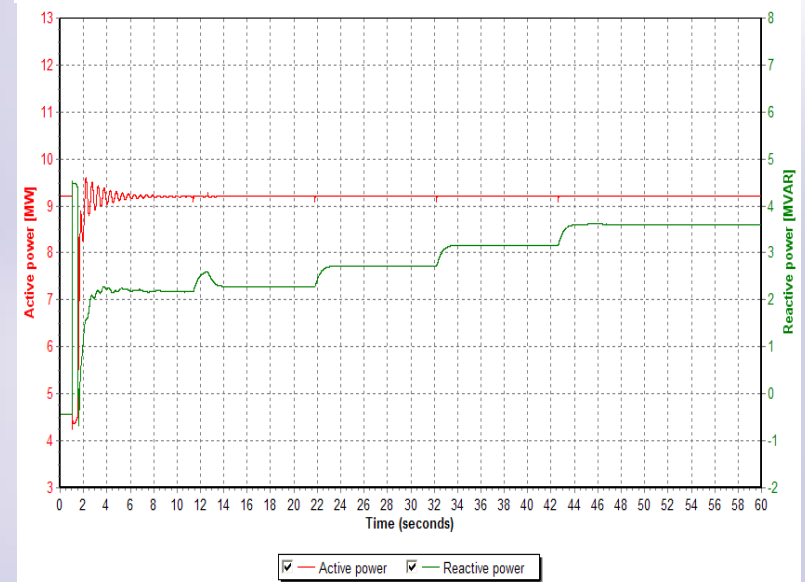
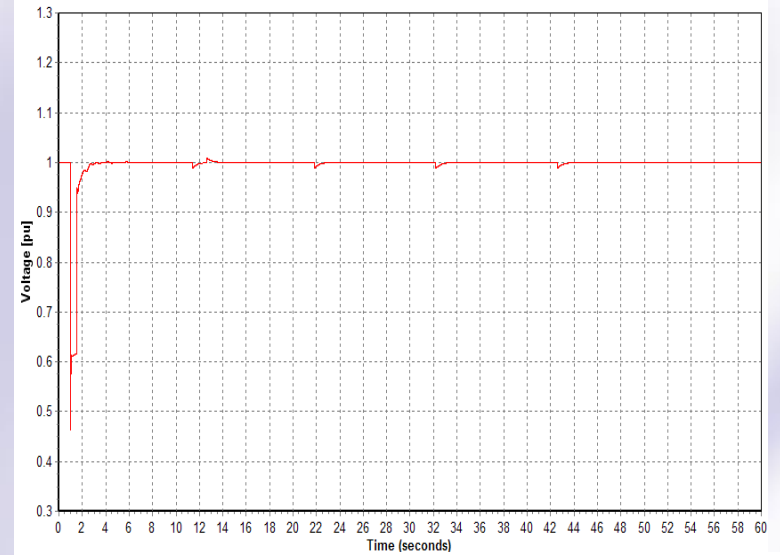
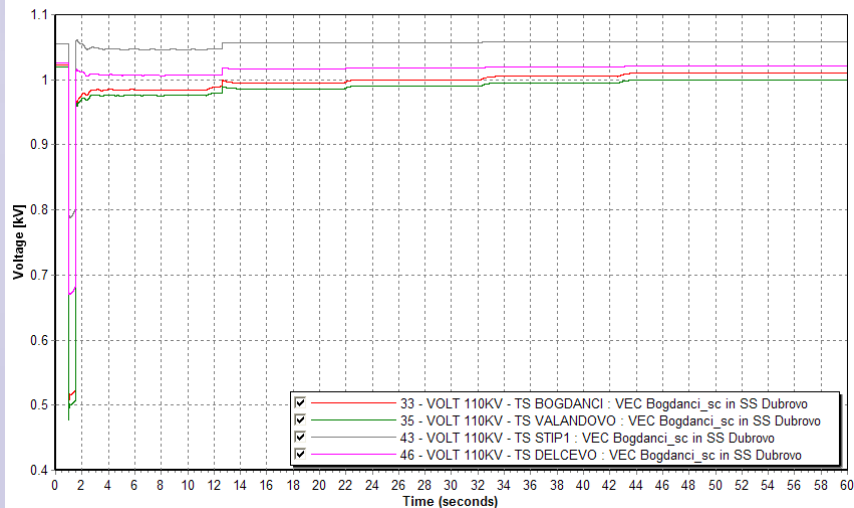
