

TEMELJNE ZNAČAJKE POGONA DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA DANAS I NJEGOVE NEIZBJEŽNE PROMJENE

Damir Karavidović, dipl.inž.

Sadržaj

1. Pojmovi od bitnog značenja
2. Temeljne aktivnosti i zadaće koje određuju pogon DEES
3. Neka obilježja distribucijskog sustava – danas
 - 3.1. Neprekinutost napajanja
 - 3.2. Kakvoća napona
4. Izazovi današnjem stanju mreže i poslovanju ODS-a
5. Usluge EES-u pred izazovima - usluge iz DEES

Zaključna razmatranja

1. Pojmovi od bitnog značenja

Uvijek je korisno, na početku stručnih izlaganja i rasprava, znati što znače ili što mi podrazumijevamo pod značenjem središnjih pojmova, pojmova iz samog naslova.

Pogledajmo što tumače važeća Mrežna pravila

Distribucijski elektroenergetski sustav (DEES)?

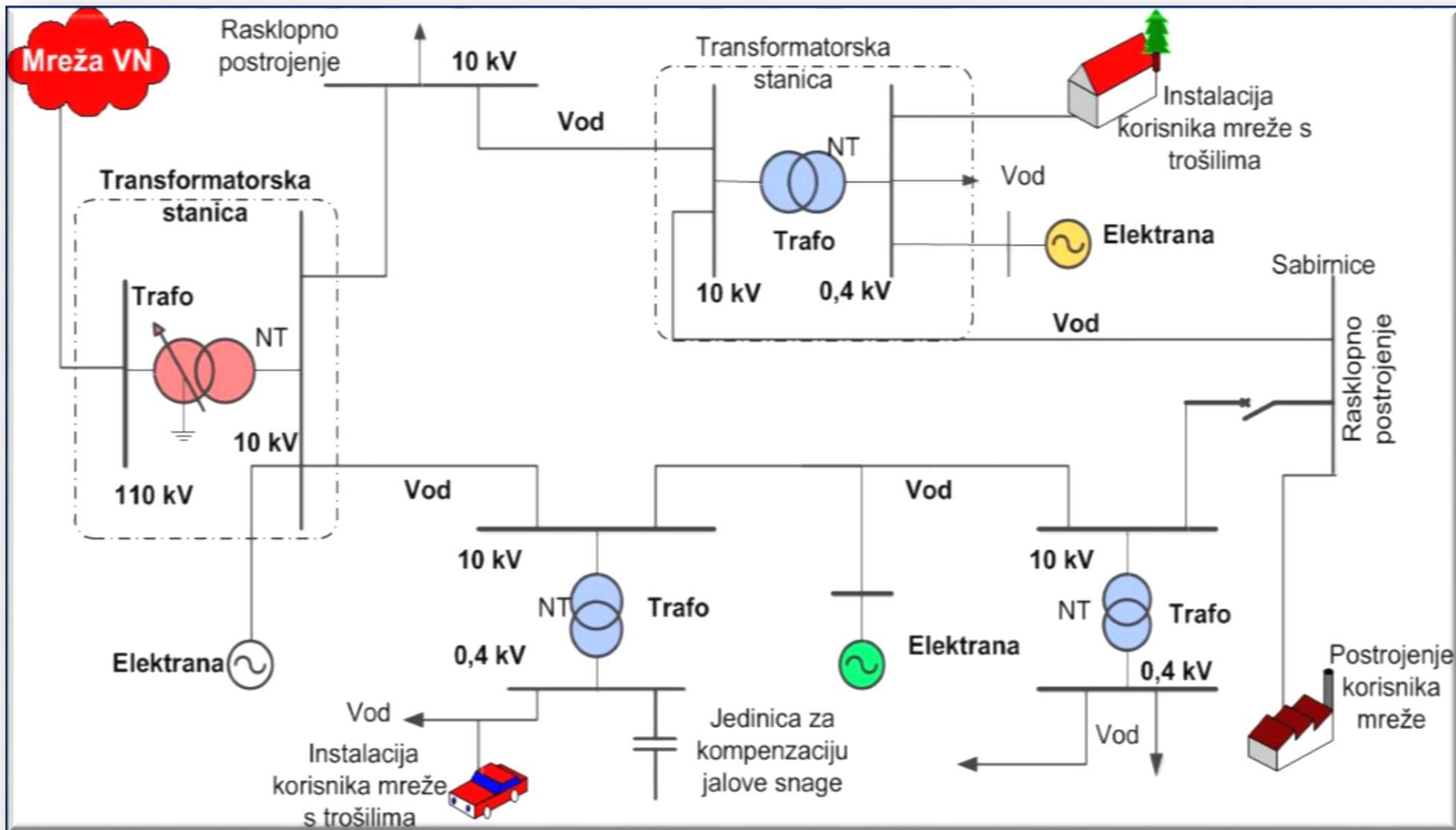
Funkcionalna cjelina koju čini distribucijska mreža, elektrane, elektroenergetska postrojenja i instalacije s trošilima korisnika mreže, telekomunikacijski sustav, informacijski sustav i druga infrastruktura prijeko potrebna za funkcioniranje distribucijskog sustava

Vođenje distribucijske mreže?

Vođenje DEES?

Pogon DEES?

Distribucijski sustav, mreža i jedinice mreže



1. Pojmovi od bitnog značenja

Vođenje distribucijske mreže

Postupak koji objedinjuje funkcije *planiranja, upravljanja i nadzora nad distribucijskom mrežom*. Njime se osiguravaju *usluge* u distribucijskoj mreži i *postiže odgovarajuća kvaliteta opskrbe električnom energijom*.

Poslovne sastavnice vođenje distribucijske mreže su:

➡ Planiranje pogona distribucijske mreže

Postupak određivanja optimalne sigurnosti napajanja i pouzdanosti mreže, ostvarivanja *poslova održavanja* te *priključivanja novih objekata proizvođača i kupaca* na mrežu.

➡ Korištenje distribucijske mreže

➡ Upravljanje distribucijskom mrežom

➡ Pogon distribucijske mreže

➡ Usluge u distribucijskoj mreži

2. Temeljne aktivnosti i zadaće koje određuju pogon DEES



Vođenje pogona DEES

Vođenje pogona distribucijske mreže

Vođenje pogona distribucijske mreže je postupak koji objedinjuje funkcije:

- + planiranja optimalnog pogona,
- + planiranja pogona radi optimiranja gubitaka u distribucijskoj mreži,
- + Izvođenje aktivnosti koje omogućuju prevladavanje i ograničavanje utjecaja poremećaj i kvarova,
- + osiguranje korištenja mreže postojećim korisnicima pod zajamčenim uvjetima,
- + pružanje usluga u distribucijskoj mreže s ciljem postizanja odgovarajuće kvalitete opskrbe električnom energijom.

