

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

1. Opći zahtjevi vezani za korištenje mreže

1.1 Uvod

1.2 Pravni okvir korištenja mreže

1.3 Tehničke značajke korištenja mreže od strane distribuiranih izvora.

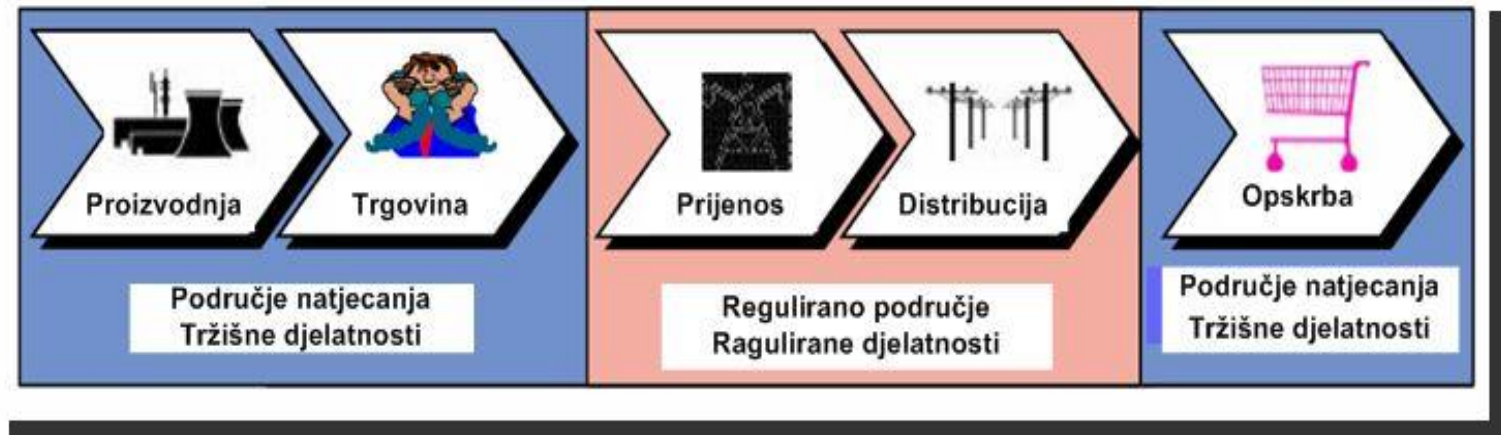
DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Opći zahtjevi vezani za korištenje mreže

1.1. Uvod

- Elektroenergetski sektor RH organiziran je sa subjektima čija se djelatnost odvija pod reguliranim i onima čija se djelatnost odvija pod tržišnim uvjetima,



- Prijenos i distribucija električne energije su regulirane djelatnosti, a Operator prijenosnog sustava i Operator distribucijskog sustava (u daljnjem pisanju: OPS i ODS) nemaju konkurenciju već **prirodni monopol** nad gospodarenjem elektroenergetskom mrežom.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

- Za postojeći monopol kazujemo kako je ***prirodni monopol*** jer postoji jedna mreža kojom gospodari jedan Operator mreže, ali obveze i ponašanje Operatora moraju biti kao da se djelatnost odvija u tržišnim uvjetima,
 - OPS i ODS su jedini subjekti koji korisnicima mreže pružaju **uslugu korištenja mreže**,
 - Uslugom korištenja mreže, korisniku mreže se omogućuje protok električne energije po prijenosnoj i/ili distribucijskoj mreži, te **korištenje usluga sustava**,
 - Postupci stjecanja prava na korištenje distribucijske mreže, unatoč tome što se odvijaju u uvjetima prirodnog monopola ODS-a, moraju biti razvidni i nepristrani, a usluga korisnicima mreže ostvarena s punom odgovornošću.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

1. Opći zahtjevi vezani za korištenje mreže

1.1 Uvod

1.2 Pravni okvir korištenja mreže

1.3 Tehničke značajke korištenja mreže od strane distribuiranih izvora.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

1.2. Pravni okvir korištenja mreže

Postoje tri skupine dokumenata koji imaju različitu razinu pravne snage, neki se primjenjuju na sve, a neki na određene **korisnike mreže**. To su:



Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Tko su korisnici mreže ?

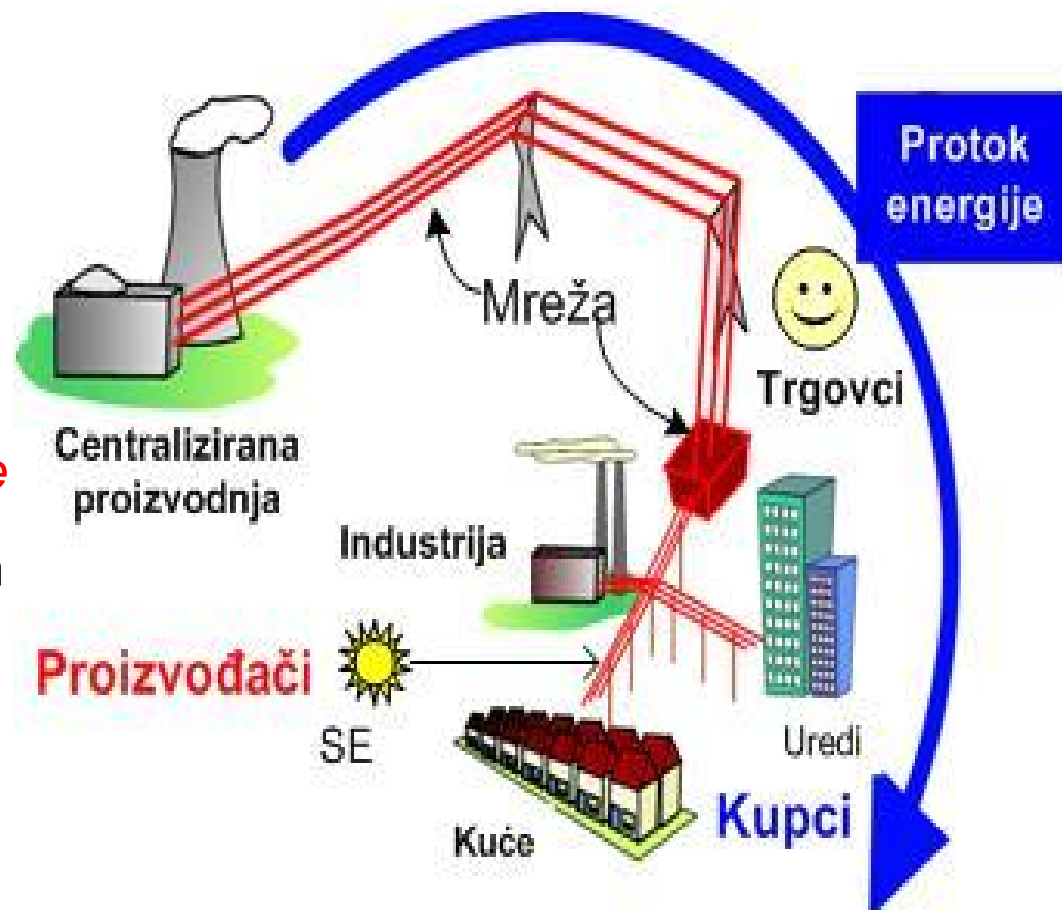


Kupac električne energije



Proizvođač električne energije

☺ Trgovac električnom energijom



DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

- Uvjete korištenja mreže, ODS osmišljava i utvrđuje već kod izdavanja prethodne elektroenergetske suglasnosti (PEES),
- Iskustvo kazuje kako se kroz odrednice PEES i kasnije EES može utrti put za utanačenje ugovora o korištenju mreže proizvođača ili povlaštenog proizvođača,
- U postupku osmišljavanja PEES, ODS će zahtijevati, a Proizvođač treba biti voljan, dostaviti podatke o izvoru i proizvodnom postrojenju koji su od bitne važnosti za korištenje mreže,
- Elaborat optimalnog tehničkog rješenja priključenja elektrane na mrežu (EOTRP), uvažava značajke pogona elektrane
- ODS, sukladno svojoj dužnosti i nadležnosti, treba donijeti niz provedbenih pravila, smjernica i uputa kojima će temeljne uvjete korištenja mreže učiniti čvrsto postavljenim i razvidnim,

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Ugovorni scenarij korištenja mreže Proizvođača

- **Obvezni** i **uvjetni** ugovori Proizvođača.



Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)



Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Pravno utanačenje korištenja mreže

Ugovor o vođenju pogona

- Kod jednostavnijeg nacrtu sučelja proizvodnog postrojenja s mrežom i pogonskih okolnosti rada elektrane, uobičajeno kod elektrana manje snage, vođenje pogona se može urediti u ugovoru o korištenju mreže,
- Kod složenijeg nacrtu sučelja proizvodnog postrojenja s mrežom i pogonskih okolnosti rada elektrane, uobičajeno kod elektrana veće snage, ODS i Proizvođač trebaju sklopiti poseban ugovor o vođenju pogona.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Ugovaranje pomoćnih usluga korisnika mreže (L2)

- Uobičajene pomoćne usluge korisnika mreže, prije svih **proizvođača** su:
 - upravljanje djelatnom i jalovom snagom (jalova - izvan dopuštenog faktora snage) i
 - upravljanje naponom kao dinamička i/ili statička potpora naponu mreže.
- Na temelju potreba i mogućnostima korisnika, Operator distribucijskog sustava ugovara potrebne pomoćne usluge s pojedinim korisnicima mreže,
- Odabir korisnika mreže provodi se prema načelu minimalnih troškova pogona mreže,
- Pomoćne usluge korisnika, Operator distribucijskog sustava koristi za ostvarenje usluga u distribucijskoj mreži,
- Ove se usluge ugovaraju posebnim ugovorom (veći opseg) ili se uključuje u ugovor o korištenju mreže (manje usluge), a korisniku pripada naknada.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

1. Opći zahtjevi vezani za korištenje mreže

1.1 Uvod

1.2 Pravni okvir korištenja mreže

1.3 Tehničke značajke korištenja mreže od strane distribuiranih izvora.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

1.3 Tehničke značajke korištenja mreže od strane distribuiranih izvora

- Osmišljeno raspršeni po distribucijskoj mreži i s osmišljenim uvjetima korištenja mreže, distribuirani izvori ostvaruju, pored ekoloških i tehnoloških prednosti distribuirane proizvodnje i obnovljivih izvora kroz:
 - povećanje sigurnosti opskrbe,
 - smanjenje prekapacitiranosti sustava,
 - smanjenje gubitaka u prijenosnim i distribucijskim mrežama,
 - povećanje raspoloživosti i kakvoće opskrbe,
- Kako distribucijska mreža nije inicijalno građena za prihvatanje elektrana, to je i njeno korištenje glede ukupne snage distribuiranih izvora, a zbog nepredvidljivosti proizvodnje i većih troškova uravnoteženja sustava, **ograničeno**, potrebni su pomno utvrđeni kriteriji,
- Smatra se kako je razina pokrivenosti vršne snage potrošnje u mreži s distribuiranim izvorima od 10-15% prihvatljiva, bez potrebe značajnijih strukturnih promjena mreže.

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

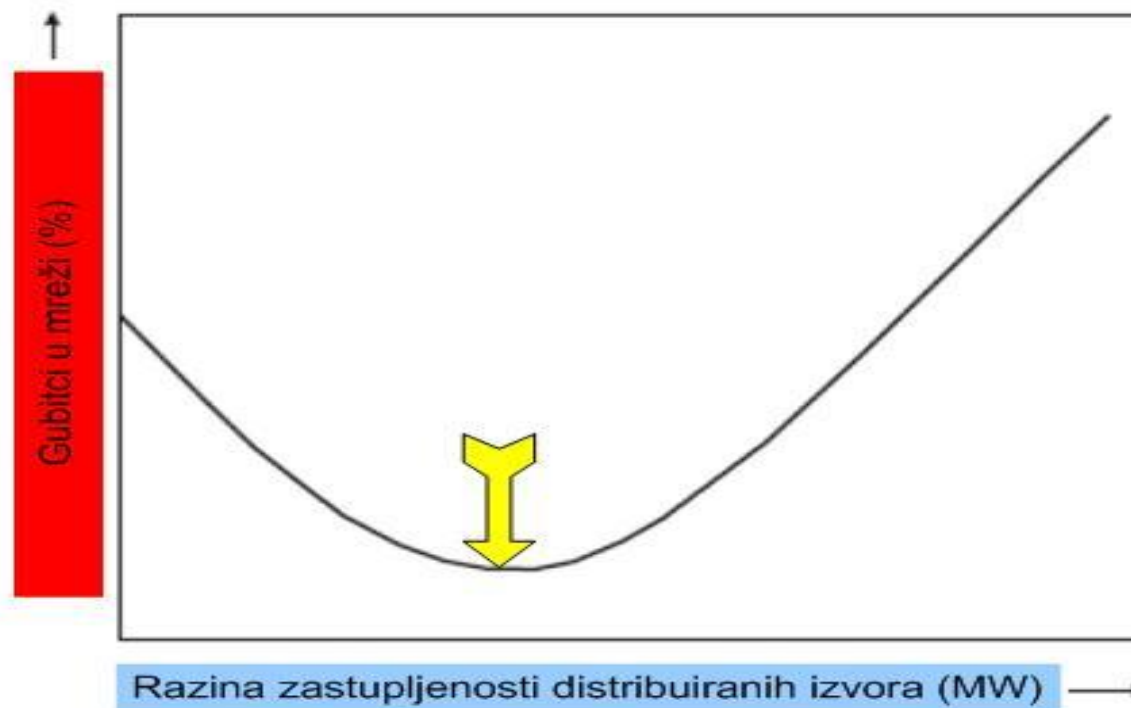
Zagreb, 1. listopada 2009.



DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

- S gledišta korištenja mreže mogu postojati različita ograničenja izgradnje distribuiranih izvora određene vrste ili koncentracije različitih u nekoj točki mreže,
- Za zorni prikaz kako se pozitivni učinak udjela DI u opskrbi, pretvara u negativni dajemo sliku koja prikazuje utjecaj stupnja integracije distribuirane proizvodnje na gubitke u elektroenergetskoj mreži (L5).



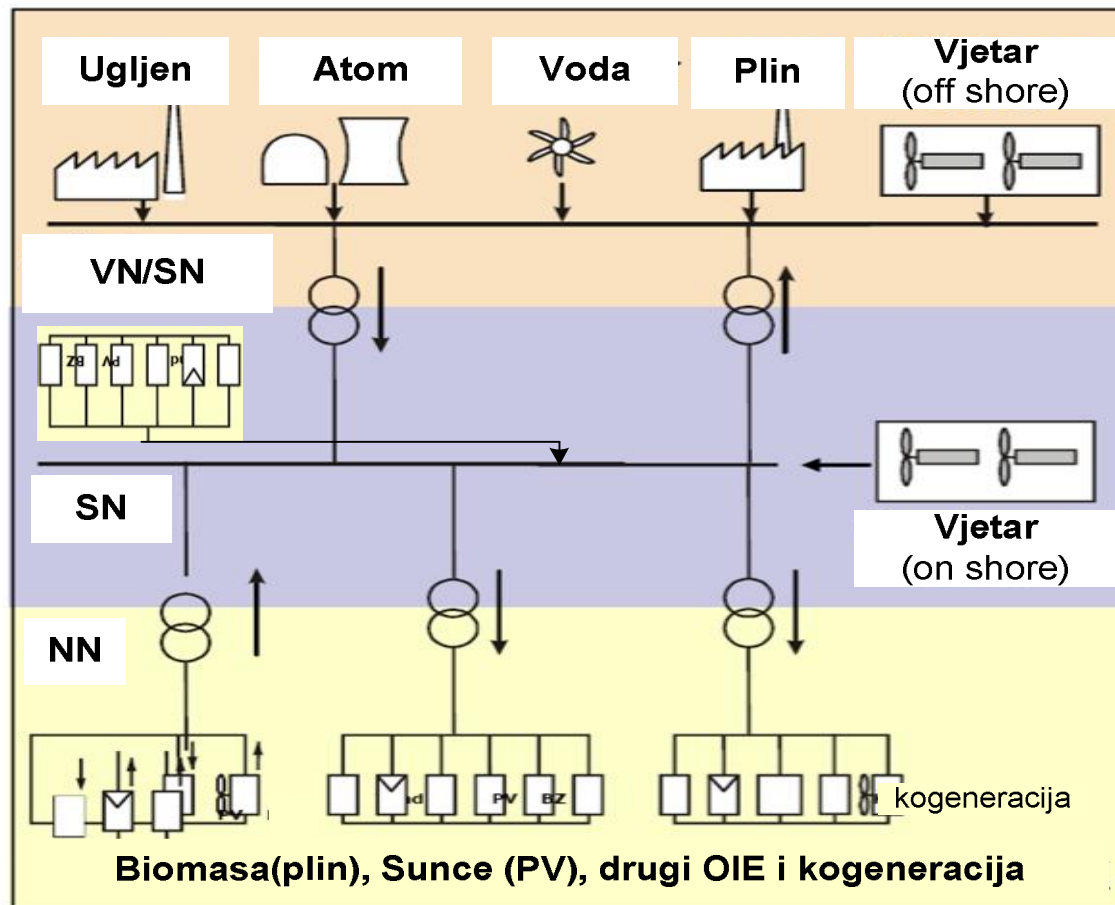
Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE
Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Prijenosni i distribucijski sustav s izvorima električne energije



Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

- Jedna jedina elektrana kao izvor električne energije i vod, kao sastavnica distribucijske mreže na koju je elektrana priključena, oživljava promjene temeljnih pogonskih električnih veličina u dijelu mreže gdje je priključena,
- Veći broj malih elektrana raspršen po distribucijskoj mreži, kao distribuirani izvori, oživljavaju promjene temeljnih električnih veličina u distribucijskoj mreži s utjecajem i na električne uvjete između prijenosne i distribucijske mreže,
- Međusobni ***utjecaji mreže i elektrane na promjene pogonskih veličina ovise od određenih značajki mreže i elektrane,***
- Prijeko potrebna prilagođenja ostvaruju se kao zahtjevi prema značajkama mreže, elektrane, i postrojenja na sučelju s mrežom.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Utjecaj značajki mreže

- Nazivni napon
- Oblik mreže u redovitom pogonu,
- Način uzemljenja neutralne točke (NT),
- Najveća dopuštena struja (snaga) trofaznog kratkog spoja na mjestu priključenja,
- Stvarna vrijednost struje (snage) trofaznog kratkog spoja na mjestu priključenja,
- Vrijednost struje zemljospoja u mrežama s izoliranom i uzemljenom NT,
- Vrijeme djelovanja zaštite kod kvara u mreži,
- Vrijeme beznaponske pauze u mrežama s primjenom automatskog ponovnog uključanja (APU),
- Posebna obilježja mreže kao:
 - kakvoća napona (kod normalnog pogona i poremećenog pogona),
 - prekidi zbog kvarova,
 - automatizacija po dubini mreže, ...