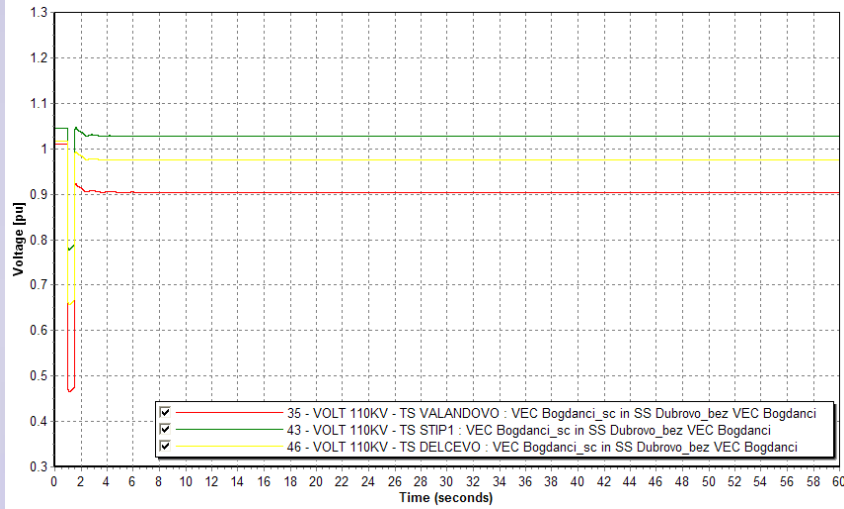
Sa zahtevanom podrškom u reaktivnoj snazi za vreme trajanja kvara