Vođenje pogona koristi postupke, podatke i vještine:

- + nadzora nad pogonom mreže,
- + izvođenje sklopnih radnji,
- + koordinacija rada službi za upravljanje i održavanje na terenu i
- + odazivanje na pozive korisnika distribucijske mreže.

Gospodarenje DEES

Za postignuće primjerene, a posebno visoke razine raspoloživosti sustava i njegovih dijelova, te prilagodljivosti pogonskim događajima, potrebno je pripremiti DEES za pogon, ponajprije tako da je fizikalno moguć tok snage od mjesta proizvodnje do mjesta krajnjeg korisnika.

Taj postupak čine tri temeljna područja zadaća ODS-a i u svojoj suštini predstavljaju *gospodarenje distribucijskim sustavom* (Asset Management) :

- a) Kratkoročno, srednjoročno i dugoročno planiranje razvoja mreže,**
- b) Izgradnja i dogradnja mreže, zamjene i rekonstrukcije u mreži,**
- c) Održavanje i popravak svih sastavnica mreže** (Asset Service),

Sve ove poslovne aktivnosti su predradnje za ostvarenje ciljanih značajki pogona, neke se odnose na sastavnice sustava prije nego li sastavnica uđe u pogon, a druge tijekom njegovog pogona.

Bez, gospodarenja DEES-om, funkcija vođenja ostaje bez sposobnosti ostvariti svoju misiju, a time i ODS zajedničku misiju njegovog postojanja.

Poslovne zadaće - sastavnice funkcije pogona DEES

Planiranje razvoja i izgradnje mreže

Kratkoročno, srednjoročno, dugoročno

Metodologija i kriteriji za planiranje

Tehnički uvjeti priključenja na mrežu

Izgradnja i dogradnja u mreži, zamjene i rekonstrukcije

- Izgradnja kao potreba većeg kapaciteta
- Izgradnja iz potrebe veće raspoloživosti
 - ZiR kao odraz isteka životnog vijeka
 - ZiR kao odraz zastarjele tehnologije

Pogon DEES

Održavanje sastavnica mreže

Periodici usmjereno održavanje,

Stanju usmjereno održavanje

Održavanje usmjereno raspoloživosti

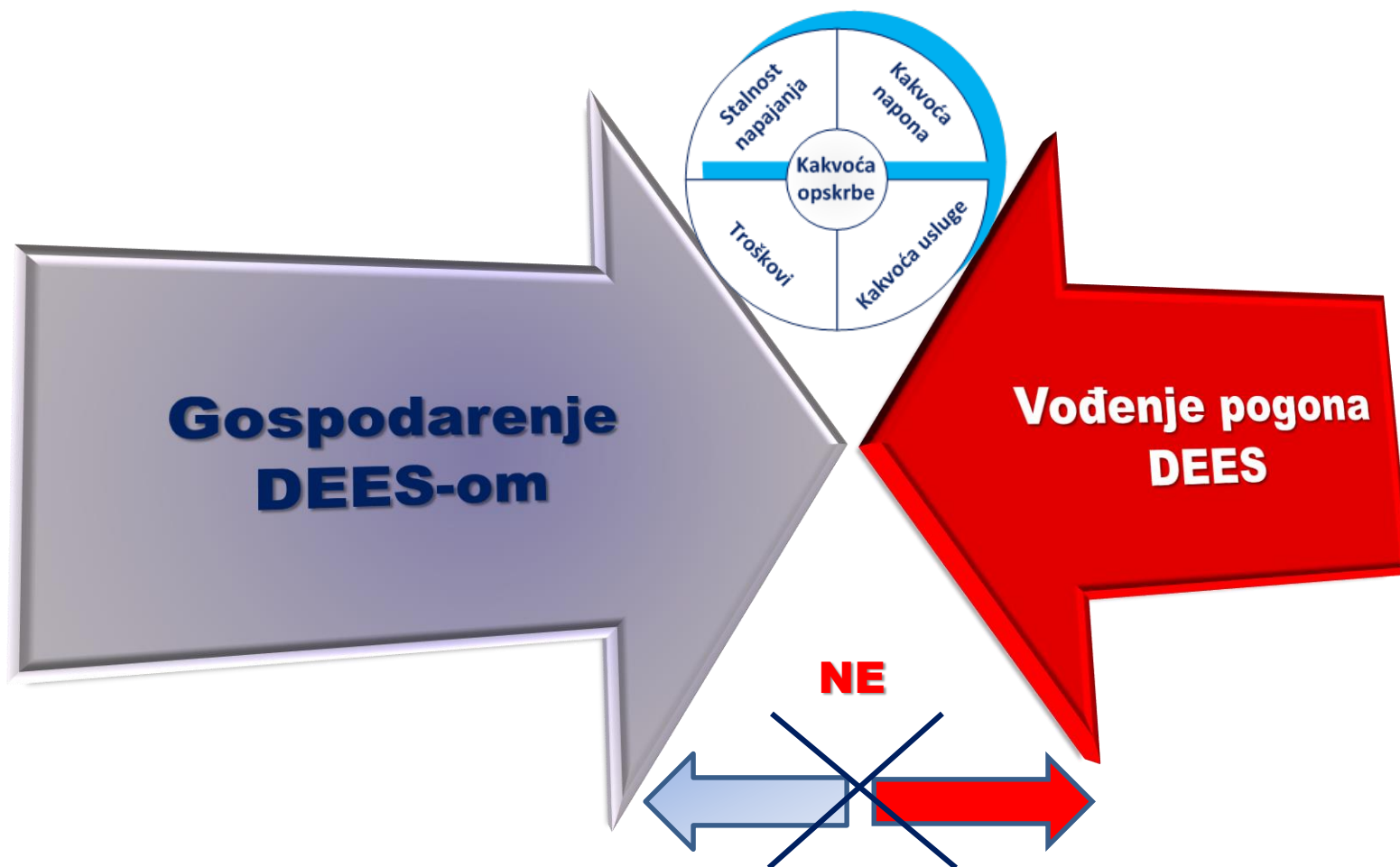
Rizikom usmjereno održavanje

Prioritetom usmjereno održavanje

Vođenje pogona DEES

Ključno stanovište:

Priprema i vođenje DEES moraju biti usmjereni istom cilju



Cilj aktivnosti vezanih za pogon DEES

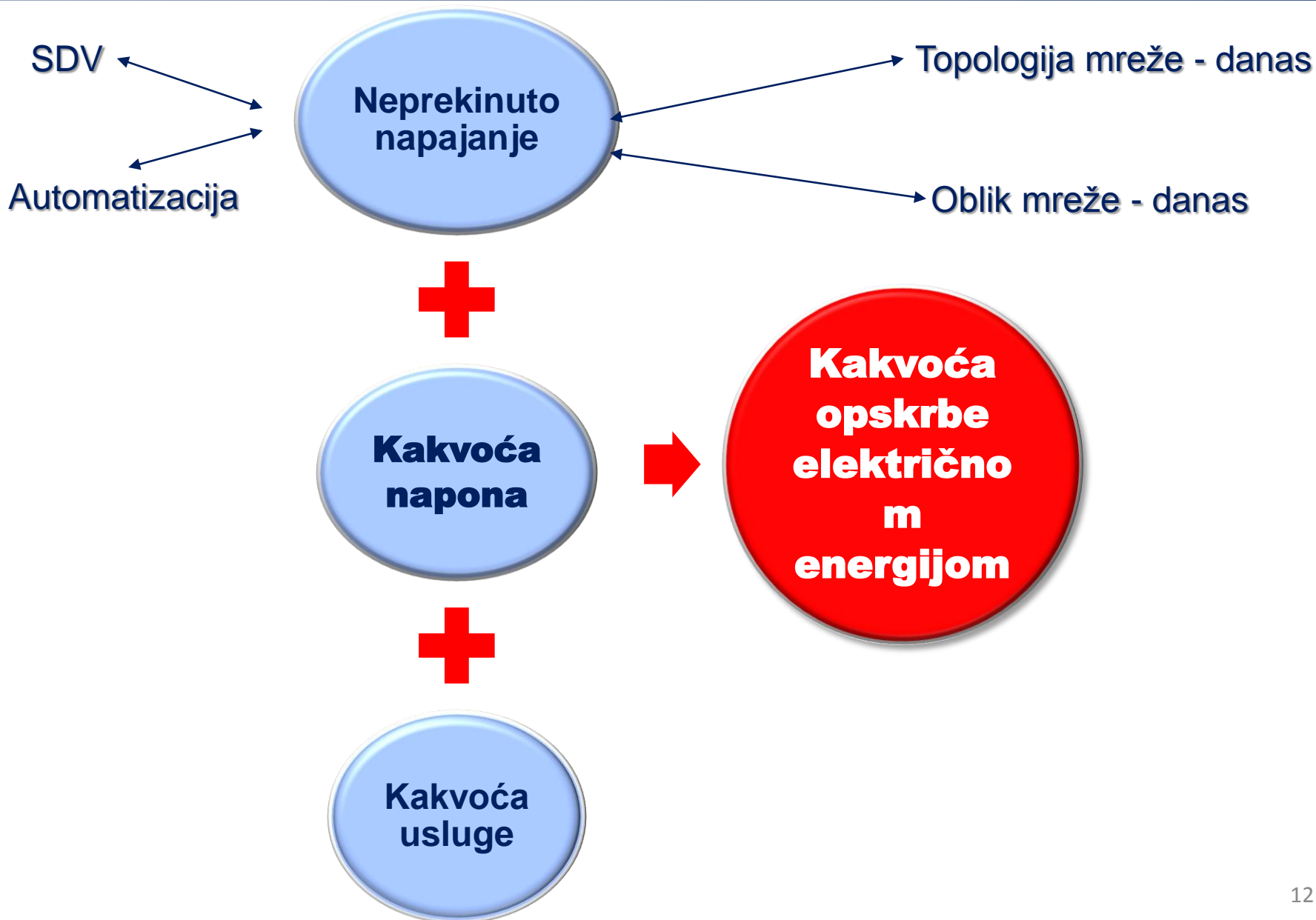
**Gospodarenje
DEES-om**

+

**Vođenje
pogona
DEES**

**Cilj:
Kakvoća
opskrbe
električnom
energijom**

Damir Karavidović



3. Neka obilježja distribucijskog sustava danas

Postojeći i budući korisnik mreže ima prema ODS-a opravdana očekivanja:

- + Najveću raspoloživost mreže za svoje potrebe preuzimanja - predaje električne energije,
- + Kakvoću fizikalnih uvjeta za preuzimanje - predaju električne energije i
- + Opravdan i prihvatljiv iznos naknade za korištenje mreže

To su temelji međusobnih odnosa korisnika mreže i operatora distribucijskog sustava na kojem ODS mora graditi svoje poslovanje kao trgovačko društvo i kao nositelj javne djelatnosti distribucije električne energije.