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.



DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Utjecaj značajki elektrane

- Broj i jedinična snaga generatora,
- Napon i frekvencija napona generatora i napona na sučelju elektrane s mrežom.
- Najveće dopušteno odstupanje napona na mjestu priključenja elektrane na mrežu u odnosu na nazivni napon mreže,
- Doprinos struji kratkog spoja u mreži,
- Povratno djelovanje na mrežu,
- Vrsta generatora (sinkroni, asinkroni s ili bez pretvarača frekvencije, asinkroni s izmjenjivačem, istosmjerni generator s pretvaračem frekvencije, izmjenjivač, ...),
- Značajke važne za uključenje elektrane na mrežu koja je u normalnom pogonu,
- Mogućnost paralelnog rada s mrežom i otočnog rada s dijelom mreže,
- Sposobnost regulacije napona, radne i jalove snage,
- Sposobnost prolaska elektrane kroz prolazno stanje kvara u mreži,



DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Ponašanje distribuiranih izvora pri korištenju mreže

- Za sagledavanje uvjeta korištenja mreže koristi se dio kriterija koji su primjenjivi za utvrđivanje uvjeta pristupa mreži (priključenja) i kriteriji koji su oslonjeni na sam pogon elektrane u mreži.
- Promatramo:
 - Termičko opterećenje mrežnih komponenti,
 - Utjecaj na stabilnost napona,
 - Najveća dopuštena struja kratkog spoja,
 - Povratno djelovanje,
 - Utjecaj na mrežno tonfrekventno upravljanje,
 - Podrška stabilnosti napona,
 - Doprinos struji kratkog spoja,
 - Upravljanje radnom snagom,
 - Upravljanje jalovom snagom.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

**Ponašanje distribuiranih izvora pri korištenju mreže –
motrišta za priključenje i korištenje mreže**

**Termičko opterećenje
sastavnica mreže**

**Utjecaj na stabilnost
napona**

**Doprinos struji trofaznog
kratkog spoja**

**Upravljanje radnom
snagom**

**Upravljanje jalovom
snagom**

Seminar

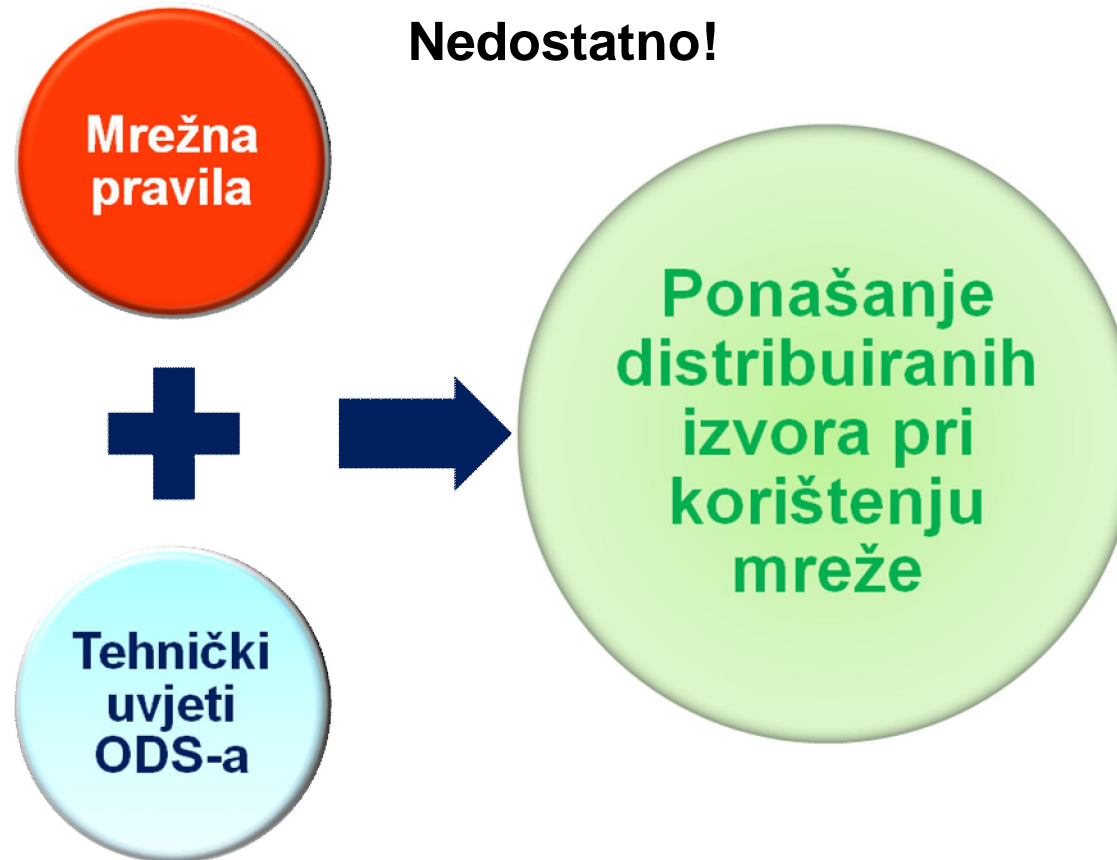
**IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE**

Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Stanje obuhvata značajki ponašanja distribuiranih izvora u raspoloživim dokumentima ?



DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Utjecaj distribuiranih izvora na termičko opterećenje sastavnica mreže

- **Mrežna pravila (MPE)**

– Osim uopćenih odrednica vezanih za ispunjenje uvjeta za priključenje nema nadasve razvidnih zahtjeva prema zaštiti od moguće pojave termičkog preopterećenja sastavnica mreže (vod, transformator) pri radu elektrane.

- **Tehnički uvjeti za priključenje malih elektrana (TUP)**

– Nema razvidnog odnosa prema ovoj pojavi.

- **Uobičajena praksa**

– Kod utvrđivanja uvjeta priključenja vrši se računaska provjera, a u ugovoru o korištenju mreže se utvrđuje obveza Proizvođača za prijavu promjena u elektrani koje su vezane za posljedice termičkih opterećenja u mreži

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Utjecaj distribuiranih izvora na termičko opterećenje sastavnica mreže

- Distribuirani izvori mogu svojim načinom korištenja mreže prouzročiti povećana opterećenje vodova, transformatora i drugih mrežnih komponenti,
- Za razliku od pristupa opterećenju mrežnih komponenti opterećenjem trošila kupaca, preko faktora istodobnosti $\ll 1$, kada su u mreži prisutni distribuirani izvori mora se računati na trajno opterećenje (stupanj opterećenja = 1),
- Za ***pokazatelja termičkog opterećenja mrežnih komponenti*** uzima se najveća vrijednost prividne snage jedne elektrane (S_{emax}),
- Kada elektrana ima više generatora S_{emax} se računa:

$$S_{\text{emax}} = \sum P_{\text{gmax}} / \lambda_{\text{min}}$$

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Termičko opterećenje sastavnica mreže

– P_{gmax} - najveća djelatna snaga jednog generatora kao najveća srednja vrijednost unutar propisanog vremenskog odsječka (u pravilu 10-minuta).

Primjer: Za vjetroelektrane se uzima najveća snaga u razdoblju od 10 minuta ($P_{10minmax}$). Ako ova snaga nije jednoznačno utvrđena tada se u pravilu uzima nazivna snaga generatora,

– λ – **ukupni faktor snage**, općenito je omjer P/S pri čemu se za P i S uzima efektivne vrijednosti koje čini zbroj osnovnog i svih viših harmonika napona i struje (dok se za izračun $\cos \varphi$ koristi samo efektivna vrijednost osnovnog harmonika),

– λ_{min} - minimalna vrijednost faktora snage, čiju vrijednost utvrđuje Operator mreže za stvarno mjesto priključenja elektrane na mrežu,

– Za proizvodne jedinice koje ispunjavaju zahtjeve glede viših harmonijskih struja, ukupni faktor snage λ , praktično je jednak faktoru snage $\cos \varphi$ osnovnih harmonika struje i napona.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Utjecaj distribuiranih izvora na stabilnost napona Stacionarne promjene

- **Mrežna pravila (MPE)**

- Utvrđuju se dopuštena odstupanja napona u SN i NN mreži ali kao obveza operatora mreže za održavanjem napona (regulacijom), a ne i dopuštena odstupanja izazvana radom elektrane u točki njena priključenja (točka 5.1.6.4. stavak 5, 6 i 7),

- Uvjeti za paralelni pogon elektrane i mreže kažu da ukoliko za vrijeme pogona elektrane nastupe okolnosti koje bi za posljedicu imale odstupanje napona veće od $\pm 10\%$ nazivnog napona mora se osigurati trenutno odvajanje elektrane od distribucijske mreže.

- **Tehnički uvjeti za priključenje malih elektrana – vrlo slično kao MPE**

Pravila i uvjeti ne kazuju koliki dio promjene napona smije biti uzrokovan radom elektrane u točki priključenja!

Koji je pristup uobičajen i iskustva drugih ?

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Utjecaj distribuiranih izvora na stabilnost napona

• SN mreže – dopuštene stacionarne promjene napona (L6)

– Pri pogonu mreže bez smetnji i kvarova, iznos zbroja promjena napona uzrokovanih radom svih elektrana priključenih na SN mreže, u odnosu na vrijednost napona kada elektrane nisu u pogonu, ne smije niti na jednom mjestu priključenja na tu mrežu, prekoračiti vrijednost promjene (više ili niže):

$$\Delta U_{\text{mpm}} \leq 2\%$$

– Elektrane s priključnim mjestom na NN mreži, unutar promatrane SN mreže, ne uzimaju se u obzir s gledišta utjecaja na naponske promjene,

–Napon sabirnica na početku srednjonaponske mreže može se gotovo neprekidno održati nepromijenjenim zato što trafo VN/SN u pravilu raspolaže s automatskim podešavanjem (regulacijom) prijenosnog odnosa.

– Operator mreže može, sagledavajući mogućnost zadržavanja stabilnog napona, u pojedinačnom slučaju odstupiti od vrijednosti 2%.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Utjecaj distribuiranih izvora na stabilnost napona

- **NN mreže – dopuštene stacionarne promjene napona (L7)**

– Uvažavajući dopuštena odstupanja napona sabirnica postrojenja na višoj naponskoj razini (VN/SN ili SN/SN) i pravilo za promjenu napona u SN mreži zbog rada elektrana, u bilo kojoj priključnoj točki NN mreže se tijekom pogona elektrane ne smije povisiti napon za vrijednost veću, u pravilu, od

$\Delta u_{\text{mpm}} \leq 2\%$ u odnosu na napon bez pogona elektrane u toj točki NN mreže.

– ODS može imati pravo odrediti i nižu razinu porasta napona od ove propisane (npr. s odrednicama MPE ili TUP), sukladno stvarnim okolnostima u nekoj točki mreže.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Dopuštene stacionarne promjene napona - zajedničko za SN i NN mreže

– Kada postoji jedna jedina točka u mreži s mogućnosti priključenja elektrana, uvjeti za promjenu napona se vežu za snagu kratkog spoja i to jednostavno preko koeficijenta snage kratkog spoja:

$$K_{ksp} = \frac{S_{ksp}}{\sum S_{maxp}} \geq 50$$

Pri čemu su u izrazu slijedeće veličine:

- K_{ksp} - koeficijent snage kratkog spoja,
- S_{ksp} – snaga kratkog spoja na mjestu priključenja elektrane na mrežu,
- $\sum S_{maxp}$ - zbroj najvećih prividnih snaga svih priključenih elektrana i/ili onih koji se planiraju priključiti u na isto mjesto u mreži,

U slučaju jednog jedinog mjesto priključenja u promatranoj mreži, zadana razina dopuštene promjene napona je održiva, ako omjer učinka kratkog spoja nije ispod donje granične vrijednosti:

$$K_{ksp} \geq 50$$

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Dopuštene stacionarne promjene napona - **zajedničko za SN i NN mreže**

- Kada je **impedancija mreže jako induktivna**, procjena promjene napona pomoću koeficijenta K_{ksp} je dosta stroga, odnosno, zahtjeva jako ograničenje snage izvora,
- U prethodnom slučaju potrebno je primijeniti *proračun na bazi složene impedancije mreže* s njenim faznim kutom ψ_m , a koji postupak daje točniji rezultat za dopuštenu promjenu, i makar on još uvijek predstavlja tek približavanje stvarnoj vrijednosti promjene napona:

$$\Delta u_{mpm} = \frac{S_{\max p} * \cos(\psi_{mi} + \varphi)}{S_{ksp}}$$

φ – fazni kut između napona i struje elektrane kod najveće prividne snage S_{\max}

- Kod mreže sa **zamkastim oblikom**, i/ili s više u mreži raspoređenih izvora, promjena napona se utvrđuje, dakako u složenijim uvjetima, koristeći složeni proračun toka snage. Pri tome se određuje dopuštena promjena napona za tu mrežu prema priključnoj točki s najvećom promjenom uz rad svih izvora.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Kako uskladiti primjenu dopuštene stacionarne promjene napona s propisanim granicama odstupanja pogonskog napona od nazivne vrijednosti napona u normalnom pogonu mreže ?

Polazišta:

- **Važeća MPE** utvrđuju:

- Propisane granice odstupanja od nazivnog napona u normalnom pogonu su za niski napon: +6%/–10% (do 2010. godine) te **±10% (nakon 2010. godine)**.

- **Buduća MPDE** utvrđuju (pretpostavka) :

- Dopuštena promjena napona u uvjetima normalnog pogona u točki priključenja elektrane je **$\Delta U_{mpm} \leq 2\%$** u odnosu na napon bez prisutnosti elektrane.

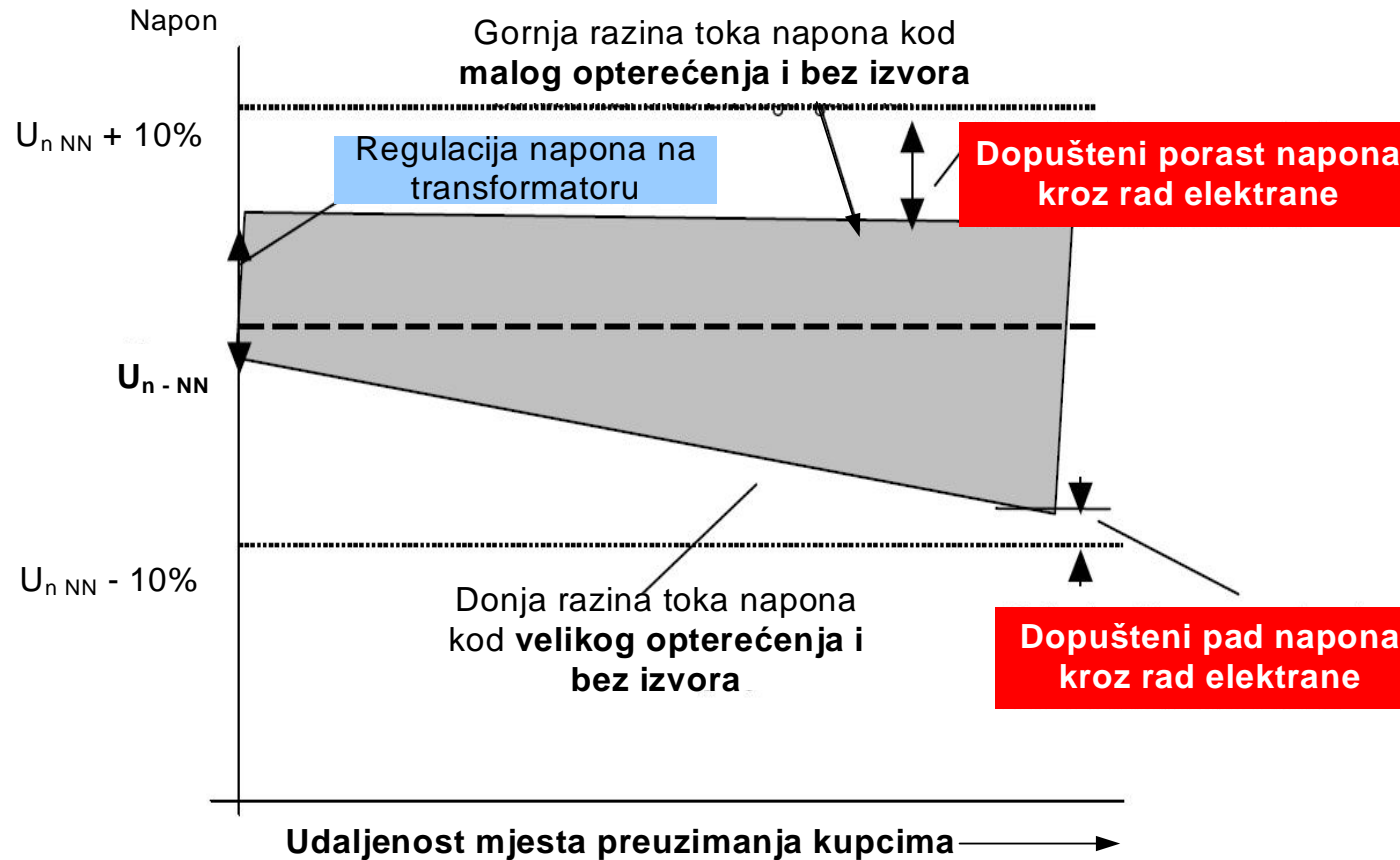
- **Upravljanje naponom na NN sabirnicama**

- ODS vodi pogon mreže tako da regulira napon u SN mreži kako bi napon kod najudaljenijeg kupca bio iznad propisane donje granice odstupanja, a kod kupaca koji su bliže trafostanici pogonski napon ne bi bio značajno iznad nazivnog napona.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Promjene napona kod kupaca u NN mreži s distribuiranim izvorima



Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Tumačenje dijagrama sa prethodne slike

- Dijagram predstavlja ovisnost pogonskog napona na mjestu preuzimanja kupca, od opterećenja u mreži i udaljenosti mjesta preuzimanja u odnosu na sabirnice TS SN/NN (*sjenčani dio*),
- Kod transformatora SN/NN može se promjenom jednog položaja regulacijske sklopke (područje regulacije obično $\pm 2,5\%$) pokriti dopušteno odstupanje uzrokovano radom elektrane (najviše 2%), što znači kako nema velike potreba za prebacivanjem (mora s prekidom pogona!),
- Ograničenje od najviše 2% se može održati i kod velike snage izvora, kada je faktor snage $\cos \varphi \approx 1$, jer tada samo pad napona na omskom dijelu kratkospojne impedancije doprinosi promjeni napona.
- Veće promjene napona nastaju ako ODS zahtjeva preuzimanje u mrežu jalove snage, neovisno induktivne ili kapacitivne jer tada imamo pad napona na obje sastavnice mrežne impedancije,
- Kod preuzbuđenog stanja generatora u mrežu se predaje kapacitivna snaga i podiže napon na sabirnicama, a kod poduzbuđenog stanja induktivna snaga i smanjuje napon

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.



DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Utjecaj distribuiranih izvora na stabilnost napona

Dinamička potpora

- Pod dinamičkom potporom napona mreže podrazumijeva se održavanje napona pri propadima napona u mreži visokog napona, kako bi se spriječilo neželjeno isključenje izvora velikih snaga, a time i raspada cijele mreže.
- Kako broj elektrana koje se priključuju na mrežu srednjeg napona brzo raste, postaje opravdanim uključivanje ovih postrojenja (veće snage) u dinamičku potporu održanja stabilnosti napona, pa i u slučaju kada to Operator distribucijske mreže nije tražio u trenutku priključivanja na mrežu (posljedica povećanja broja izvora tijekom godina).
- To znači kako elektrane na koje bi se odnosio ovaj zahtjevi moraju biti u stanju:
 - kod kvarova u mreži ne odvajati se od mreže (za sve vrste kvarova),
 - tijekom kvara u mreži podupirati napon mreže napajanjem mreže jalovom energijom,
 - nakon otklanjanja kvara, iz mreže ne uzimati induktivna jalovu energija kao prije kvara.
- ODS bi trebao utvrditi koje, kako i u kojoj mjeri elektrane moraju sudjelovati u dinamičkoj potpori i time osmisliti priključenje i korištenje mreže.
- Vrsta elektrane, snaga, ... su utjecajni činitelji na izbor načina dinamičke potpore.

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.



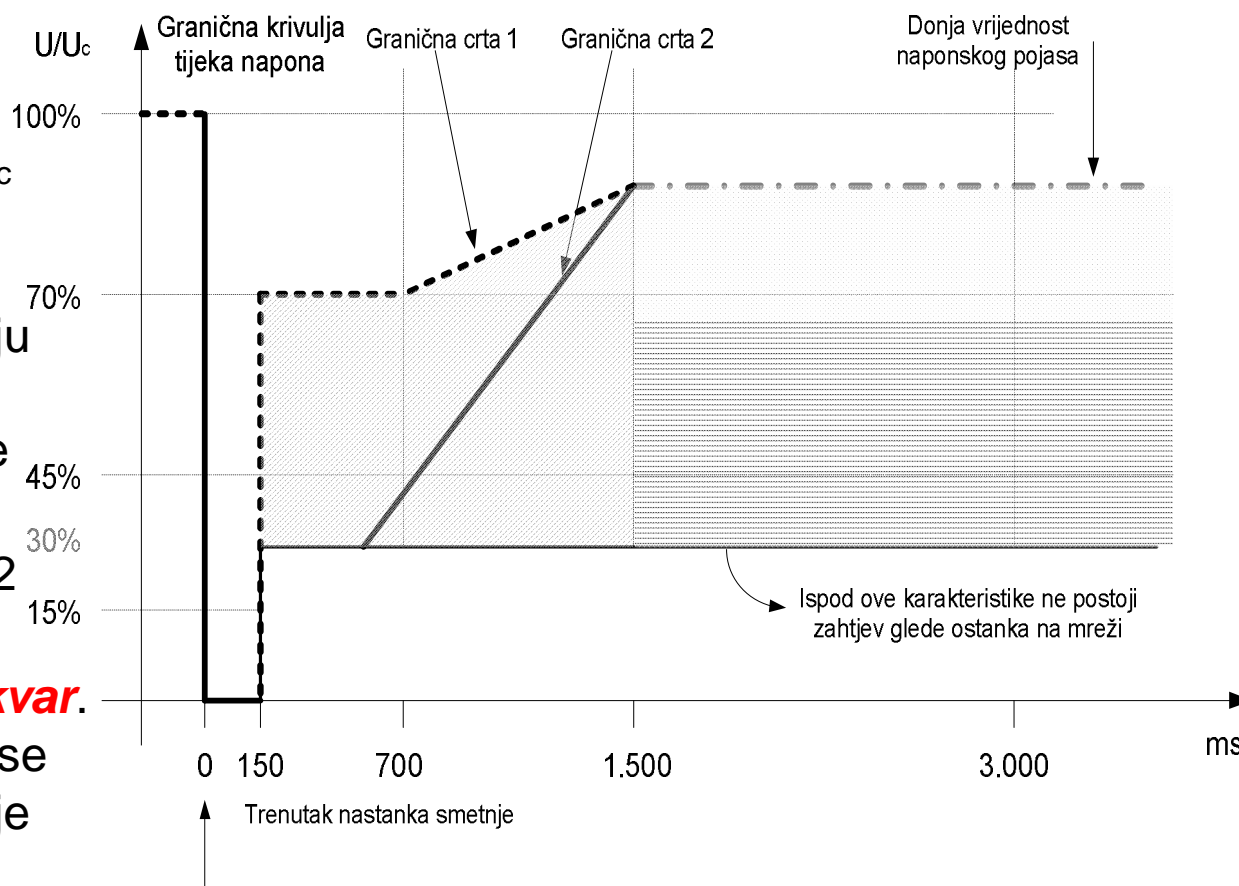
DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Utjecaj distribuiranih izvora na stabilnost napona - Dinamička potpora

Primjer :

- Elektrana se ne smije odvajati od mreže pri Propadima napona do 0 % U_c u trajanju od ≤ 150 ms.
- Propadi napona s iznosom iznad granične crte 1, ne smiju dovesti do nestabilnosti ili odvajanja elektrane od mreže
- Pri propadu napona s iznosom iznad granične crte 2 i ispod granične crte 1, **elektrana treba proći kroz kvar.**
- Ispod granične crte 2 smije se provesti kratkotrajno odvajanje od mreže u svakom slučaju.



Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE
Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Doprinos elektrane struji trofaznog kratkog spoja u mreži

U paralelnom pogonu s mrežom, elektrana doprinosi povećanju struje trofaznog kratkog spoja u mreži, naročito u okruženju mjesta priključenja na mrežu.

- **Mrežna pravila (MPE)**

- Priključenje elektrane ne smije uzrokovati povišenje struja kratkog spoja iznad dopuštenih vrijednosti rasklopnih struja opreme u mreži (točka 5.3.5., stavak 3),

- **Tehnički uvjeti za priključenje malih elektrana (TUP)**

- Nema posebnih, ograničavajućih odrednica.

- **Uobičajena praksa drugih**

- Uobičajeno, prava ODS-a su određena i razvidna glede obveza Proizvođača:

Poveća li se priključenjem elektrane na mrežu struja trofaznog kratkog spoja u mreži iznad vrijednosti na koju su mrežne sastavnice dimenzionirane, Operator mreže će uvjetovati korisniku mreže prikladne mjere, kao što je ograničavanje struje kratkog spoja, podizanje sposobnosti opreme, a kao krajnje rješenje može i ograničiti snagu elektrane.

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

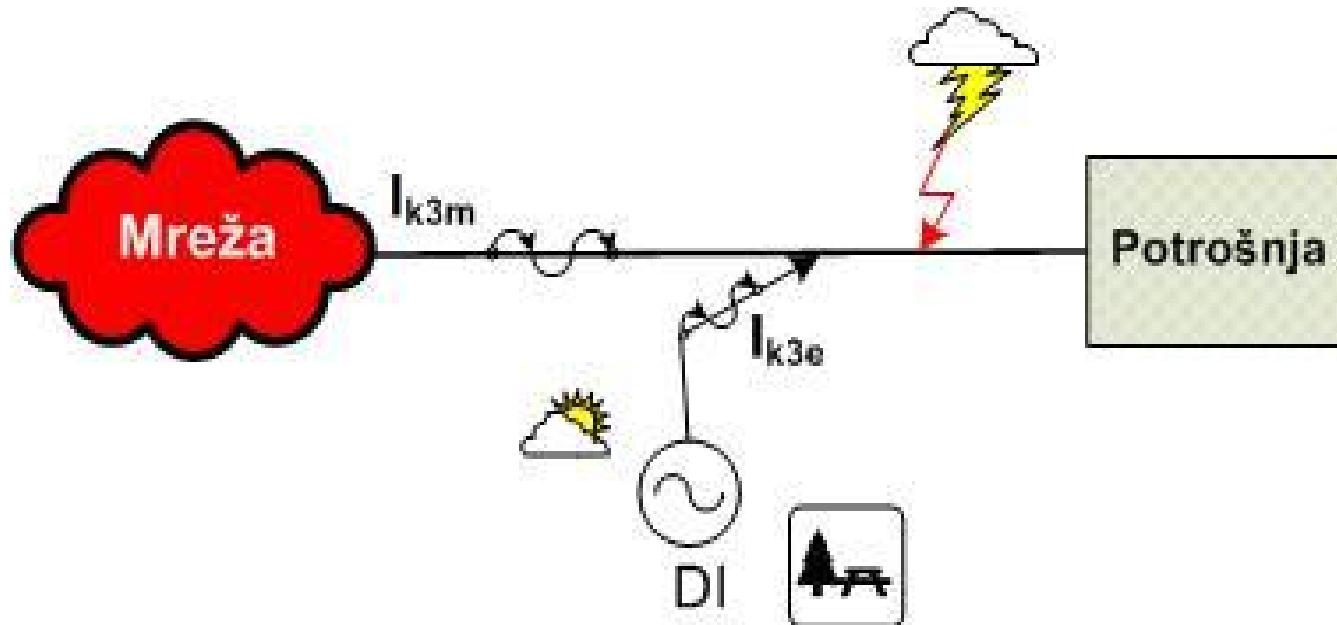
Zagreb, 1. listopada 2009.



DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Doprinos elektrane struji **trofaznog** kratkog spoja u mreži



- Učinak doprinosa elektrane iznosu struje trofaznog kratkog spoja (I_{k3e}), do i na mjestu kvara, važan je **kriterij sagledavanja uvjeta priključenja i korištenja mreže**,
- Kada je doprinos takav da ugrožava opremu u mreži raspoložive su: *mjere kod priključenja* (mjesto priključenja, zamjena opreme, ograničenje struje) i *mjere u pogonu* (vrijeme djelovanja zaštite).

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Doprinos struji trofaznog kratkog spoja – **ovisno od vrste generatora**

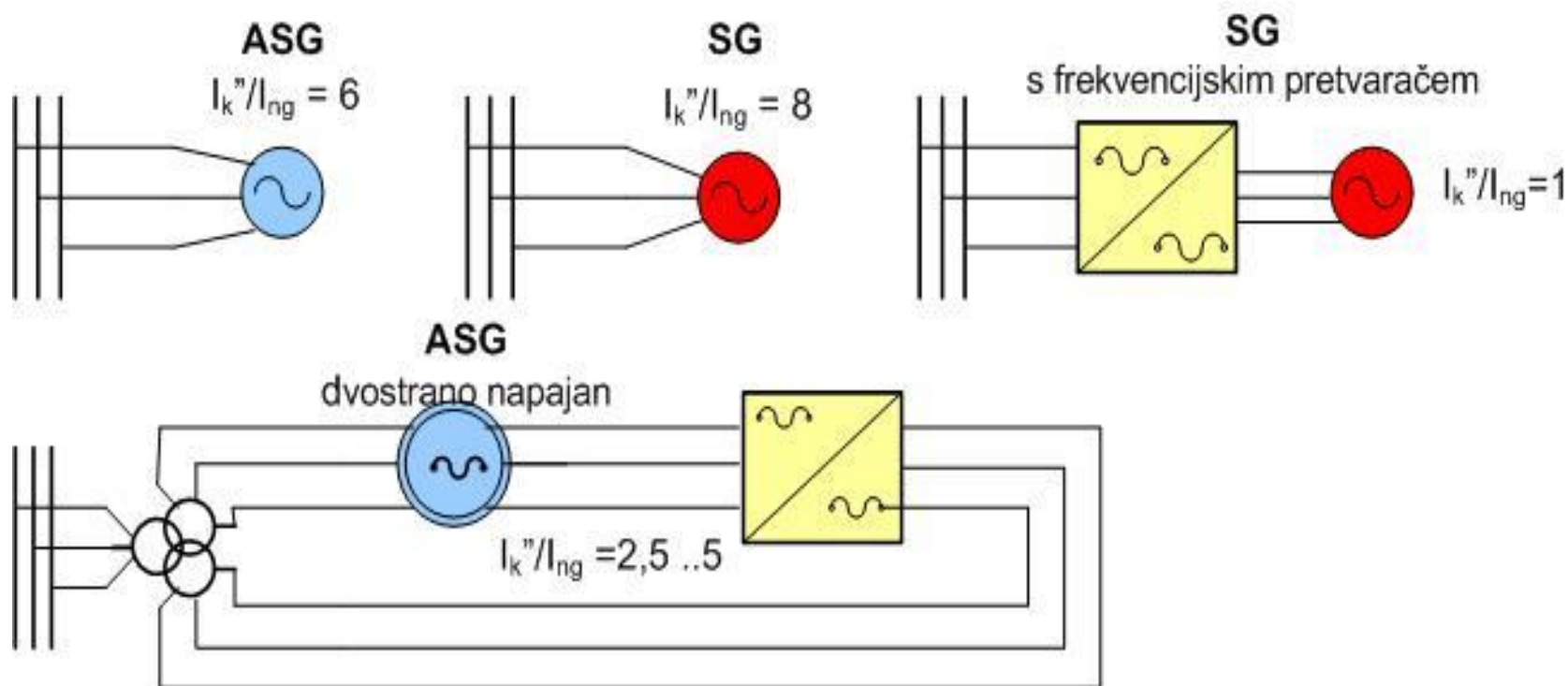
- Doprinos struji kratkog spoja ovisi o vrsti generatora u elektrani, a može se vrednovati na slijedeći općeniti način:
 - Asinkroni generator → značajan, razmjeran I_{pok}/I_{ng}
 - Sinkroni generator → značajan, razmjeran X_d''
 - Istosmjerni izvor s izmjenjivačem → red veličine $I_{ne}(I_{ng})$
 - Sinkroni generator s frekvencijskim pretvaračem → red veličine $I_{ne}(I_{ng})$
 - Asinkroni generator s dvostrukim napajanjem → značajan, podatci proizvođača

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Doprinos struji trofaznog kratkog spoja – pojedinačni primjeri

– Doprinos struji kratkog spoja ovisi od vrste generatora, a na temelju modeliranja usvaja se karakterističan omjer početne izmjenične sastavnice struje trofaznog kratkog spoja (I_k'') i nazivne struje elektrane (generatora) - I_{ne} (I_{ng}).



Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Povećanje struje trofaznog kratkog spoja – ovisno od vrste generatora

- Za iznalaženje doprinosa elektrane struji trofaznog kratkog spoja mogu se, ovisno od vrste generatora, uzeti i približne, iskustvene vrijednosti:
 - kod sinkronih generatora – $8xI_{ng}$,
 - kod asinkronih i dvostruko napajanih asinkronih generatora – $6xI_{ng}$
 - kod generatora s ispravljačem/izmjenjivačem – $1xI_{ng}$
- Za točan izračun moraju se uzeti u obzir impedancije između generatora i mjesta priključka na mrežu (transformator korisnika mreže, vodovi, itd.) ,
- Za provjeru doprinosa struji trofaznog kratkog spoja vrijedi isti pristup za NN i SN mreže, pri čemu pojedini Operatori mreže imaju utvrđenu *granicu prividne snage elektrane ispod koje zanemaruju ovo razmatranje (npr. $\leq 1MW$)*

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Upravljanje djelatnom snagom

- **Mrežna pravila (MPE) – opći zahtjevi**

– Kupac i proizvođač električne energije imaju pravo korištenja mreže, osim ako im operator distribucijskog sustava uskrati korištenje mreže zbog ograničenih tehničkih ili pogonskih mogućnosti mreže (5.1.3.1. stavak 3),

- **Mrežna pravila (MPE) – zahtjevi u svezi preopterećenja**

– Radi izbjegavanja preopterećenja dijelova mreže, operator distribucijskog sustava planira i vodi pogon mreže vodeći računa o stvarnoj topologiji i raspoloživim kapacitetima mreže, ***rasporedu preuzimanja električne energije od elektrana*** priključenih na mrežu, ugovorenoj snazi te procjeni potrošnje. ***To se u pravilu ne odnosi na povlaštene proizvođače*** (5.1.3.2., stavak 1).