STUDIJA ZA PRIKLJUČENJE

NAPONSKA STABILNOST

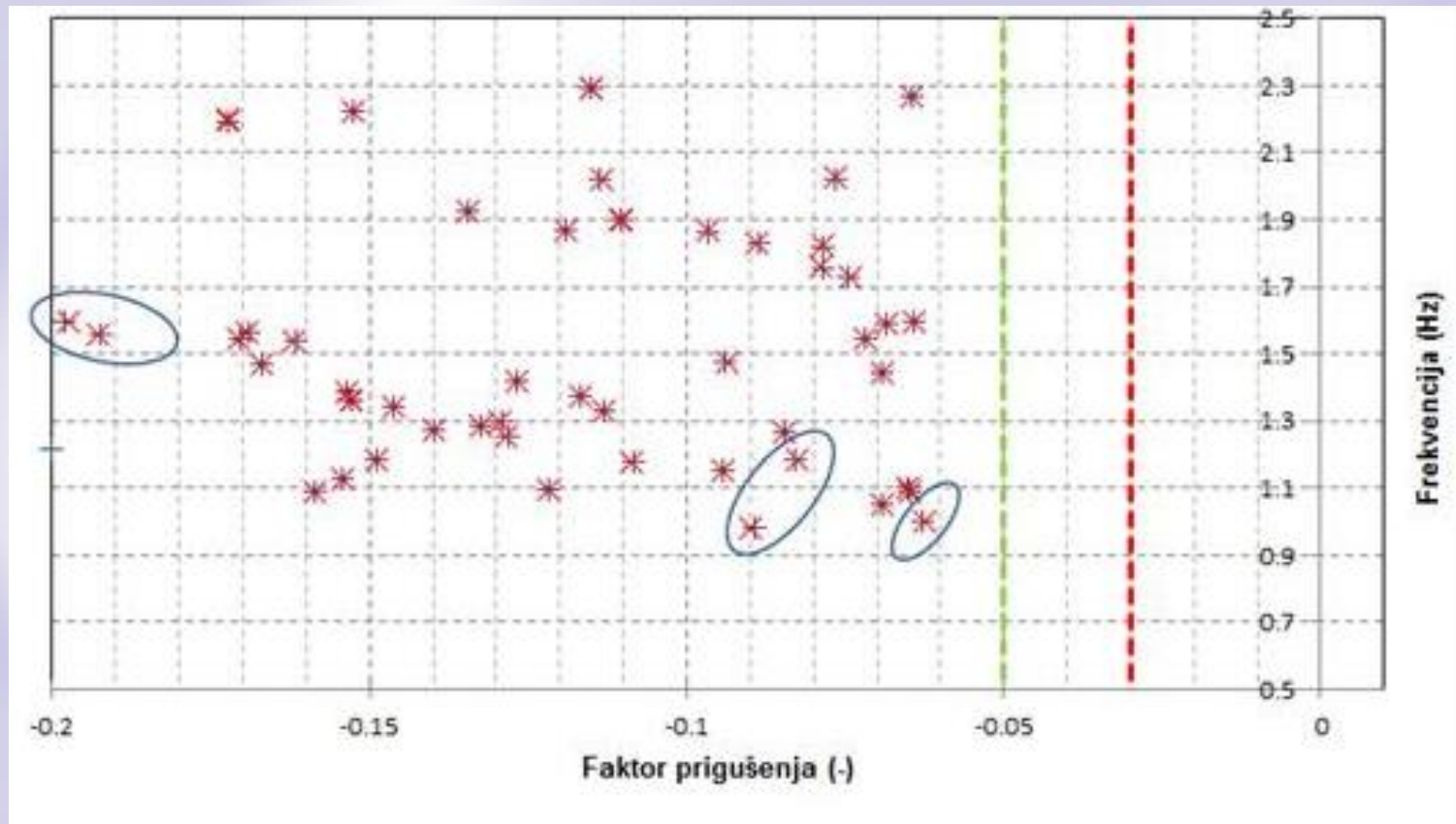
- Simulacija trajnog kvara i većeg poremećaja (ispad 110 kV sabirnica, itd.)
- Regulatorni transformatori pod opterećenjem
- Različiti režimi regulacije reaktivne snage
- Analiza naponskih profila