3.1. Neprekinutost napajanja – topologija mreže

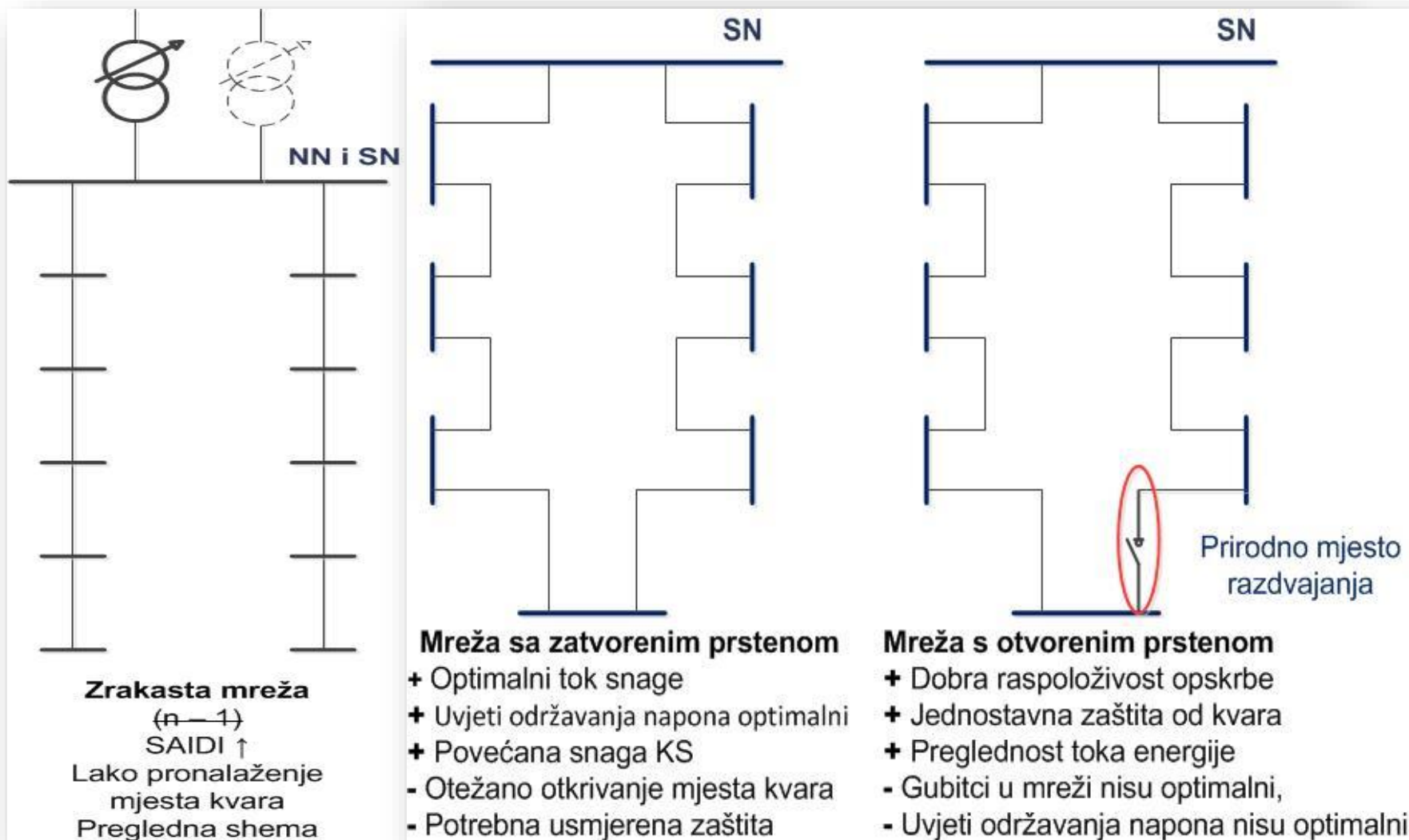
- ✚ Distribucijska mreža je utemeljena na uporabi 5 naponskih razina i 5 razina mreže (postoje i povijesno naslijeđene naponske razine 6,3 i 30 kV kojih se mora odreći),
- ✚ Utjecaji na pokazatelje neprekinutosti (SAIDI) napajanja najsnažnije dolaze iz SN mreže napona 10 i 20 kV i NN mreže 0,4 kV.
- ➔ **Topologija mreže**, po naponskim razinama i razinama mreže ima različito ostvarenu održivost napajanja kroz rezervnu sastavnicu - **kriterij n-1**. po naponskim razinama i razinama mreže.
- ✚ **I kad je kriterij n - 1. zadovoljen**, izrazito rijetko je zadovoljen zahtjev neprekinutosti napajanja kod prelaska na rezervnu sastavnicu, rijetko s vrlo kratkim prekidom opskrbe (3 min), uobičajeno s dugim – nema upravljanja i automatizacije u dubini mreže.

Prekide napajanja nije moguće uvijek izbjeći, ali je potrebno svesti njihovo trajanje na podnošljivu mjeru.

3.1. Neprekinutost napajanja – **oblik mreže**

- ✚ Oblici pogona mreže koji se najčešće koriste, zrakasti i otvoreni prsten, zadovoljavaju aksiom jednostavnosti za pogon, ali ne pružaju visoku razinu raspoloživosti opskrbe,
- ✚ Najčešće korišteni oblici pogona mreže ne osiguravaju kratke prekide opskrbe kod nastupa kvara pa **pokazatelj trajanja prekida napajanja - SAIDI** (prosječno vrijeme prekida/kupac/godina) ima visok iznos ($x \cdot 100$ minuta).
- ✚ Dijelovi distribucijskog sustava gdje mreža, glede izgrađenosti, u pravilu nema ostvaren kriterij $n-1$ (ruralne mreže), ili **gdjegod zalihnost kapaciteta sastavnica nije uravnotežena** (gradske mreže), imaju ograničene mogućnosti neprekinutosti napajanja kod planiranih radova u mreži,
- ✚ Preoblikovanja mreže, prespajanjem sastavnica mreže, iz različitih razloga, uobičajeno su popraćena prekidom napajanja kupaca.

3.1. Neprekinutost napajanja – **oblik mreže**



3.1. Neprekinutost napajanja – stanje SDV-a i automatizacije

Uvedenost u SDV

- ✚ U sustav daljinskog nadzora i upravljanja stanje uvedenosti mrežnih čvorova
 - ➡ VN/SN - zadovoljava,
 - ➡ TS SN/SN – zadovoljava i
 - ➡ važnih TS SN/NN – **ne zadovoljava** u odnosu na broj, događaje, ...
- ✚ Sustav daljinskog nadzora i upravljanja proizvodnih postrojenja ograničava se na elektrane veće snage (priključno postrojenje s prekidačem za odvajanje) – iskustvo traži spuštanje granice snage kao mjerila (100 kW).

Automatizacija po dubini mreže (DA)

- ✚ Stupanj automatizacije po dubini distribucijske mreže nije na razini koja bi značajno podržala skraćanje vremena prekida opskrbe kod kvarova,
- ✚ Potpora automatike vođenju kod izvođenja sklopnih radnji radi promjene oblika mreže ili promjene mrežnog izvora, stidljivo je zastupljena.
- ✚ Senzori kao izvori podataka, ključnih za osmotrivost pogona DEES – slabo.

3.1. Neprekinutost

SAIDI
~ 500 (min/kupcu/god.)



napajanja - pokazatelji

- Stanje topologije mreže danas ne pruža vođenju pogona velike mogućnosti u funkciji raspoloživosti napajanja i brze obnove napajanje nakon kvara neke sastavnice mreže.
- Oblik SN i NN mreže korišten u pogonu, u skladu je s uobičajenim, no potrebno je poboljšati stanje n-1 i zalihnost u posebnim slučajevima pogona, automatiku prespajanja i daljinsko upravljanje kroz napredne TS.
- Sustav daljinskog nadzora i upravljanja zadovoljava kad je riječ o sposobnosti opreme DC-a i stanje uvedenosti mrežnih čvorova, TS VN/SN i SN/SN, u SDV (~ 90%), što istodobno nije tako kod TS SN/NN(1.5%).
- Stupanj automatizacije po dubini distribucijske mreže nije na razini koja bi značajno podržala skraćanje vremena prekida opskrbe kod kvarova i prespajanja.
- **Rad pod naponom** ne doprinosi, ni približno, mogućnostima koje posjeduje za planirane prekide.

3.1. Neprekinutost napajanja

Rad pod naponom je dokazan lijek za smanjenje trajanja prekida kod planiranih radova, a u mreži ODS-a ne doprinosi, ni približno, mogućnostima koje posjeduje za smanjenje ukupnog trajanja prekida opskrbe.