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Upravljanje djelatnom snagom – zašto ?

- Proizvodno postrojenje mora moći raditi s ograničenom predajom djelatne snage,
- Razlozi zbog kojih Operator mreže može opravdano zahtijevati prolazno ograničenje predane snage su:
 - opasnost od preopterećenja u mreži,
 - ugrožavajući porast frekvencije napona,
 - opasnost stvaranja otočnog pogona mreže,
 - ugrožavanje statičke ili dinamičke stabilnosti pogona mreže,
 - upravljanje proizvodnjom/upravljanje opskrbom/upravljanje sigurnošću mreže,...
- Proizvođač po nalogu Operatora mreže mora moći smanjiti djelatnu snagu elektrane u stupnjevima od X% (najviše 10%) priključne snage na mjestu priključenja na mrežu .

Tema 2: DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Upravljanje djelatnom snagom – **opći zahtjevi**

- Smanjenje snage mora biti moguće pri svakom pogonskom stanju, te u svakoj radnoj točki generatora i to na obveznu vrijednost koju zadaje Operator mreže,
- Pokazale su se opravdanim imati razine obvezne vrijednosti od 100% / 60% / 30% / 0% nazivne snage elektrane.
- Ograničenje predaje snage po svakoj obveznoj vrijednosti mora uslijediti **neodgodivo**, a ako se ipak dopušta mala **vremenska odgoda** tada je ona na razini jedne minute.
- Elektrana mora imati tehničke mogućnosti provesti smanjenje do 10% obvezne vrijednosti bez automatskog odvajanja od mreže, a elektrana se smije odvajati od mreže ispod 10% ugovorene priključne snage.
- Provedba naloga Operatora mreže za ograničenje snage proizvodnje elektrane je u području odgovornosti Proizvođača.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Upravljanje djelatnom snagom u funkciji održanja frekvencije

- **Mrežna pravila (MPE) – zahtjevi u svezi održanja frekvencije**

- Održavanje frekvencije je usluga elektroenergetskog sustava, za koju je nadležan i odgovoran operator prijenosnog sustava (5.1.6.3., stavak 1).

- **Održavanje frekvencije rasterećenjem** u distribucijskoj mreži zadaća je operatora distribucijskog sustava koja se ostvaruje koordinacijom s operatorom prijenosnog sustava (5.1.6.3., stavak 2).

- Kod elektrane ukupne snage iznad 100 kW, regulator **snaga/frekvencija** treba biti opremljen i podešen tako da skokovita promjena snage pri opterećenju i rasterećenju bude manja od 10% nazivne snage (5.3.5.2., stavak 8).

- **Održavanje frekvencije smanjenjem proizvodnje distribuiranih izvora ??**



DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Upravljanje djelatnom snagom u funkciji održanja frekvencije

- Svaka elektrane u pogonu pri frekvenciji napona mreže koja je veća od propisane dopuštene gornje vrijednosti, mora smanjiti trenutnu djelatnu snagu u propisanom postotku trenutno raspoložive snage generatora (i do 40%) po svakoj jedinici mjere prekoračenja frekvencije (Hz), a unutar zadanog vremena odziva.
- Radna snaga smije ponovno rasti tek pri povratku frekvencije na nazivnu vrijednost, ili neku propisanu vrlo blisku njoj (primjerice prema BDEW $f \leq 50,05$ Hz), a povećanje ne smije dovesti do novog prekoračenja dopuštene gornje vrijednosti
- Za elektrane koje moraju biti opremljene s regulacijom izlazne snage u funkciji očuvanja frekvencije propisuje se i granica neosjetljivosti promjene frekvencije (primjerice: manja od 10 mHz ili 0,01 Hz).
- Akcija održanja frekvencije od porasta na nedopustive vrijednosti provodi se regulacijom snage, ili gdje je to tehnički teško ostvarivo ili skupo, izdvajanjem elektrane iz mreže (uobičajeno pokušaj regulacijom na SN, a na NN mreži odmah odvajanjem).
- Za distribucijsku mrežu granične vrijednosti propisuje Operator prijenosne mreže i uobičajeno se te vrijednosti “prepisuju” iz MPE za prijenosnu mrežu u MPE za distribucijsku mrežu.

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.



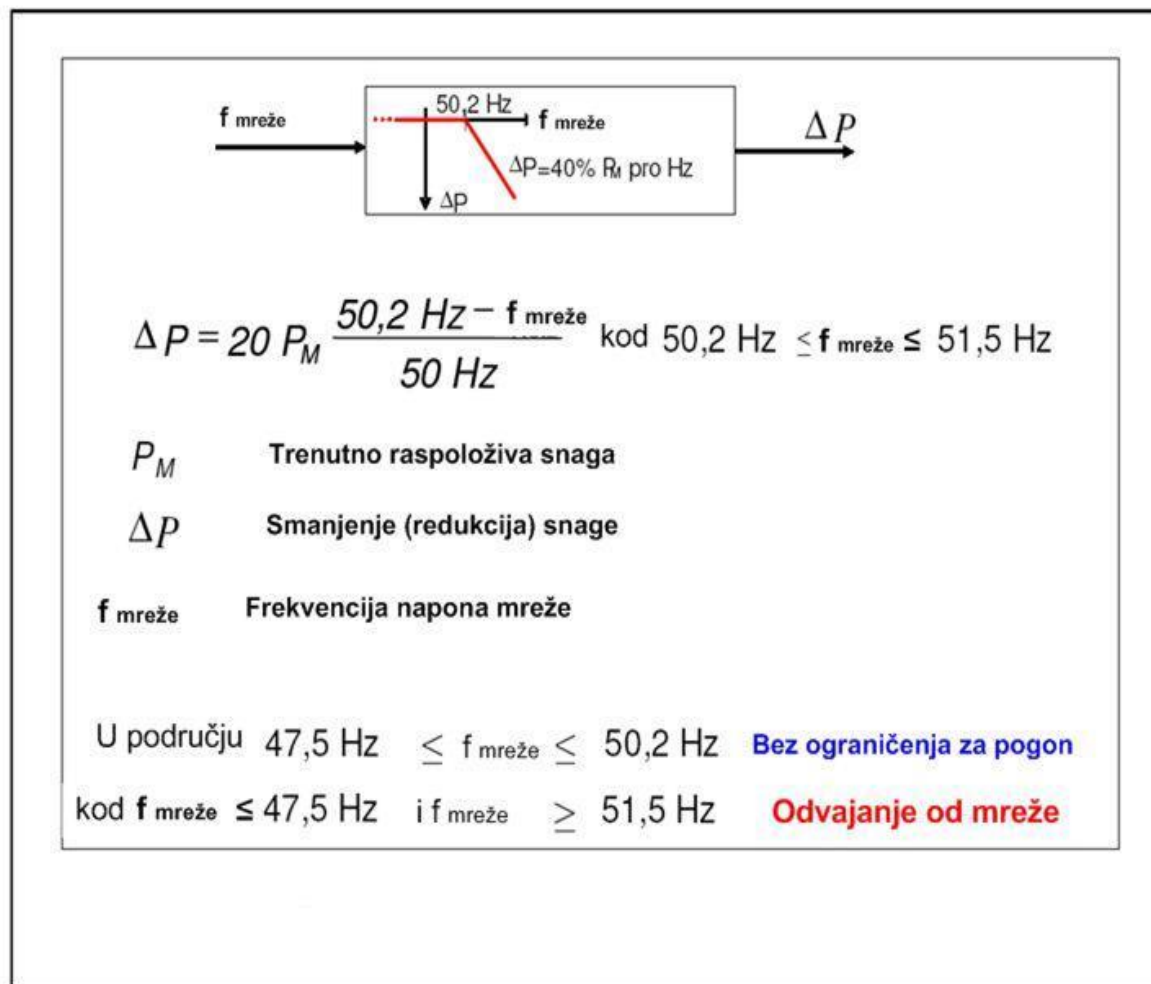
DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Upravljanje djelatnom snagom u funkciji održanja frekvencije

Primjer (L6)

- Svaka elektrane u pogonu pri frekvenciji $\geq 50,2$ Hz mora smanjiti trenutnu djelatnu snagu stupnjem od 40% trenutno raspoložive snage generatora po svakom Hz prekoračenja.
- Radna snaga smije ponovno rasti tek pri povratku frekvencije na $f \leq 50,05$ Hz,
- Granica neosjetljivosti promjene frekvencije mora biti manja od 10 mHz.



Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Upravljanje jalovom snagom

• Mrežna pravila (MPE)

– ODS, ugovorom o korištenju mreže utvrđuje uvjete kompenzacije jalove snage proizvođačima i kupcima tako da se osigura napon u propisanim granicama na odgovarajućim naponskim razinama i obračunskim mjernim mjestima.

– Zadatak operatora distribucijskog sustava je uravnoteženje i kompenzacija korištenja jalove snage i energije u distribucijskoj mreži.

– Korisnici mreže pojedinačno s operatorom distribucijskog sustava ugovaraju isporuku jalove snage i energije izvan dopuštenog faktora snage, a operator distribucijskog sustava ugovara dobavu jalove snage i energije s pružateljem te pomoćne usluge.

– Uz proizvodnju i isporuku radne energije, **elektrana treba proizvoditi i u mrežu isporučivati i dovoljno jalove energije.**

Proizvodnja jalove energije treba biti u granicama od **$\cos \varphi = 0,85$ induktivno do $\cos \varphi = 1$** , osim za sunčane elektrane kod kojih se takav zahtjev ne postavlja (5.3.5.2 stavak 6.) i **vjetroelektrana s asinkronim generatorima** koje trebaju imati *vlastitu kompenzaciju* tako da **prosječni faktor snage bude 1** uz maksimalno odstupanje od 0,1 u induktivnom i kapacitivnom smjeru (točka 5.3.6.3, stavak 4.).

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.



DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

• Tehnički uvjeti za priključenje malih elektrana (TUP)

- Uz proizvodnju i isporuku radne energije, mE treba proizvoditi i u mrežu isporučivati i dovoljno jalove energije. Proizvodnja jalove energije treba biti u granicama od 0 do 75 posto proizvodnje radne energije, a što **odgovara faktoru snage 1 do 0,8 kapacitivno, ovisno o** naponskim prilikama na sabirnicama mE i opterećenjima u mreži.
- U slučaju kada su **u mE asinkroni generatori**, jalovu energiju, prema rečenom kriteriju, treba proizvesti u **vlastitom kompenzacijskom postrojenju**.

• Uobičajena praksa drugih

- Obvezno su utvrđeni uvjeti rada generatora s gledišta proizvodnje jalove energije, ovisno od njegove vrste i povezano s proizvodnjom djelatne energije,
- Područje $\cos \varphi$ je u pravilu propisano za elektrane u NN mreži, a za elektrane u SN mreži se potonje propisuje ali i uređuje u ugovoru o korištenju mreže.
- Također, daju se preporuke za izbor načina postavljanja kriterija upravljanja jalovom snagom (čvrsto zadan $\cos \varphi$ ili ukupna Q, ili $\cos \varphi = f(P)$, ili $Q=f(U)$, ...).

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Upravljanje jalovom snagom - rješenja

• Pomirba suprotstavljenih zahtjeva MPE i TUP

– ODS mora biti nadležan i imati mogućnost zahtijevati različite izvedbe regulacije proizvodnje jalove snage, kao kroz zadavanje nepromjenjive, obvezne vrijednosti za svako pogonsko stanje ($\cos \varphi$ ili Q) ili funkcijske ovisnosti bitnih veličina. Primjeri:

- nepromjenjivi faktor snage $\cos \varphi$ ili
- faktor snage $\cos \varphi = f(P)$ ili
- nepromjenjiva jalova snaga Q u kvar ili
- karakteristika $Q=f(U)$

– Pri isporuci djelatne snage, elektrana mora moći u svakoj radnoj točki proizvoditi i jalovu snagu, koja odgovara vrijednosti faktora snage na mjestu priključenja na mrežu od:

$$\cos \varphi = 0,95_{\text{podpobuđeno}} \text{ (induktivno) do } 0,95_{\text{nadpobuđeno}} \text{ (kapacitivno)}$$

– Odstupanja od graničnih vrijednosti i način ostvarenja upravljanja treba vezati za značajke generatora, **sinkroni, asinkroni, dvostruko napajani asinkroni generator i statički generator (izmjenjivač)**, njihovoj snazi i mjestu priključenja na mrežu (SN-NN).

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

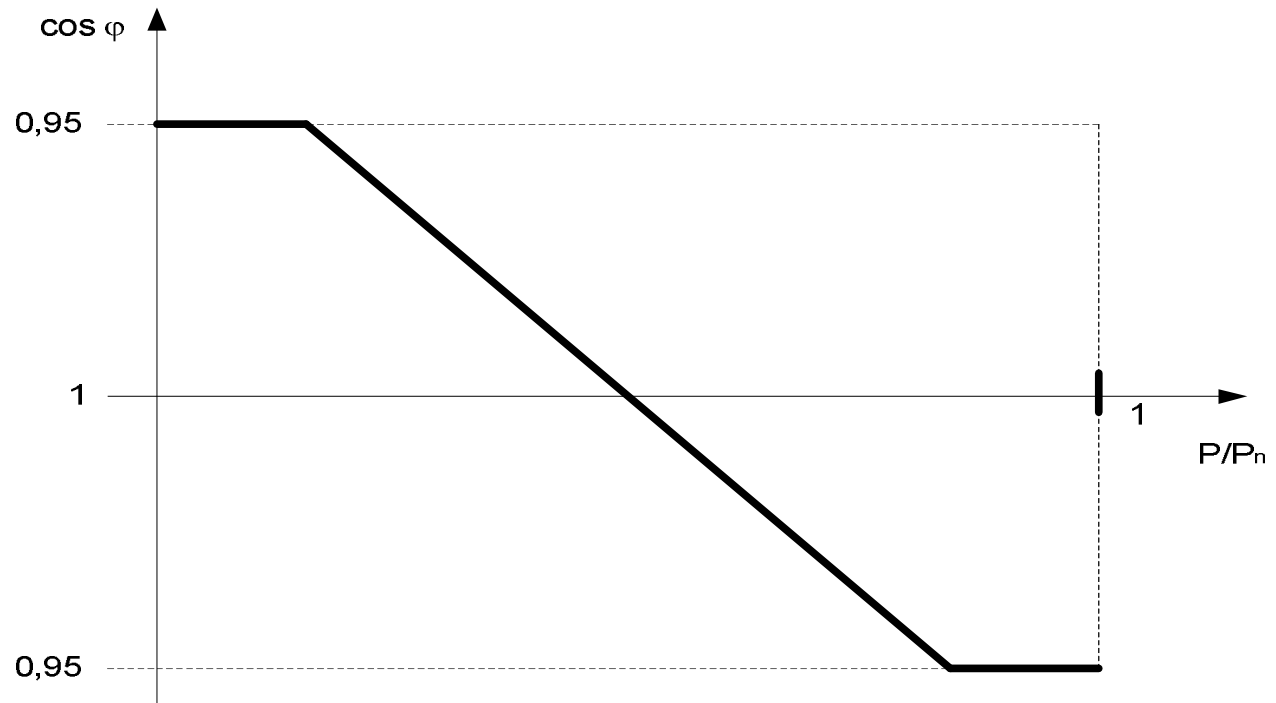
(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Upravljanje jalovom snagom

– Ugovoreni raspon vrijednosti jalove snage kada se regulira po funkciji mora se moći ostvariti unutar određenog vremena (sinkroni i dvostruko napajani asinkroni generator):

- regulacija faktora snage $\cos \varphi = f(P)$ do 10 sekundi i
- regulacija po karakteristici $Q=f(U)$ od 10 sekundi do 1 minute

Primjer: $\cos \varphi = f(P)$
karakteristika regulacije:



Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE
Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Upravljanje jalovom snagom – neka dodatna opredjeljenja, ali i dvojbe

- U sadašnjim opredjeljenjima nedovoljno je povezano dopušteno odstupanje napona, proizvodnja djelatne snage i način regulacije proizvodnje jalove snage. Granice dopuštenih odstupanja napona moraju biti temelj za odrednice o radnoj i jalovoj snazi.
- Vrsta regulacije (djelatna snaga, jalova snaga, napon ili $\cos \varphi$) i količina isporuke ili preuzimanja jalove snage mora biti jednoznačno propisano, a pravila struke u radu ODS-a su potrebna samo u posebnim slučajevima.
- Kada je u mreži raspršeno više elektrana, njihova pojedinačna regulacija jalove snage i napona mora biti izabrana tako da sve druge elektrane vode siguran i besprijekoran paralelni pogon s mrežom.
- Snaga elektrane treba biti jednoznačni kriterij za zahtjev ODS-a prema proizvodnji jalove snage: programirano upravljanje (nepromjenjivo/prema funkciji), ili kompenzacija (statička /dinamička) ili bez proizvodnje (vrlo male snage, statički generator).
- Dobro poznavanje značajki mreže (snaga KS, veličina mreže, kapacitet mreže) kao potreba prije uvažavanja značajki generatora,

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Ponašanje distribuiranih izvora pri korištenju mreže –
motrišta za korištenje mreže

Povratni utjecaji na mrežu

Brze naponske promjene

Treperenje napona

Harmonici višeg reda
i međuharmonici

Utjecaj na tonfrekventno
upravljanje

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Povratni utjecaj na mrežu

- **Mrežna pravila (MPE)**

- *Povratno djelovanje* – nema tumačenja izraza, postoje opće odrednice i posebne za vjetroelektrane

- **Opći uvjeti za opskrbu električnom energijom**

- *Povratni utjecaj na mrežu*

Pogonsko stanje/događaj pri kojem pogonski događaji u elektroenergetskim objektima i instalacijama proizvođača ili kupca uzrokuju poremećaje i smetnje u mreži operatora prijenosnog sustava i/ili operatora distribucijskog sustava

- **Pravila o kvaliteti napona**

- *Povratni utjecaj na mrežu*

Negativni utjecaj elektroenergetskih objekata i instalacija korisnika mreže na razinu kvalitete električne energije u mreži.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Brze naponske promjene uvjetovane sklopnim radnjama

Mrežna pravila (MPE)

Elektrana i njezin priključak na mrežu moraju osigurati **ograničeno povratno djelovanje elektrane u paralelnom pogonu s mrežom**, a posebno glede kratkotrajne promjene napona kod uključenja i isključenja elektrane (točka 5.3.2.5. stavak 11),

• Tehnički uvjeti za priključenje malih elektrana

- Uključivanje mE u paralelni pogon s distribucijskom mrežom, paralelni pogon i izlazak iz paralelnog pogona odvijati će se sukladno uvjetima primjerenog paralelnog pogona i uvjetima ograničenog povratnog djelovanja (članak 18.),
- Projektnim rješenjem mE i njezina priključka na distribucijsku mrežu treba spriječiti negativno povratno djelovanje mE u paralelnom pogonu s distribucijskom mrežom, a posebno kratkotrajne promjene vrijednosti napona kod uključenja opterećenja i rasterećenja generatora i kompenzacijskog postrojenja (članak 25.).