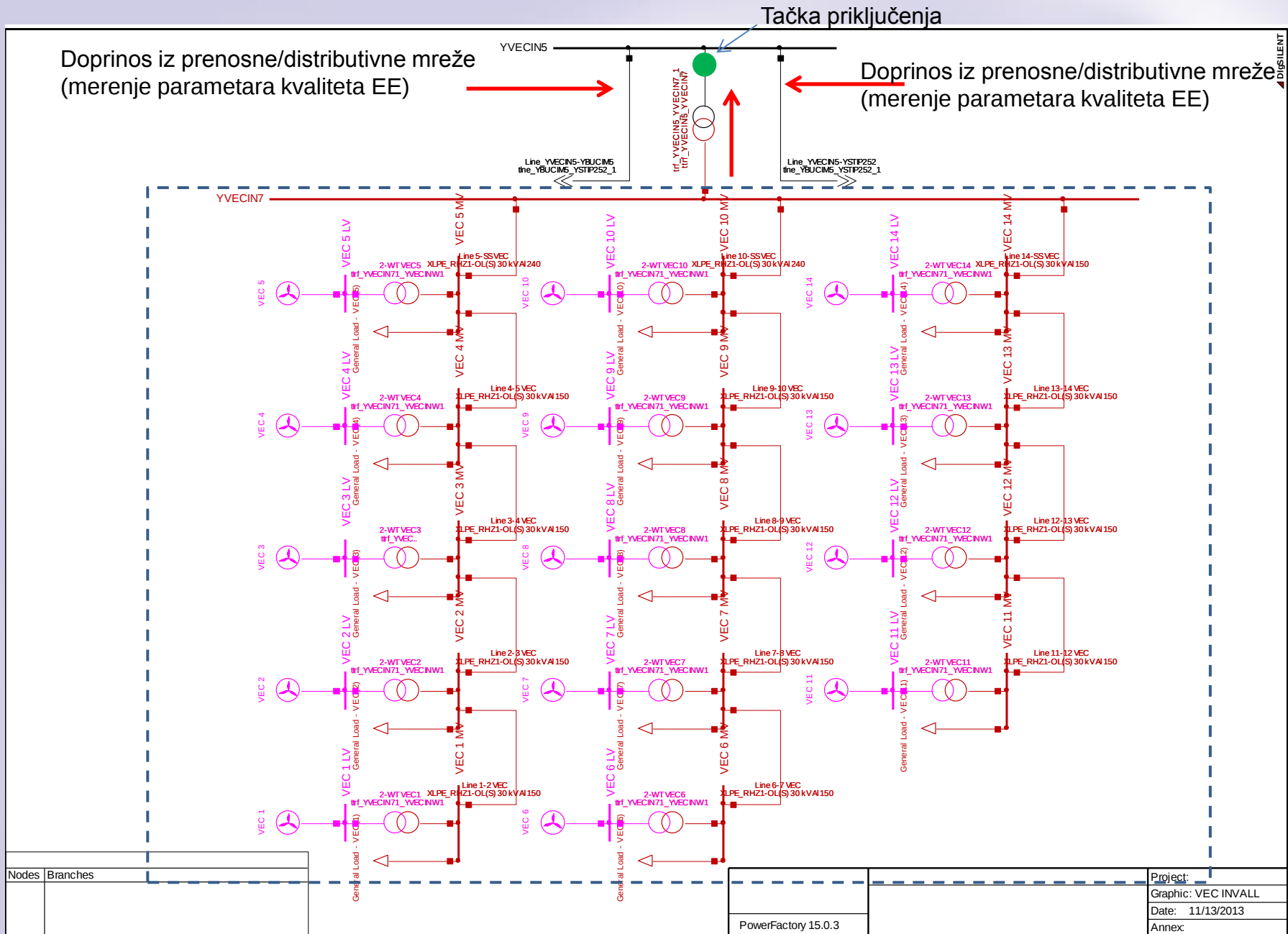
STUDIJA ZA PRIKLJUČENJE

STABILNOST NA MALE POREMEĆAJE

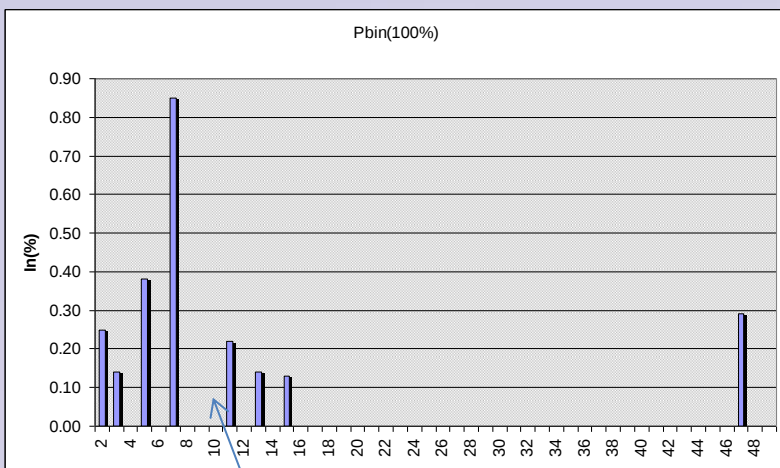
- Novi modovi u EES-u nakon priključenja obnovljivog izvora