Korisnici	Nadzemne mreže P/Z	Kabelske mreže P/Z	Unutrašnje instalacije P/Z	UKUPNO P/Z
HEP	283/159	74/35	79/44	436/238
Gospodarstvo u RH	66/48	17/13	86/71	169/132
Slovenija (C&G)	38/38	0/0	83/83	121/121
BiH	12/12	6/6	24/24	42/42
HEP NOC	6/6	6/6	4/4	16/16
UKUPNO	405/263	103/60	276/226	784/549

Tumač: P/Z – Polaznici/Završeni polaznici

Vrijeme je suočavanja s velikim izazovima i potrebe primjene inovativnih postupaka u gospodarenju DEES-om, tehničkim rješenjima razvoja mreže i vođenju pogona DEES kad je u pitanju neprekinutost napajanja

3.2. Kakvoća napona

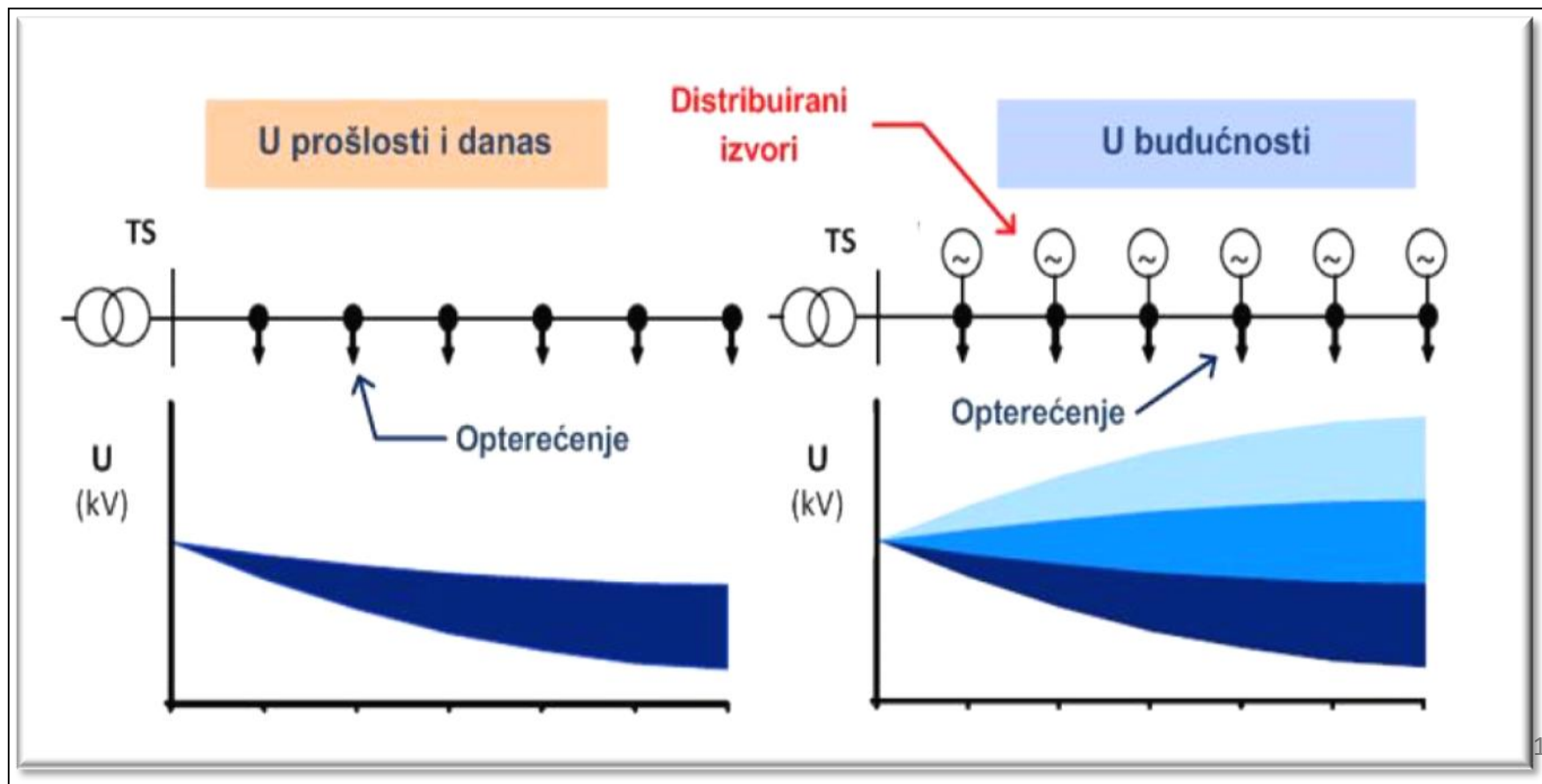
- ✚ Održanje propisane kakvoće napona drugi je kamen temeljac poslovne politike i kušnja odgovornosti i struci Operatora distribucijskog sustava.
- ✚ Kakvoća napona je zahtjev svih zahtjeva prema zadaćama ODS-a, a napose spram njegovih zadaća vođenja pogona.
- ✚ Usluga održavanja napona u distribucijskoj mreži je usluga kojom se naponi u mreži održavaju unutar propisanih granica (jedna značajka kakvoće!). Zato se pred ODS glede ove usluge postavlja **hamletovsko pitanje**:

Biti ili nebiti unutar $\pm 10\% U_n$

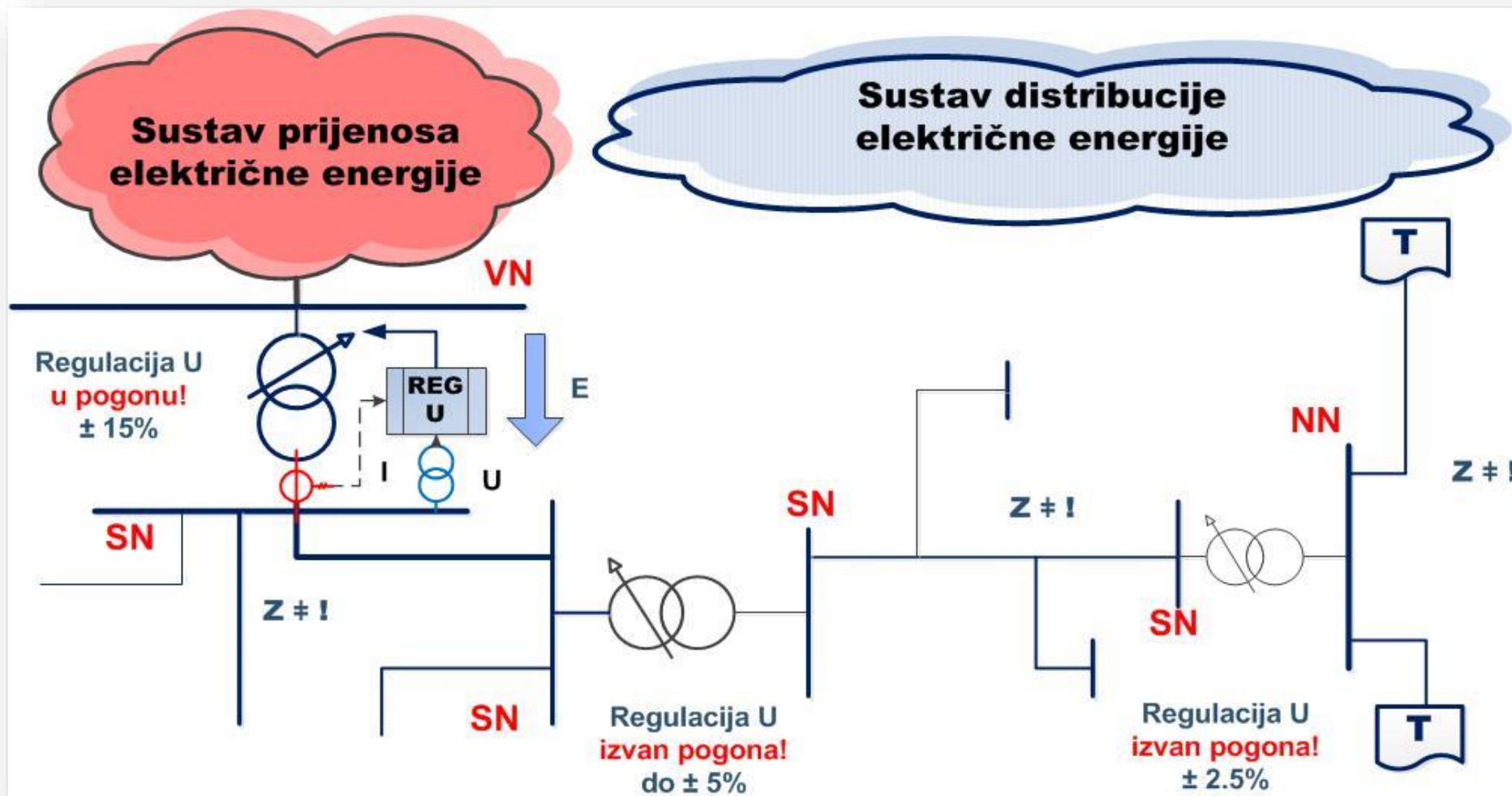
- ✚ ODS si ne može dopustiti sljepoću na kakvoću napona u dubini mreže i kod krajnjih kupaca, na profil napona uzduž razvoda električne energije.
- ✚ Za razliku od neprekinutosti napajanja, podatci o odstupanjima vrijednosti napona kazuju kako je stanje prihvatljivo, odnosno, kako su dosadašnji postupci, povećanje kapaciteta jedinica mreže, skraćanjem dužine vodova (interpolacijama), raspodjela opterećenja, uvjeti priključenja novih korisnika mreže, i drugi održali napon na mjestima normalnih uvjeta uporabe mreže.

4. Izazovi današnjem stanju mreže i poslovanju ODS-a

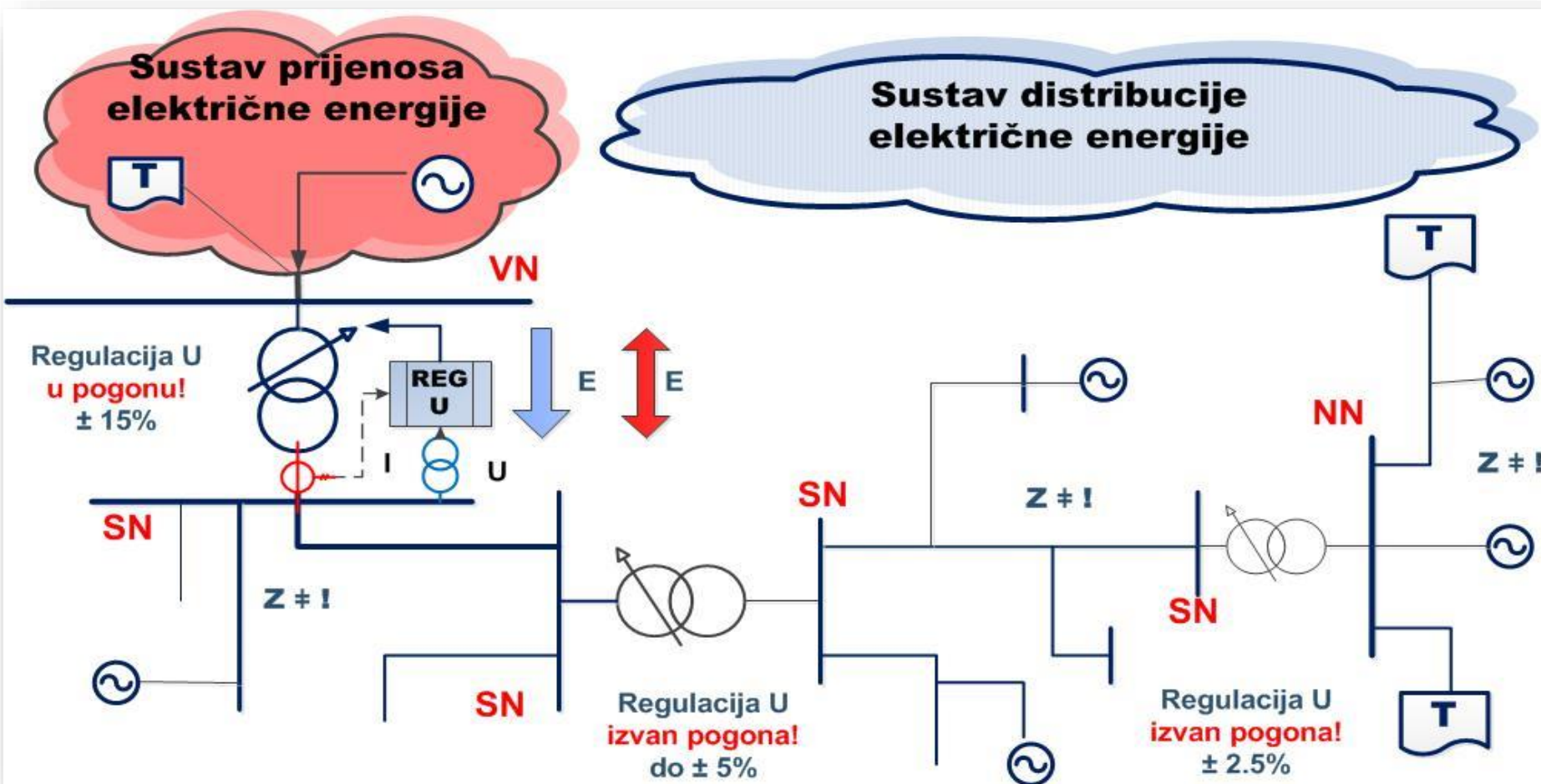
Ipak, vrijeme je suočavanja s velikim izazovima i potrebe primjene inovativnih postupaka u gospodarenju pogonom DEES, tehničkim rješenjima razvoja i vođenju pogona DEES kad je u pitanju kakvoća napona.