Pravila i uvjeti ne kazuju kolike promjene napona smiju biti uzrokovane sklopnim radnjama na sučelju elektrane s mrežom i kod velikih promjena opterećenja elektrane !

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.



DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Naponske promjene uvjetovane sklopnim radnjama

- Uključivanjem generatora na mrežu i isključivanjem generatora (elektrane) s mreže, dolazi do povratnih djelovanja na mrežu kroz brzu promjenu napona na mjestu priključenja na mrežu, a najveći iznos brze promjene napona (Δu_{mpm}) možemo procijeniti na:

$$\Delta u_{\text{mpm}} = k_{\text{ms}} * S_{\text{ne}} / S_{\text{ksp}}$$

- k_{ms} - koeficijent najveće struje sklopnih radnji,
- S_{ksp} – snaga kratkog spoja na mjestu priključenja elektrane na mrežu,
- S_{ne} – nazivna vrijednost prividne snage jednog generatora (elektrane)
- Koeficijent najveće struje sklopnih radnji određuje odnos između najveće struje koja će se pojaviti tijekom sklopnih radnji (I_{ms}) i nazivne struje generatora (elektrane) I_{ne} :

$$k_{\text{ms}} = I_{\text{ms}} / I_{\text{ne}}$$

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Naponske promjene uvjetovane sklopnim radnjama

- Ovisno o vrsti generatora određena je vrijednost koeficijenta k_{ms} :
 - Sinkroni generator s osjetljivom sinkronizacijom, kao i izmjenjivači - $k_{ms} = 1,2$
 - Asinkroni generatori s dvostrukim napajanjem s osjetljivom sinkronizacijom i izmjenjivačem u krugu rotora - $k_{ms} = 1,5$
 - Asinkroni generator s kaveznom rotorom - $k_{ms} = 4,0$
 - Asinkroni generatori koje u motornom radu pokreće električna struja, u slučaju ako je I_{ms} nepoznata, - $k_{ms} = 8,0$

$d =$

- Pomoću slijedećeg izraza može se izračunati relativni iznos promjene napona:

$$d = \Delta u = \Delta S * \cos(\psi - \varphi) / S_{ks}$$

- ΔS – promjena prividne snage (VA),
 - S_{ks} – snaga kratkog spoja na sučelju elektrane s mrežom (VA),
 - kut impedancije mreže
 - kut promjene snage
- Pozitivna vrijednost relativne promjene napona “d” znači smanjenje napona.

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.



DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Naponske promjene uvjetovane sklopnim radnjama – **značajke vrste generatora**

- **Kod uključanja elektrana sa sinkronim generatorom**, ako se pridržava kriterija primjerene sinkronizacije, neće se dogoditi značajna promjena snage ΔS . Kod isključenja s mreže pak promjena snage je na razini nazivne snage generatora.
- **Kod uključanja elektrana s izmjenjivačem ili ispravljačem**, ako se pridržava kriterija primjerene sinkronizacije, neće se dogoditi značajna promjena snage ΔS . Kod isključenja s mreže pak promjena snage je na razini nazivne snage generatora.
- **Kod uključanja elektrana s asinkronim generatorom (ASG)**, čiji je motor završio zalet, može promjena snage ΔS iznositi do 10-terostruki iznos nazivne snage. Ako točna vrijednost nije poznata uzima se množitelj 8, a kod ASG koji se uključuju na mrežu kod približno sinkronog broja okretaja množi se nazivna snaga generatora s 4. Kod ASG s promjenom broja polova nastupa promjena snage kao kod ASG s motorskim zaletom.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Naponske promjene uvjetovane sklopnim radnjama

- Uobičajeno se kod sklopnih radnji (uključenje i isključenje) jednog generatora ili elektrane dopušta u točki sučelja s mrežom brza promjena napona od:

$\Delta u_{\text{mpm}} \leq 2\%$ za SN i $\Delta u_{\text{mpm}} \leq 3\%$ za NN mrežu
(u odnosu na U_n ili dogovorenu vrijednost napona (kod SN))

- Zadana razina promjene napona podrazumijeva ponavljanje sklopne radnje najviše jednom u 3 minute, a vrijednost je određena tako da uz nju ne dođe do nedopuštenog povratnog utjecaja na mrežu.
- Za mogući slučaj **isključenja svih elektrana**, primjerice kod kvara u mreži i djelovanja zaštite, nastala promjena napona izračunava se kao razlika vrijednosti napona s i bez napajanja od strane elektrana, pri čemu se ne uzima u obzir odziv regulacije transformatora u pojnom čvoru promatrane SN mreže.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Naponske promjene uvjetovane sklopnim radnjama

- Kod isključivanja jedne ili istovremenog ili gotovo istovremenog isključivanja više proizvodnih jedinica na jednom mjestu u mreži, promjena napona u bilo kojoj točki te mreže ograničava se na:

$$\Delta u_{\text{mpm}} \leq 5\%$$

U ovom se slučaju promatraju sve one elektrane koje mogu biti pogonskim postupcima ili djelovanjem zaštita gotovo istovremeno isključene s mreže.

- **Slučajnost** u upravljanju elektranama može dovesti do gotovo istovremenih sklopnih radnji unutar jednog područja mreže s više generatora. Kako bi se ograničili zbirni učinci sklopnih radnji na naponske promjene, ODS treba propisati njihov vremenski slijed kroz vremensko odstojanje Δt_{min} između svije sklopne radnje. Dva su pristupa:

- $\Delta t_{\text{min}} = f(\Delta u_{\text{max}})$ za $\Delta u_{\text{max}}=2\%$ $\Delta t_{\text{min}} = 3$ minute, ili preko formule
- $\Delta t_{\text{min}} = 23 * (100 * \Delta u)^3$ (sekundi)

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Naponske promjene uvjetovane sklopnim radnjama

- **Kod uključanja elektrana s asinkronim generatorom**, neposredno nakon uključanja dolazi do značajnih naponskih promjena koje potječu od porasta ili pada stacionarnog napona u trenutku kada elektrana počne predavati snagu (kakav će biti predznak promjene ovisi o iznosu jalove snage koju ASG uzima iz mreže).
- *Asinkroni generatori*, koji se uključuju na mrežu približavajući broj okretaja sinkronom, mogu, uzrokovati **vremenski vrlo kratke ali vrijednosno velike propade napona**.
- Uvažavajući narečeno ODS za ovakve slučajeve propisuje dodatne uvjete za Δu_{mpm}

Primjer dodatnih uvjeta:

– **Asinkroni generator**, s kaveznim rotorom i ograničenjem struje zaleta, koji se uključuje na mrežu kod 95 do 105% sinkronog broja okretaja, može uzrokovati propad napona dvostruke dopuštene vrijednosti za ostale vrste generatora, dakle

$$\Delta u_{\text{mpm}} \leq 4\%$$

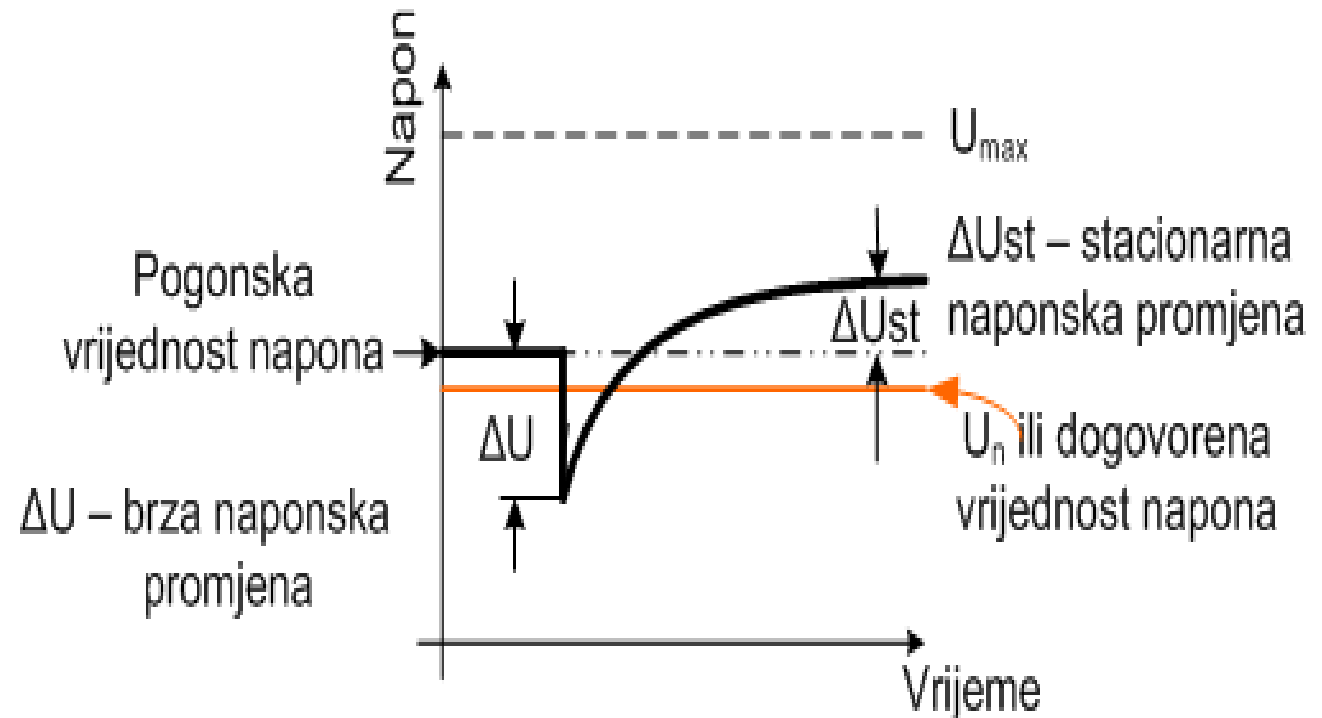
– Dopušteni propad napona se vremenski ograničava, u ovom primjeru na dvije pune oscilacije, a potom nastalo odstupanje napona od vrijednosti prije propada, ne smije prekoračiti uobičajeno dopuštenu vrijednost.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Veza između brzih i polaganih naponskih promjena

- Slika prikazuje primjer međusobne povezanosti brzih naponskih promjena (ΔU) uzrokovanih sklopnim radnjama s asinkronim generatorom i stacionarnih promjena (ΔU_{st}) pod utjecajem distribuiranog izvora.
- U pravilu se obje naponske promjene odnose na nazivni napon (U_n) ili dogovorenu vrijednost napona na priključnom mjestu.



Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Mogućnosti ograničenja promjene napona kod sklopnih radnji

- Kod uključanja i isključenja elektrane s mreže događaju se promjene napona ovisne o snazi elektrane (generatora),
 - Dopuštena promjena napona može se osigurati ograničenjem snage elektrane

$$S_{nemax} \leq S_{ks} / (50 * k)$$

S_{nemax} – najveća dopuštena snaga elektrane (MVA) ili zbroj snaga generatora koji se istodobno uključuju u mrežu ili isključuju s mreže,

S_{ks} – stvarna snaga trofaznog kratkog spoja na sučelju elektrane s mrežom (MVA)

$k = I_{uk} / I_{ng}$ – omjer između najveće vrijednosti struje uključanja (I_{uk}) i struje generatora (I_{ng}), a koji ovisi o vrsti generatora ($k_S=1$, $k_{AS}=2$, $k_{Izmj}=1$, ...),

- **Kod elektrane s više generatora** može se pak dopustiti bilo koji redoslijed uključanja pojedinih generatora na mrežu uz uvjet:

$$S_{ne} = \sum S_{ng} \leq S_{ks} / 500$$

S_{ne} – nazivna snaga elektrane (MVA)

$\sum S_{ng}$ – ukupna nazivna snaga svih generatora u elektrani (MVA)

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Treperenje napona

- **Pravila o kvaliteti napona (PKN)**

- U normalnom pogonu niskonaponske mreže, u bilo kojem vremenskom razdoblju od tjedan dana indeks jačine flikera dugog trajanja uzrokovan njihanjem napona napajanja treba biti $P_{it} < 1$ tijekom 95% vremena (članak 8).

- U normalnom pogonu srednjonaponske mreže, u bilo kojem vremenskom razdoblju od tjedan dana indeks jačine flikera dugog trajanja uzrokovan njihanjem napona napajanja treba biti $P_{it} < 1$ tijekom 95% vremena (članak 8).

- **Mrežna pravila (MPE)**

- Instalacije i postrojenja korisnika mreže moraju se projektirati i graditi tako da pri pogonu njihovo povratno djelovanje na mrežu (flikeri, nesimetrija, viši harmonici i drugo) ne prelazi propisane razine.

- Vrijednosti **indeksa jačine flikera** uzrokovanih priključenjem proizvođača i/ili kupca na mjestu preuzimanja i/ili predaje mogu iznositi najviše 0,7 za kratkotrajne flikere, a 0,5 za dugotrajne flikere,

- Za VE su definirani dodatni tehnički uvjeti za emisiju flikera ($P_{st} \leq 0,35$ i $P_{it} \leq 0,25$) kao i relativne promjene napona (do 4%).

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.



DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Treperenje napona

- Njihanje vrijednosti napona ili treperenje napona, engleski se opisuje s riječi “flicker”, a razlikuju se treperenja dugog i kratkog trajanja.
- Postoje uređaji, strojevi, sklopovi energetske elektronike koji su **izazivači treperenja napona** i koji vrše emisiju treperenja napona (flikera), a njena se razina izražava s jakosti treperenja napona.
- Jakost treperenja napona se pak izražava faktorom kratkotrajne jakosti flikera (P_{st}) i faktorom dugotrajne jakosti flikera (P_{lt}).
- Stvarni intenzitet treperenja napona, koji čovjek promatra pod dojmom treperenja svjetlosti, razmjernan je faktoru smetnji elektrane A_{lt} i pritom linearno ovisan o frekvenciji njihanja napona i kubično ovisan o amplitudi njihanja napona. Amplituda opet ovisi o:
 - odnosu prividne snage generatora naspram snage kratkog spoja,
 - pogonski specifičnim svojstvima proizvodne jedinice, izraženo koeficijentom treperenja napona “c”.
- Pojednostavljena procjena emisije treperenja napona u slučaju kada **u mreži postoji samo jedna elektrana kao izazivač emisije** iskazuje se s:

$$P_{lt} \leq c * S_{ne}/S_{ks};$$

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Treperenje napona

- Koeficijent treperenja napona “c” sada je poznat samo kod vjetroelektrana i može se naći u dokumentima kao što su Wind code ili u Mrežnim pravilima (Grid code). On ovisi o kutu mrežne impedancije ψ_k i godišnje prosječne brzine vjetra v_a
- Kod elektrane s više generatora (i) ili više elektrana, kao izazivača treperenja napona, s jednim sučeljem s mrežom, potrebno je odvojeno izračunati P_{lti} za svaki generator i iz tako dobivenih vrijednosti odrediti faktor dugotrajne jakosti treperenja napona na mjestu sučelja izračunava se prema slijedećem izrazu:

$$P_{lt} = \sqrt{\sum_{i=1}^n P_{lti}^2}$$

- Kod jedne elektrane s “n” jednakih generatora, rezultirajući faktor dugotrajne jakosti treperenja napona P_{lt} na mjestu sučelja izračunava se:

$$P_{lt} = (\sqrt{n}) * (P_{lti}) = (\sqrt{n}) * (c) * \frac{S_{nei}}{S_{ks}}$$

- Rezultirajući faktor dugotrajne jakosti treperenja napona P_{lt} mora biti:

$$P_{lt} \leq P_{lt} \text{ dopušteni}$$

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Treperenje napona

- U slučaju da u mreži imamo više izazivača emisije treperenja napona na različitim sučeljima s mrežom mora se utvrditi uobičajeni oblik vođenja pogona mreže što se uobičajeno svodi na dva slučaja:

□ *jednostrano napajani vod s "n" elektrana*

$P_{lt\ j-k}$ odražava ono treperenje napona (fliker) koje elektrana E_j , što napaja mrežu na mjestu sučelja "j", uzrokuje na mjestu sučelja "k" pri čemu je u odnosu na sučelje "j", sučelje $k=1,2, \dots, n$.