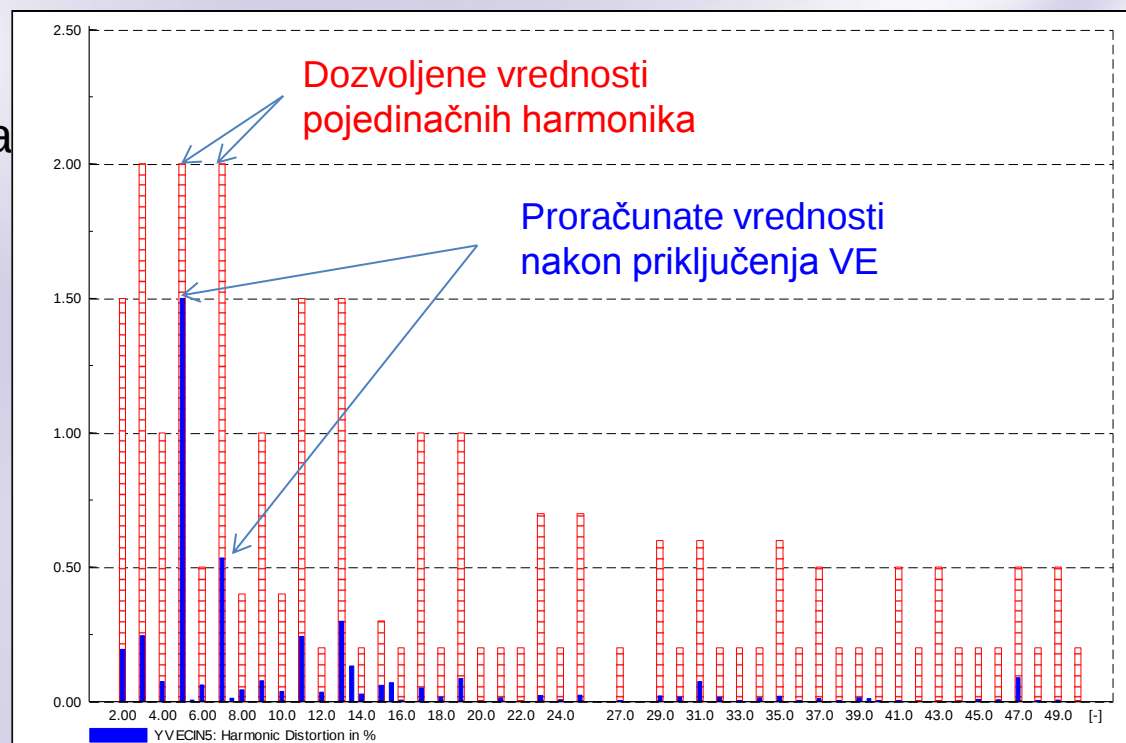
STUDIJA ZA PRIKLJUČENJE/ANALIZA KVALITETA EE



STUDIJA ZA PRIKLJUČENJE/ANALIZA KVALITETA EE



Harmonijski spektar vetrogeneratora



UČEŠĆE VE NA TRŽIŠTU SISTEMSKIH USLUGA

- ENTSO-E inicijativa za učešće obnovljivih izvora i potrošača na tržištu sistemskih usluga
- Posledica sve veće instalisane snage VE i zamene konvencionalnih sa obnovljivim izvorima
- U toku su studije i pilot projekti koji će dati odgovor na pitanje tehničke i ekonomske opravdanosti integracije VE na tržištu sistemskih usluga
- CILJEVI
 - Definisanje regulatornog okvira
 - Tehnička sposobnost postojećih VE
 - Uticaj varijabilnosti i predikcije proizvodnje iz VE
 - Estimacija direktnih troškova učešća VE na tržištu sistemskih usluga
 - Analiza dodatnih troškova zbog načina rada prilagođenog pružanju sistemskih usluga
 - Evaluacija neophodnosti klasterovanja VE (agregatori)

UČEŠĆE VE NA TRŽIŠTU SISTEMSKIH USLUGA

- Pouzdana prognoza mogućih usluga i njihove vrednosti kao i tačno merenje i obračun pruženih usluga
- Dve osnovne metode za proračun bazne snage
 - Kontinuirano upravljanje tako da VE bude na prognoziranoj vrednosti koja se može ostavariti sa pouzdanošću od 99%
 - AAP (Available Active Power) mehanizam u kojem se u realnom vremenu vrši proračun raspoložive bazne snage VE (znatno složeniji metod)