Kakvoća napona – upravljanje vrijednošću napona u SN mreži danas



Kakvoća napona – upravljanje vrijednošću napona u SN mreži izazov elektrana



Kakvoća napona–upravljanje vrijednošću napona u SN mreži **odgovor na izazov elektrana**

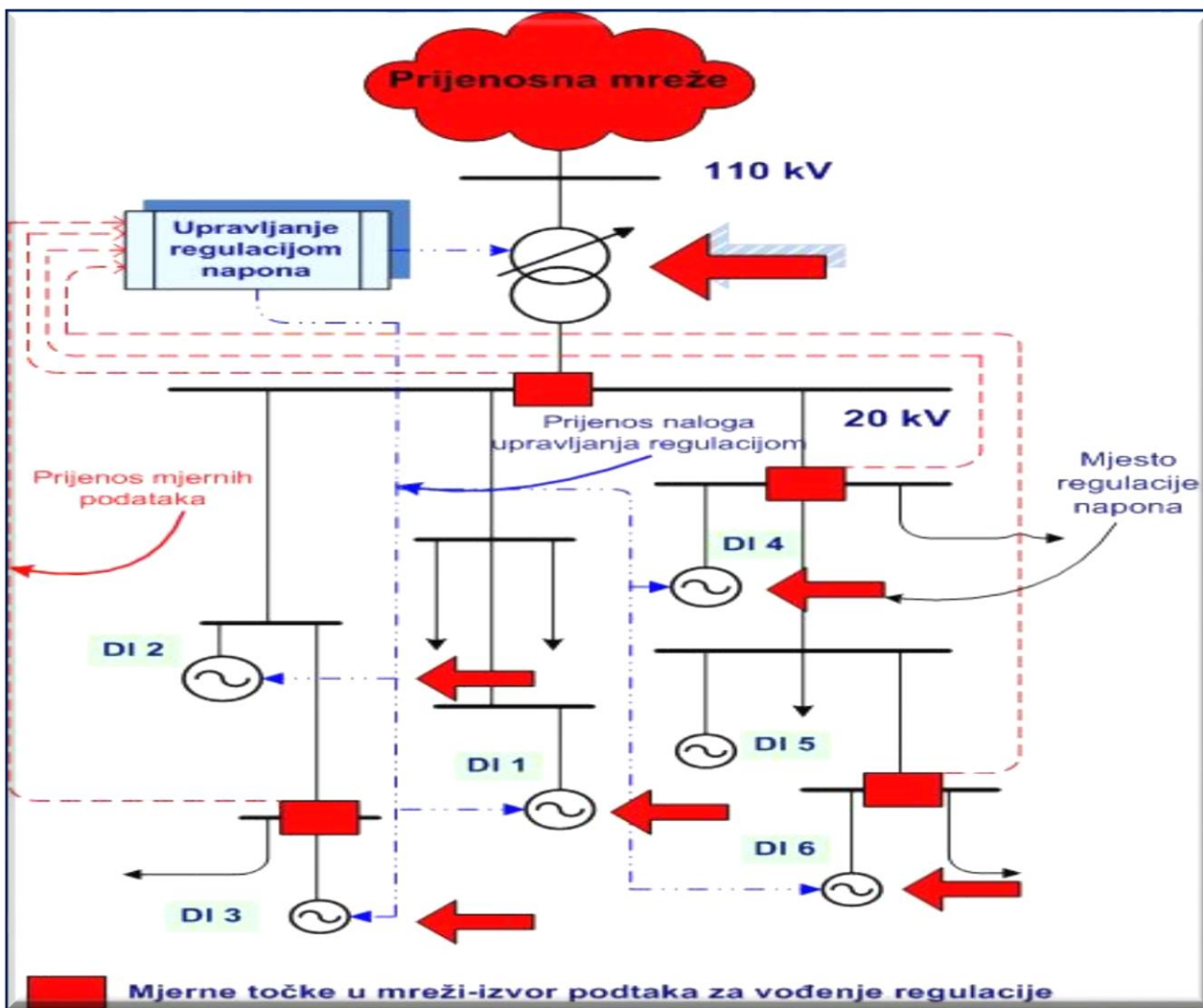
ODS mora, s ciljem najboljeg iskorištenja dopuštenih granica odstupanja od nazivnog napona u normalnom pogonu, **uspostaviti koordinirani sustav regulacije vrijednosti napona u SN mreži** što obuhvaća:

- regulaciju na energetske transformatorima na sučelju mreže prijenosa i distribucije električne energije,
- regulaciju na energetske transformatorima između naponskih razina distribucijske mreže u pogonskom i vanpogonskom stanju,
- regulaciju na energetske transformatorima i lokalnom **regulacijom jalove snage u točkama priključenja proizvodnih postrojenja** i
- rad **kompensacijskih postrojenja kupaca**.

Koordiniranim sustavom regulacije ostvaruje se podrška naponu, smanjuje zahtjeve za priključenje i doprinosi manjim gubitcima snage u mreži.

Kakvoća napona – upravljanje vrijednošću napona u SN mreži

Koordinirani sustav regulacije vrijednosti napona



Kakvoća napona–upravljanje vrijednošću napona u NN mreži odgovor na izazov proizvodnje i potrošnje