U ovakvom se slučaju rezultirajući faktor dugotrajne jakosti treperenja napona procjenjuje kao:

- za svaku elektranu "j" određuje se $P_{lt\ j-j}$ na njenom sučelju $k=j$ prema prethodno opisanim slučajevima.
- za svaku elektranu "j" određuje se doprinos $P_{lt\ j-k}$ na preostalim sučeljima $k \neq j$

Za $S_{ks\ j} < S_{ks\ k}$ vrijedi: $P_{lt\ j-k} = P_{lt\ j-j} * (S_{ks\ j} / S_{ks\ k})$

za $S_{ks\ j} \geq S_{ks\ k}$ vrijedi: $P_{lt\ j-k} = P_{lt\ j-j}$

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Treperenje napona

- Rezultirajući faktor dugotrajne jakosti treperenja napona na sučelju “k” iznosi:

$$P_{ltk} = \sqrt{\sum_{j=1}^n P_{ltjk}^2}$$

- **Kod složenih oblika mreže**, kao što su zamkaste mreže, rezultirajući faktor dugotrajne jakosti treperenja napona odrediti simulacijskim proračunom.

c - koeficijent treperenja napona,

S_{ne} – nazivna snaga proizvodne jedinice (VA)

S_{ks} – snaga kratkog spoja u točki sučelja elektrana – mreža (VA)

P_{lt} – faktor dugotrajne jakosti treperenja napona na mjestu sučelja

P_{lti} – faktor dugotrajne jakosti treperenja napona za generator “i” u elektrani s više G

“i” – proizvodna jedinica (generator)

“n” – broj proizvodnih jedinica (generatora) u jednoj elektrani s istim značajkama

S_{ksj} – snaga kratkog spoja u točki sučelja elektrana – mreža “j” (VA)

S_{ksk} – snaga kratkog spoja u točki sučelja elektrana – mreža “k” (VA)

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Harmonici višeg reda i međuharmonici

• Pravila o kvaliteti napona (PKN)

– U normalnom pogonu **NN i SN mreže**, u bilo kojem vremenskom razdoblju od tjedan dana, 95% 10-minutnih prosjeka efektivnih vrijednosti svakog pojedinog naponskog harmonika treba biti manje ili jednako vrijednosti iz tabele, a ukupni **faktor harmonijskog izobličenja napona napajanja treba biti manji ili jednak 8%**.

Neparni harmonici				Parni harmonici	
Nisu višekratnici od 3		Višekratnici od 3			
Red h	Relativni iznos	Red h	Relativni iznos	Red h	Relativni iznos
5	6%	3	5%	2	2%
7	5%	9	1.5%	4	1%
11	3.5%	15	0.5%	6 ... 24	0.5%
13	3%	21	0.5%		
17	2%				
19	1.5%				
23	1.5%				
25	1.5%				

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE
Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Harmonici višeg reda i međuharmonici

- **Mrežna pravila(PKN)**

– Vrijednost faktora ukupnog harmonijskog izobličenja (THD) napona uzrokovanog priključenjem proizvođača i/ili kupca na mjestu preuzimanja i/ili predaje može iznositi najviše:

- na razini napona 0,4 kV: 2,5%,
- na razini napona 10 i 20 kV: 2,0%,
- na razini napona 30 i 35 kV: 1,5%.

Navedene vrijednosti odnose se na 95% 10-minutnih prosjeka efektivnih vrijednosti napona za razdoblje od tjedan dana.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Harmonici višeg reda i međuharmonici

- Procjena utjecaja naponskih i strujnih harmonika potrebna je posebno kada elektrana kao proizvodnu jedinicu (generator) ima izmjenjivač ili ispravljač.
- Postoje opća pravila u pristupu ocjene utjecaja na mrežu djelovanjem harmonika struje i napona višeg reda. Pristup za NN i SN mrežu je gotovo isti.
- Kod samo jednog mjesta priključenja na NN i SN mrežu, ukupno dopušteni visoki harmonijski titraji struje na sučelju elektrane s mrežom dobiju se množenjem dopuštene vrijednosti struja pripadajućeg harmonijskog reda $i_{v\ zul}$ (uobičajeno pregledno dan u tabeli), i snagom kratkog spoja na mjestu priključenja

$$I_{hdop} = i_{hdop} * S_{ks}$$

$$I_{hprdop} = I_{hdop} * \frac{S_{pr}}{S_{uk}} = i_{hdop} * S_{ks} \frac{S_{pr}}{S_{uk}}$$

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Harmonici višeg reda i međuharmonici

- Kada je na jednom mjestu u mreži priključeno više elektrana, dopušteni visoki harmonijski titraji struje, primjerice elektrane “i”, izračunava se množenjem dopuštene vrijednosti struja pripadajućeg harmonijskog reda I_{hdop} s omjerom između prividne priključne snage te elektrane S_{pri} i ukupne priključne ili planirane priključne snage S_{uk} na promatranom sučelju elektrana –mreža:

$$I_{hidop} = I_{hdop} * \frac{S_{pri}}{S_{uk}} = i_{hdop} * S_{ks} * \frac{S_{pri}}{S_{uk}}$$

- Kod elektrane, s istovrsnim proizvodnim jedinicama, može se uzeti kako je $S_{pri} = \sum S_{ng}$. To vrijedi, također, na mjestu priključenja vjetroelektrana. Kod proizvodnih jedinica različite vrste, ovaj izraz može predstavljati samo gornju razinu procjene.
- Za neparne visoke harmonijske djeljive brojem tri, a koji se ne nalaze u pravilima ODS-a, mogu se kao polazište uzeti vrijednosti najbližih slijedećih većih brojeva (primjerice za $h=9$ uzeti vrijednosti od $h=11$), sve dok mrežom ne protječe nulti sustav struje (obično u postojećim mrežama upotrijebljeni transformatori SN/NN ne prenose nulti sustav struja).

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.



DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Harmonici višeg reda i međuharmonici

- Kod više mjesta priključenja na električnu mrežu srednjeg napona, pri ocjenjivanju odnosa ili stanja na jednom priključnom mjestu moraju se, također, uzeti u razmatranje i sva druga priključna mjesta. Utvrđeni odnosi u SN mreži mogu se smatrati dopuštenima, ako na svakom mjestu sučelja doprinos visokih harmonijskih sastavnica struje ne prekoračuje slijedeću vrijednost:

$$I_{hdop} = i_{hdop} * S_{ks} * \frac{S_{uk}}{S_{mreže}}$$

- Za harmonijske sastavnice struje iznad 13 - tog reda, kao i za među harmonijske (indeks "m") vrijedi slijedeći izraz za dopuštenu vrijednost:

$$I_{hmdop} = i_{hmdop} * S_{ks} * \sqrt{\frac{S_{uk}}{S_{mreže}}}$$

S_{uk} - zbroj prividnih snaga generatora svih proizvodnih postrojenja na ovom sučelju,

$S_{mreže}$ - prividna snaga napojnog transformatora u mreži Operatora mreže.

S_{ks} - snaga trolnog kratkog spoja na mjestu priključenja.

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.



DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Harmonici višeg reda i međuharmonici

- Kada se proračun vrijednost visokih harmonijskih titraja struje izvodi u okviru izdavanja PEES, dakle u postupku utvrđivanja uvjeta za priključenje, a potomji pokaže kako su prekoračene dopuštene vrijednosti, tada je potrebno primijeniti potrebne pomoćne mjere.
- Narečeno također podrazumijeva provesti točan **izračun utjecaja visokih harmonijskih titraja struje na vrijednost visokih harmonijskih titraja napona** kako bi se utvrdilo prekoračuju li se dopuštene vrijednosti.
- Posebno treba razmotriti pojavu možebiti posebnih električnih prilika pod utjecajem dobivenih vrijednosti harmonijskih titraja, kao što je primjerice pojave rezonancije.
- Struje visokih harmonijskih titraja, koje kod izobličenog napona mreže teku iz mreže u proizvodno postrojenje (primjerice strujni krugovi s filtrom), ne pridružuju se visokim harmonijskim titrajima elektrane. Isto vrijedi, kada elektrana radi kao aktivan filter visokih frekvencija i svojim načinom rada neprekidno potiskuje vrijednost visokih harmonijskih titraja napona koji postoje u naponu mreže.
- Radom aktivnog filtra, ne smije nedopušteno djelovati na mrežne sustave za mrežno tonfrekventno upravljanje potrošnjom (poznata kratica: MTU).

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Utjecaj na tonfrekventno upravljanje

- Načelno, proizvodna postrojenja mogu nedopušteno utjecati na postrojenje MTU-a dodatnim opterećenjem postrojenja ili nedopustivo jakim slabljenjem razine upravljanja u mreži ODS-a.
- Proizvodna postrojenja, koja napajaju mrežu snagom preko statičkog izmjenjivača, bez strujnog kruga filtra, u pravilu, ne uzrokuju nikakav primjetno slabljenje razine MTU-a.
- Kada proizvodno postrojenje raspolaže strujnim krugovima filtara ili kompenzacijskih kondenzatora, potrebno je ispitati serijsku rezonanciju reaktancijom kratkog spoja kupčevog transformatorskog postrojenja.
- Osim ograničenja uz pad razine MTU-a, proizvodno postrojenje ne smije proizvesti napone s nedopustivim smetnjama ili interferencijama pa se **primjerice** propisuje (L6):
 - napon sa smetnjama ili interferencijama, čija frekvencija odgovara korištenoj frekvenciji MTU-a, ili je njoj blizu, ne smije prekoračiti vrijednost od $0,1\% U_{\text{ugovoreno}}$
 - napon sa smetnjama ili interferencijama čija frekvencija leži na sporednim frekvencijama od ± 100 Hz u odnosu na korištenu frekvencije MTU-a ili je njoj blizu, ne smije na mjestu preuzimanja iznositi više od $0,3\% U_{\text{ugovoreno}}$

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.



DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Pogon proizvodnih postrojenja

Paralelni pogon s mrežom

**Otočni pogon s
dijelom mreže**

Seminar

**IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE**

Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Pogon proizvodnih postrojenja

- **Mrežna pravila** (točka 5.3.5.2.)
 - Elektrana mora biti opremljena za paralelni pogon s distribucijskom mrežom u uvjetima svih redovnih i izvanrednih pogonskih okolnosti bez nedopuštenog povratnog djelovanja na distribucijsku mrežu i ostale korisnike mreže.
 - Uvjete paralelnog pogona osiguravaju međusobno usklađene zaštite elektrane i distribucijske mreže.
 - U slučaju odstupanja od propisanih uvjeta za paralelni pogon, zaštita mora odvojiti elektranu iz paralelnog pogona. Proradne vrijednosti zaštite moraju biti podešene tako da poslije odvajanja distribucijska mreža i elektrana ostanu u stabilnom pogonu (ako je elektrana predviđena za otočni pogon).
 - Na sučelju elektrane i distribucijske mreže ugrađuje se prekidač za odvajanje, koji omogućuje odvajanje postrojenja elektrane iz paralelnog pogona s distribucijskom mrežom. Upravljanje prekidačem za odvajanje u isključivoj je nadležnosti operatora distribucijskog sustava, te pristup prekidaču i pripadnoj opremi i uređajima mora biti omogućen pogonskom osoblju operatora distribucijskog sustava.
- **Tehnički uvjeti za priključenje malih elektrana (TUP)** – sukladni s MPE

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Pogon proizvodnih postrojenja i korištenje mreže

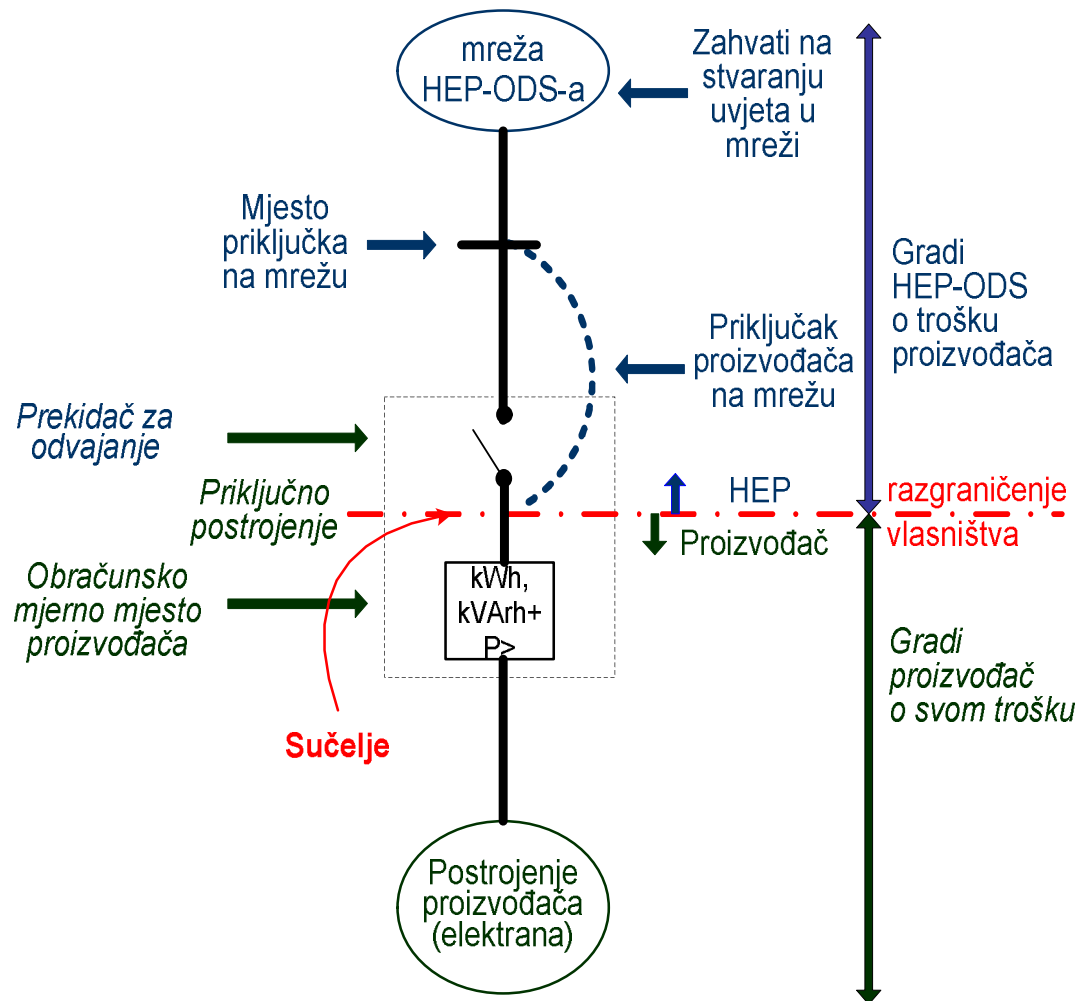
- Svaka mogućnost proizvodnje električne energije u izgrađenim distribuiranim izvorima koja ima porijeklo iz izvora obnovljive energije „dar je prirode“.
- Paralelni pogon distribuiranih izvora s obnovljivom primarnom energijom s mrežom, pruža mogućnost korisne uporabe ukupno proizvedene električne energije, ili viška kada se radi o elektranama s pridruženom potrošnjom.
- Paralelni pogon distribuiranih izvora s mrežom, kao način korištenja mreže, je nezaobilazan i opravdan cilj.
- Pred obnovljive izvore energije postavljen je visoki cilj iskorištenja raspoložive primarne energije, posebno izvore sa suncem i vjetrom kao primarnom energijom, postavlja se i cilj primjerenog rada u otočnom pogonu s dijelom mreže

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Pogon proizvodnih postrojenja i korištenje mreže

- Radi dosljednosti u izražavanju i poimanju rečenog, valja usvojiti temeljnu strukturu jedinica mreže i elektrane koje su međusobno povezane i paralelno rade.
- Načelna shema u izvedbenom obličju može imati više inačica ali mjesto i uloga temeljnih činitelja se ne mijenja.



Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE
Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Paralelni pogon proizvodnih postrojenja s mrežom

- ODS je nadležan propisati električne uvjete paralelnog pogona koji će vrijediti na mjestu sučelja elektrane s mrežom kao i odziv elektrane na pojave u mreži.
- U slučaju nedopuštenih odstupanja od uvjeta održivog paralelnog pogona mora doći do odvajanja elektrane iz paralelnog pogona.
- ODS utvrđuje uvjete kod kojih mora doći do odvajanja elektrane iz paralelnog pogona s mrežom, a zovemo ih uvjeti za odvajanje.
- Postoje opći uvjeti za odvajanje, neovisni od mjesta u mreži, vrste elektrane ili generatora kao i oni koji se navode za prijeku potrebu.
- Odvajanjem iz paralelnog pogona s mrežom, nastupa novo pogonsko stanje elektrane koje može biti:
 - pogon elektrane za vlastite potrebe (otočni pogon elektrane za vlastite potrebe),
 - pogon u praznom hodu proizvodnih jedinica ili
 - izlazak elektrane iz pogona.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Za provedbu postupka odvajanja elektrane iz paralelnog pogona s mrežom ODS uvjetuje:

postojanje zaštite s funkcijom djelovanja na odvajanju

postojanje dijela priključnog postrojenja kao mjesta za odvajanje

postojanje rasklopne naprave koja u svakom trenutku može izvršiti nalog zaštite za odvajanje

isključivu nadležnosti ODS-a za rad s rasklopnom napravom za odvajanje i pripadnom opremom

omogućen pristup pogonskom osoblju ODS-a u svako vrijeme

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Ponašanje elektrane u paralelnom pogonu s mrežom

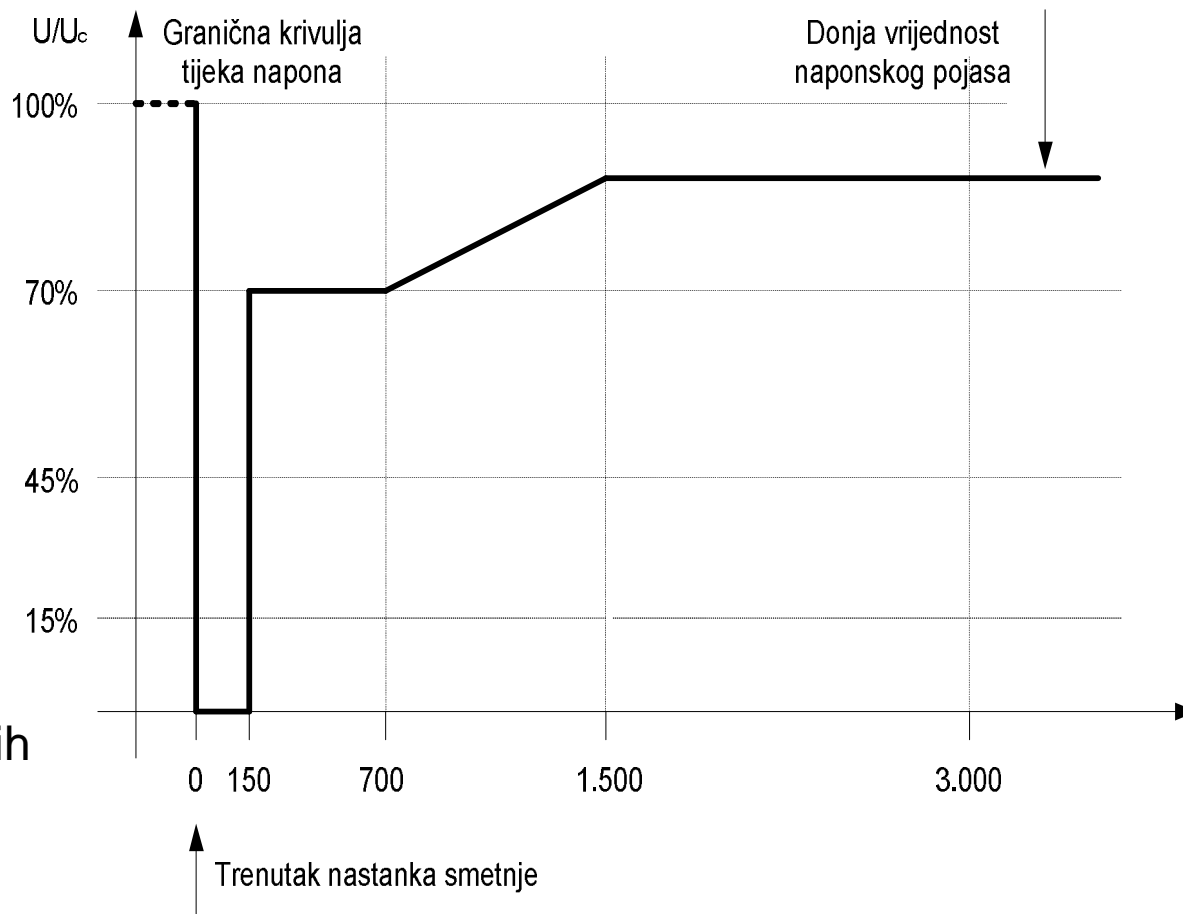
- S obzirom na brzo rastući broj elektrana koja se priključuju na distribucijsku mrežu, uključivanje ovih postrojenja u dinamičku mrežnu potporu postaje sve znakovitije.
- Pred elektranu, kako priključene na SN tako i ponekad priključene na NN mrežu, se postavlja zahtjev da mora biti u stanju „**proći kroz kvarno stanje mreže**“ što praktično znači:
 - kod kvarova u mreži, održati se u paralelnom pogonu, odnosno, ne odvajati se od mreže,
 - tijekom kvara u mreži podupirati mrežni napon napajanjem mreže jalovom strujom.
- Glede ponašanja elektrana pri kvarovima i smetnjama u distribucijskoj mreži uzet ćemo primjere iz SN mreže gdje valja razlikovati dvije vrste elektrana.
 - elektrane skupine E-A: sadrže sinkroni generator i na mrežu su priključene preko generatorskog transformatora,
 - elektrane skupine E-B: mogu imati sve druge vrste generatora.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Ponašanje elektrane u paralelnom pogonu s mrežom

- Kada nastupi stanje u mreži u kojem napon poprimi iznose iznad granične krivulje tijekom napona, elektrana se ne smije odvojiti od mreže.
- „ U_c “ je ugovorena vrijednost napona (**SN mreža!**) na mjestu predaje, vrijeme je u „ms“.
- Narečena potpora mreži ne postavlja se kao nezaobilazni zahtjev kod elektrana priključenih na NN mrežu.



Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE
Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

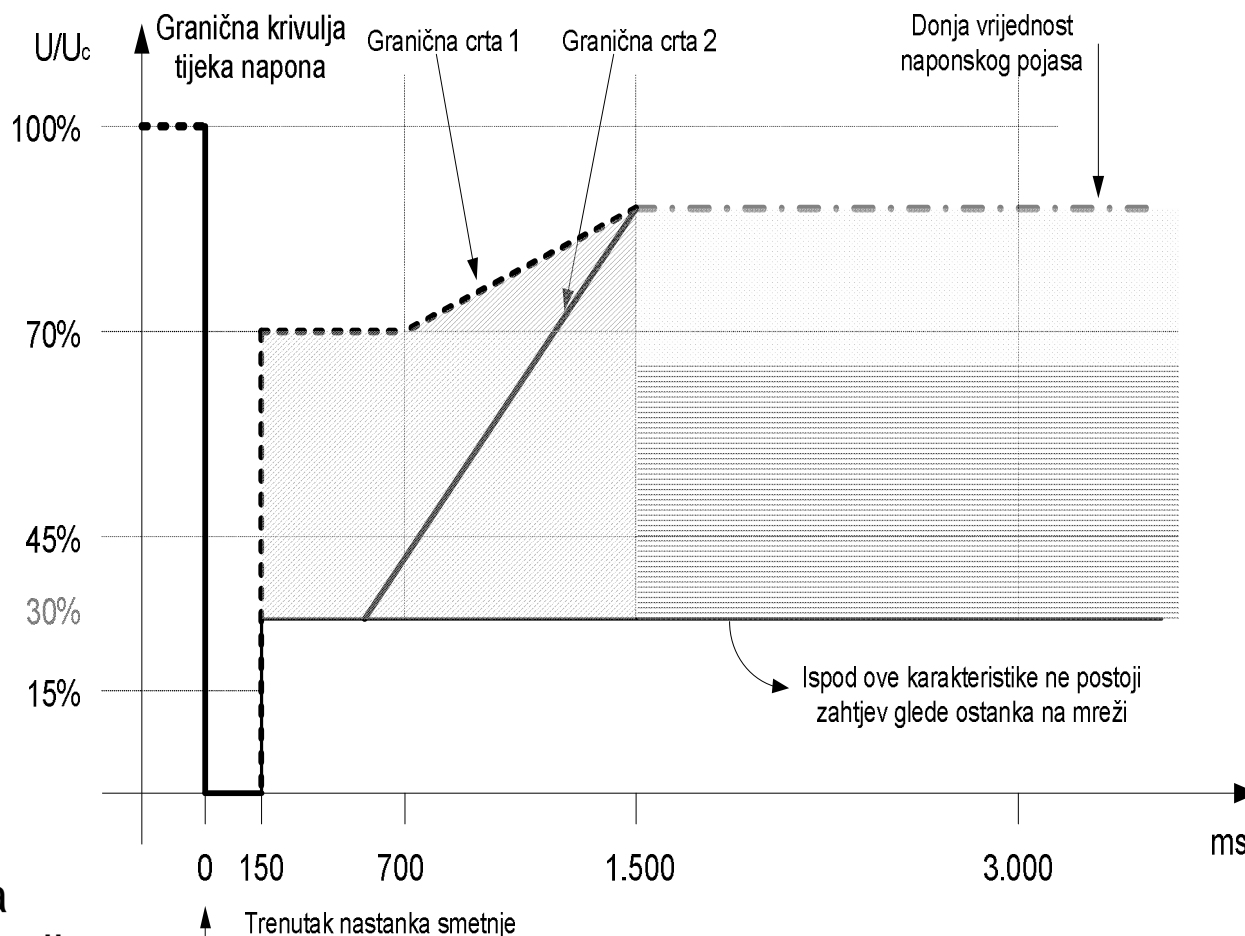
Ponašanje elektrane u paralelnom pogonu s mrežom

Za elektrane E-B, ODS uobičajeno propisuje ove uvjete :

✓ elektrana se ne smije Odvajati od mreže pri propadima napona do 0% U_c ako su u trajanja ≤ 150 ms.

✓ ispod razine od 30%, ne postoji nikakav zahtjev glede ostajanja elektrane na mreži.

✓ dopušta se kratkotrajno odvajanje, ako se elektrana može resinkronizirati najkasnije 2 sekunde nakon početka odvajanja



Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE
Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Ponašanje elektrane u paralelnom pogonu s mrežom

- ODS utvrđuje u kojoj mjeri elektrana mora sudjelovati u dinamičkoj potpori
- Odluka utječe na priključak elektrana i to na slijedeće inačice priključenja:
 - izravno preko polja priključenog na sabirnice rasklopnog postrojenja ili
 - unutar SN mreže
- Postrojenje kupca električne energije koje sadrži i proizvodno postrojenje, koji pri smetnjama u nadređenoj mreži za podmirenje vlastitih energetske potrebe prelaze na otočni pogon, mora do odvajanja od mreže sudjelovati u potpori mreži.
- Uvjete otočnog pogona s opskrbom za vlastite potrebe, a kojeg projektira proizvođač u sklopu svog postrojenja, potrebno je utanačiti ugovorom s ODS-om.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

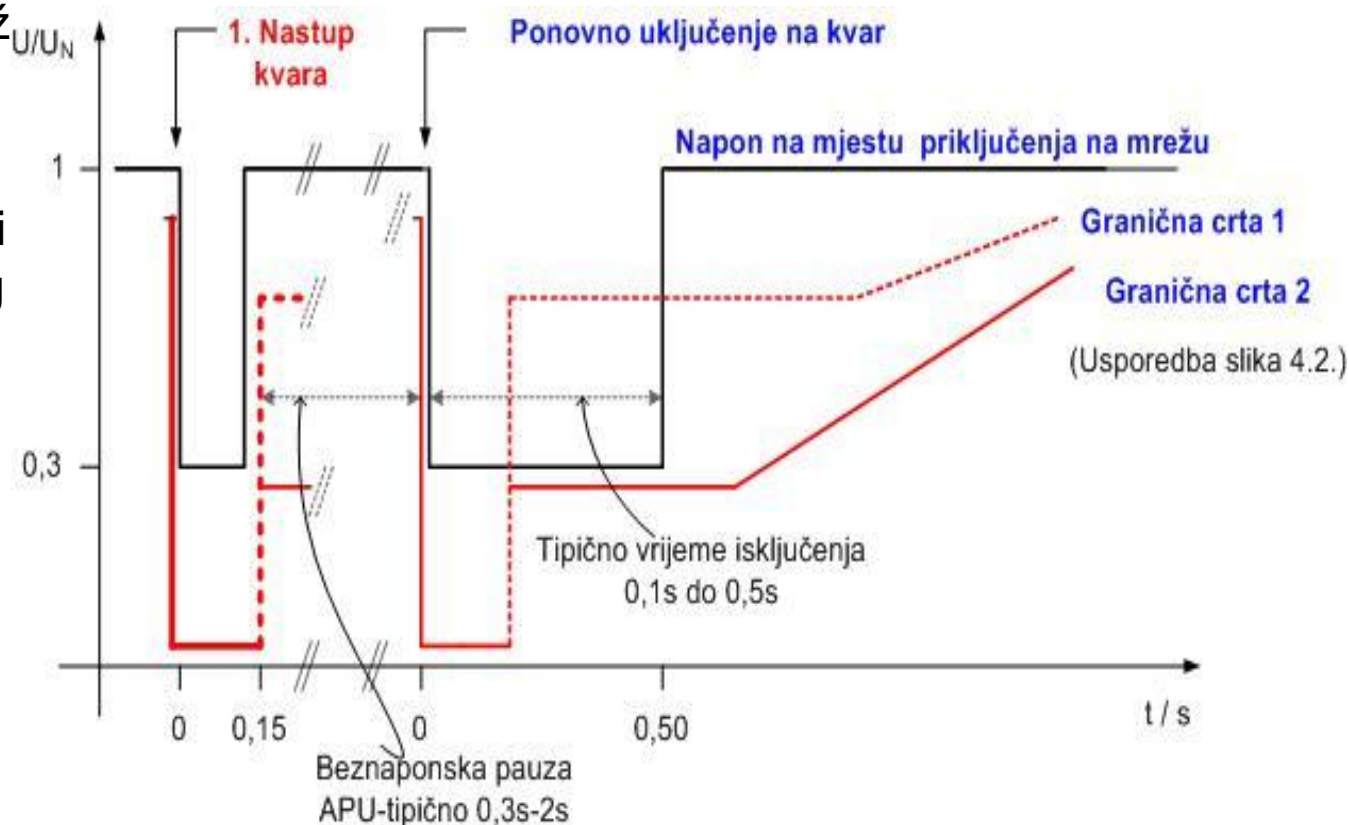
(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Ponašanje elektrane pri automatskom ponovnom uključanju u VN i SN mreži

- Ponašanje elektrana priključenih na SN mrežu kod automatskog ponovnog uključivanja u prienosnoj mreži i distribucijskoj mreži, predmet je posebnih zahtjeva ODS-a.

- Promatramo scenarij s neuspješnim APU pri kvarovima u VN mreži (110 kV) nad kojom ODS nema nadlež

- prvi pad napona traje samo 0,15 s, dok se drugi može biti vremenski odgađa do isteka drugog stupnja djelovanja zaštite od 0,5 sekunde.



Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE
Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

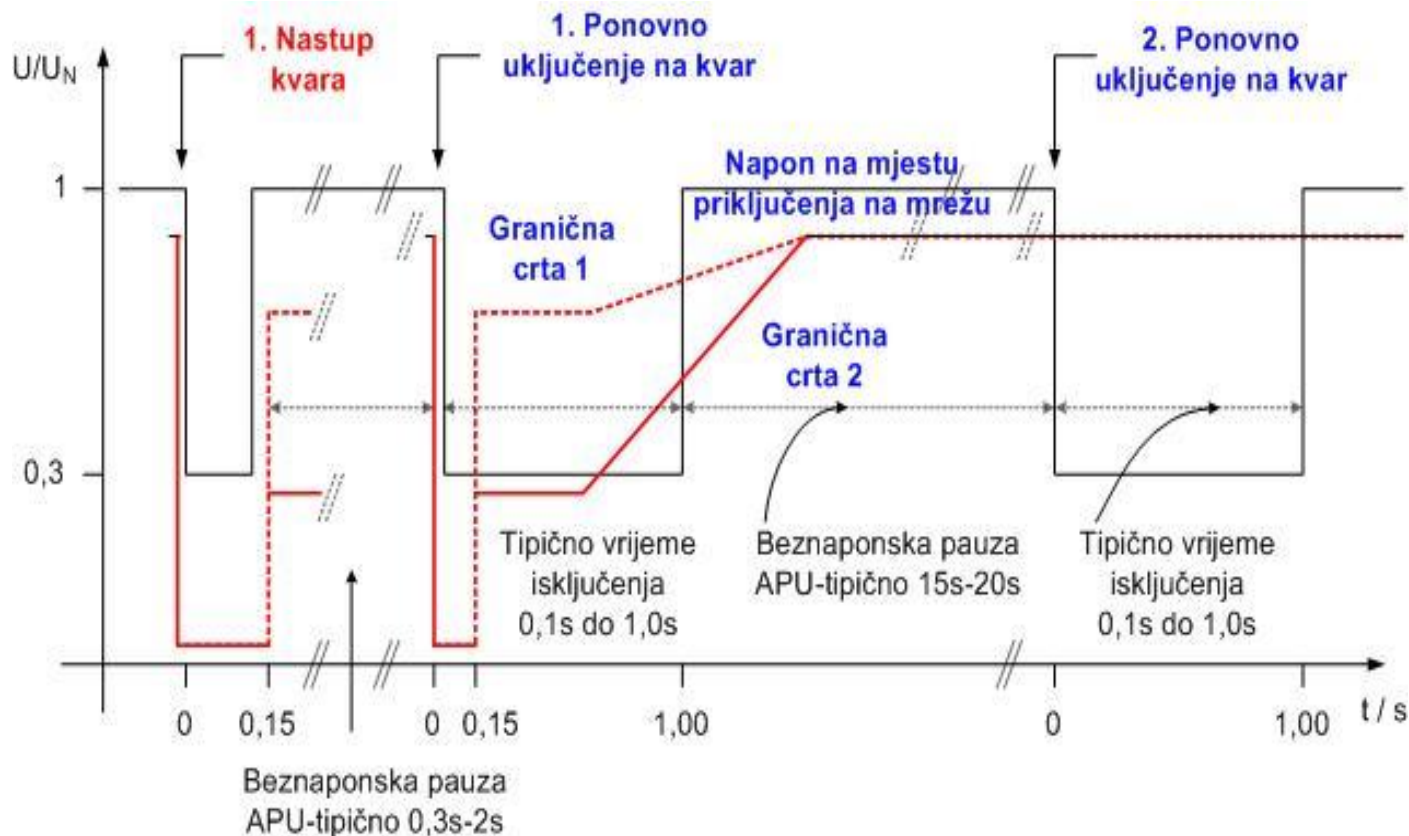
(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Ponašanje elektrane pri automatskom ponovnom uključanju u VN i SN mreži

- Kod kvarova u SN mreži, u kojoj ima priključenih elektrana, a na SN vodovima se primjenjuje APU, elektrane se mogu odvojiti od mreže, jer odvajanje u ovom slučaju nema nikakvog učinka niti posljedica na stabilnost EES.

- Nakon brzog APU (0,3 s) ako postoji kvar slijedi spori APU (15 do 20 s).

- Pri sporom APU mogu se elektrane u SN mreži odvojiti od mreže, a potom odmah resinkronizirati.



Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE
Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Neprimjereni uvjeti paralelnog pogona elektrane s distribucijskom mrežom

- Pod neprimjerenim uvjetima paralelnog pogona elektrane s mrežom, podrazumijevaju se stanja paralelnog pogona kod kojih dolazi do:
 - odstupanja tokova snage od ugovorenih/dopuštenih vrijednosti,
 - odstupanja napona i frekvencije na mjestu priključenja većih od dopuštenih pri paralelnom pogonu.
- Stanovišta o kriterijima za odvajanje moraju biti utvrđena kao opća ali i kao posebna kada je to potrebno za određenu vrstu elektrane i njen položaj u mreži.
- **Mrežnim pravilima** za elektroenergetski sustav propisana su:
 - dopuštena odstupanja napona i frekvencije u svim stanjima pogona,
 - kratkotrajni propadi napona za vrijeme kojih elektrana mora ostati u pogonu (elektrane koje ugovorom s ODS-om imaju propisanu obvezu „prolaska kroz stanje kvara“),
 - kratkotrajni propadi napona za vrijeme kojih elektrana mora izaći iz pogona (elektrane čiji ugovor ne propisuje „prolaz kroz stanje kvara“).
- Tehničke uvjete pogona elektrane priključene na distribucijsku mrežu propisuje prethodna elektroenergetska suglasnost i Ugovor o korištenju mreže.

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.



DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Otočni pogon elektrane s dijelom mreže

• Mrežna pravila

- Operator distribucijske mreže može proizvođaču dopustiti otočni pogon elektrane ukoliko je udovoljeno uvjetima za takav način rada. U tom slučaju, operator distribucijskog sustava i proizvođač zaključuju ugovor o vođenju pogona (5.3.5.2.(7)).
- Nije dopušten otočni pogon vjetroelektrane s dijelom distribucijske mreže na koju je priključena (5.3.6.3. (6))
- Otočni pogon elektrane u distribucijskom sustavu jest pogonsko stanje u kojem elektrana može sigurno podnijeti opterećenje radeći u izdvojenom dijelu tog sustava, a koji je u sinkronom pogonu s tim dijelom mreže.
- Otočni pogon elektrane s obnovljivim izvorom energije, a s dijelom distribucijske mreže, kada za to postoje svi tehnički uvjeti, doprinosi iskorištenju raspoloživih izvora obnovljive energije.

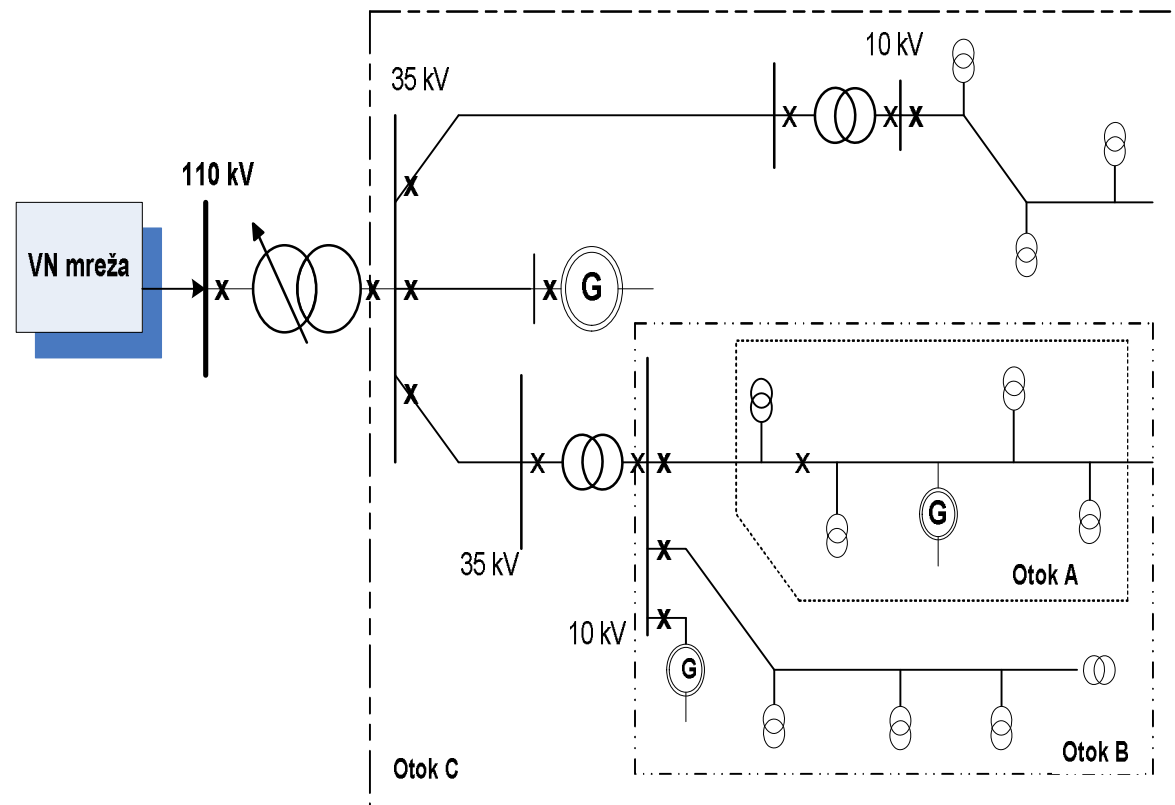
DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Otočni pogon elektrane s dijelom mreže

- Postoje događaji u distribucijskoj mreži koji mogu na nekom mjestu u mreži odvojiti elektranu iz paralelnog pogona, to mjesto nema ulogu mjesta za odvajanje, a preostali dio mreže nema mrežnog izvora.

- Elektrana ostaje u pogonu s dijelom mreže koji nema mrežnog izvora i ona postaje jedini izvor. Takvo pogonsko stanje elektrane nazivamo otočni pogon elektrane s dijelom mreže.



Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Stanovišta glede otočnog pogona

- Za otočni pogon elektrane, ODS i proizvođač moraju utanačiti sustav zaštite, lokalne automatike, uvjete vođenja pogona elektrane i mreže te druge međusobne obveze.
- Sposobnost otočnog pogona proizvodnih jedinica podrazumijeva, da one, izlaskom iz normalnog pogonskog stanja, bez zahvata, djelovanjem regulacijskih uređaja, automatski vraćaju vrijednosti napona i frekvencije unutar dopuštenih granica i u tim granicama ostaju i kod promjena opterećenja.
- Odstupanje frekvencije i napona od vrijednosti svojstvenih normalnom pogonu, bez odgovarajućih mjera mogu dovesti do neprimjerenih uvjeta rada u otočnom pogonu.
- Otočni pogon treba se moći održati unutar ugovorenog vremena, a poželjno je prepoznati njegov nastanak.
- Nadzor nastanka i odvijanja otočnog pogona jednostavniji je kod elektrana s rotacijskim nego li kod elektrana sa statičkim generatorom.
- Istraživanja pokazuju kako je jednostavnim ili složenim postupcima moguće, praktično u svim uvjetima nastanka, smanjiti opasnost od održanja nepoželjnih uvjeta otočnog pogona, međutim, još je za svako rješenje upitan stupanj sigurnosti.

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.



DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Ugovor o korištenju mreže

- Početak korištenja mreže je trenutak stavljanja pod napon obračunskog mjernog mjesta kod korisnika mreže odnosno elektroenergetskih objekata i instalacija korisnika.
 - Probni pogon radi ispitivanja ili mjerenja jest stvarno korištenje mreže.
 - Ugovor kojim se uređuje korištenje mreže sklapa se na neodređeno vrijeme što je, svakako, činjenica koja kazuje koliko se cjelovito i stručno, pa i dalekovidno, mora urediti korištenje mreže i međusobne odnose ugovornih strana kako bi ugovor bio dugotrajno valjan.
 - Ugovor o korištenju mreže sadrži pretežito odrednice obveznih ugovornih odnosa, a tek u manjem dijelu i izvan obveznih ugovornih odnosa.
 - Ovaj ugovor je uvjet za stjecanje statusa Povlaštenog proizvođača i s njegovim odrednicama mora biti sukladan ugovor o opskrbi povlaštenog kupca što će ga Povlašteni proizvođač sklopiti s izabranim Opskrbljivačem.
 - **Ugovor ima čvrste odrednice i ne pruža mogućnosti dogovaranja povlaštenih uvjeta.**

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE
Zagreb, 1. listopada 2009.



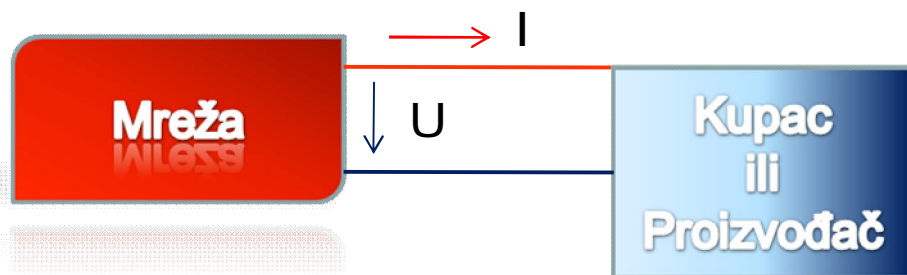
DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Prikazi pogonskog stanja – kroz smjer snage i fazni pomak “ φ ”

Uobičajeno se fazni kut φ uzima s pozitivnim predznakom kada elektrana daje djelatnu, a uzima induktivnu jalovu snagu. Obrnuto, fazni kut φ uzima se s negativnim predznakom kada elektrana daje djelatnu, a uzima kapacitivnu jalovu snagu,

- Mrežna impedancija s pripadnim kutom ψ_{mi} uvijek se uzima kao induktivna,
- Vrlo je važno, za ova razmatranja, kao i kod razmatranja tokova snaga usvojiti pravila za razumijevanje smjera i faznog kuta i to kako za kupce kao one koji samo preuzimaju snagu (P i Q), tako i proizvođače koji mogu davati i primati snagu (P i Q) i to obje istodobno s različitim smjerom (ovisno o vrsti generatora, ...).



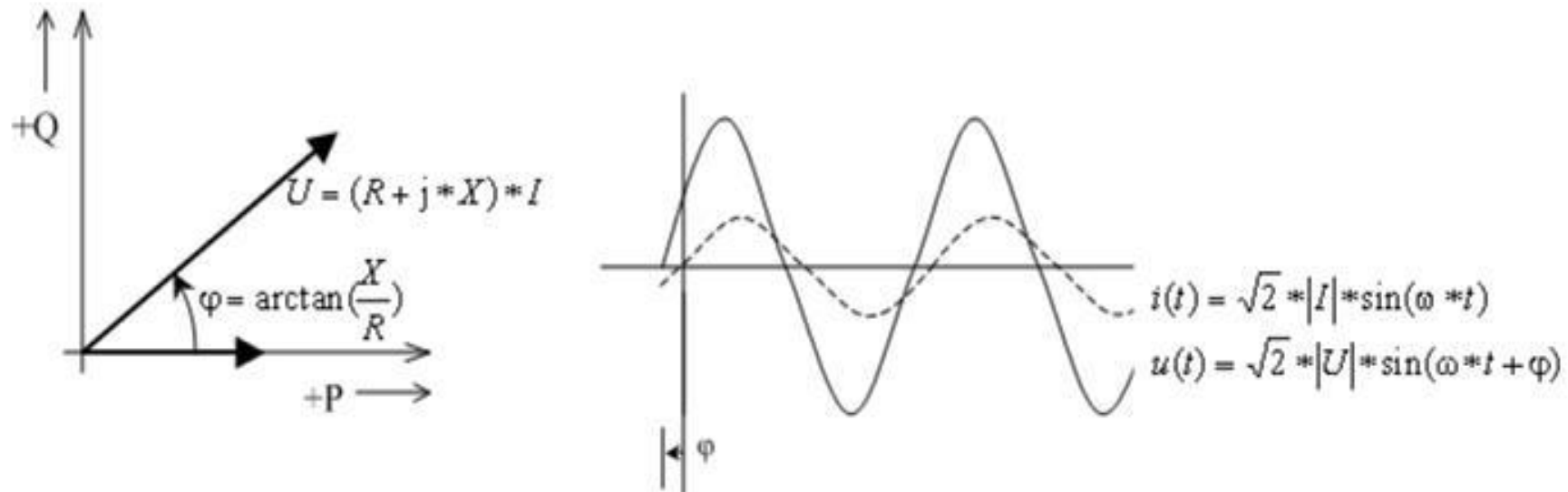
Kada su struja i napon u smjeru nacrtanih strelica tada se uzimaju s pozitivnim predznakom.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Prikazi pogonskog stanja – kroz smjer snage i fazni pomak

- Za prikaz u 4. kvadranta, uobičajeno se prikazuju snage, a usvojeni odnosi moraju odgovarati matematičkom (trigonometrija) prikazivanju kompleksnog broja. Pravilo je da vektor struje leži na realnoj osi (na “3 sata”), dok položaj napona odgovara prividnoj snazi i faznom kutu.
- Kut φ , kao u matematici, ima pozitivni predznak kada je u smjeru suprotnom od kazaljke na satu (kod elektrane: elektrana daje djelatnu, a uzima induktivnu jalovu snagu). Dajemo primjer omsko–induktivnog opterećenja.



Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

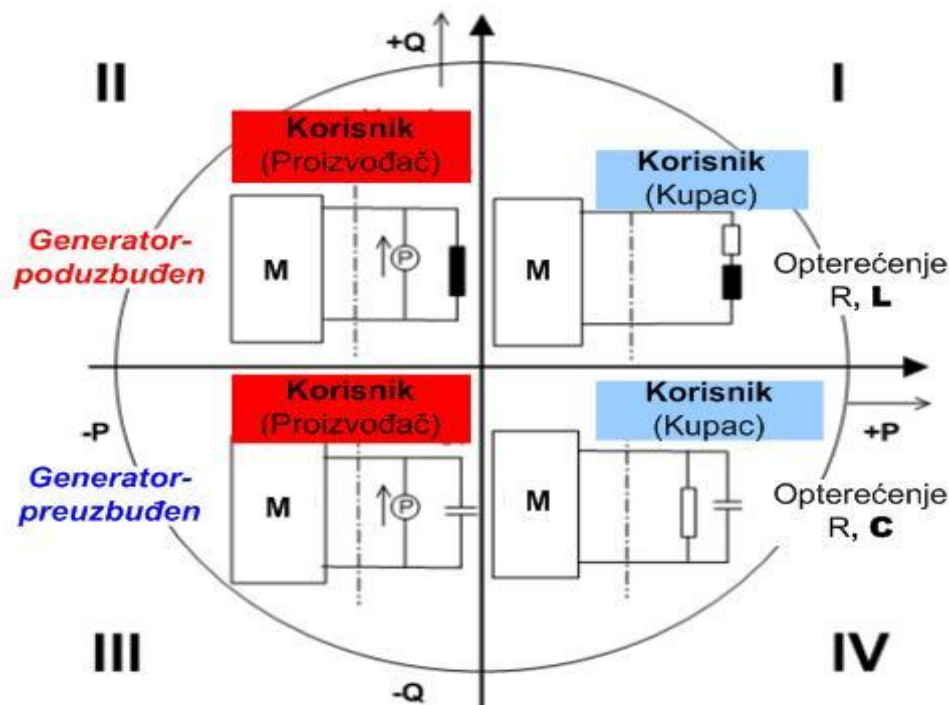
Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Prikazi pogonskog stanja kupaca i proizvođača u 4 kvadranta

– Različita pogonska stanja, predstavljeni su u kvadrantima I do IV. Imenovanje kvadranta je suprotno pravilu kretanja kazaljki na satu i odgovara matematičkoj praksi.



Napomena: ne treba miješati pogonsko stanje poduzbude sinkronog generatora (kvadrant II), s pogonskim stanjem poznatim kao "kapacitivni pogon". To je zato što je kod sinkronih generatora primijenjen sustav strelica za proizvođača.

Seminar

IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE

Zagreb, 1. listopada 2009.

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Upotrijebljena literatura

- (L1) Opći uvjeti za opskrbu električnom energijom,
- (L2) Mrežna pravila za elektroenergetski sustav,
- (L3) Tehnički uvjeti za priključak malih elektrana na elektroenergetski sustav HEP-a,
- (L4) Naputak za primjenu važećih zakona i pravilnika glede uspostavljanja priključka OIEK na distribucijsku mrežu
- (L5) Uvjeti priključenja elektrane na distribucijsku mrežu (EIHP – HEP ODS studija)
- (L6) Technische Richtlinie Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz (BDEW/2008)
- (L7) Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz (VDEW/2001)

DISTRIBUIRANI IZVORI S MOTRIŠTA KORIŠTENJA MREŽE

(Damir Karavidović, dipl.ing.; HEP-ODS d.o.o.)

Hvala na Vašoj pozornosti !



Seminar
IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI
IZAZOV ZA VOĐENJE POGONA, ZAŠTITU, MJERENJA I KOMUNIKACIJE
Zagreb, 1. listopada 2009.