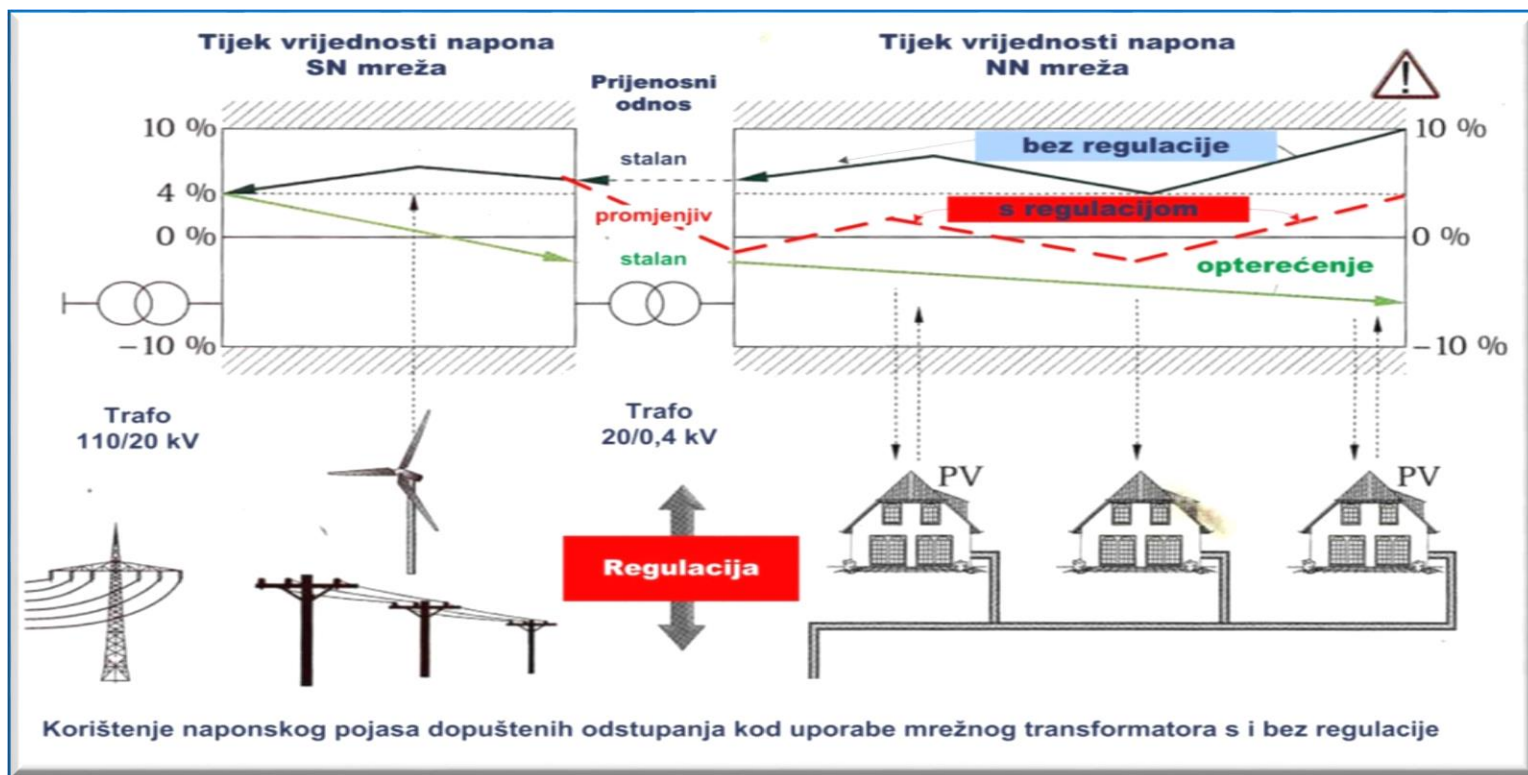
U vođenju pogona distribucijskog sustava ODS mora imati pravo i obvezu koristiti i usavršavati postupke upravljanja s potrošnjom i proizvodnjom jalove snage na način kojim će djelotvorno utjecati na kakvoću naponskih okolnosti u korist svih korisnika mreže.

S ciljem održanja vrijednosti napona u dopuštenim granicama odstupanja od nazivnog napona u normalnom pogonu NN mreže, u svakoj točki jednog mrežnog čvora potrebno je organizirati **sustav utjecaja na vrijednosti napona u NN mreži** koji obuhvaća:

- ➡ regulaciju na energetske transformatorima između naponskih razina distribucijske mreže SN/NN u pogonskom i vanpogonskom stanju,
- ➡ regulaciju jalove snage u točkama priključenja proizvodnih postrojenja i
- ➡ rad **kompensacijskih postrojenja kupaca.**

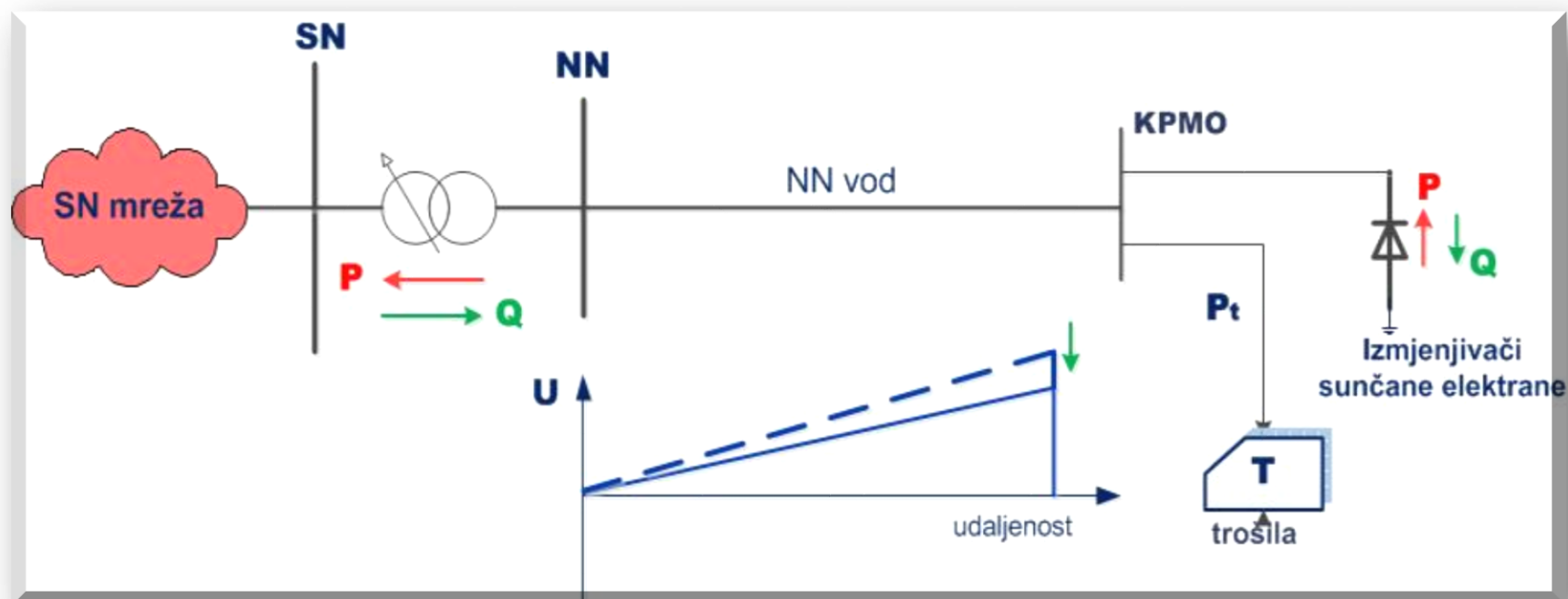
Kakvoća napona – upravljanje vrijednošću napona u NN mreži odgovor na izazov proizvodnje i potrošnje kroz uslugu ODS-a

S ciljem pak najboljeg iskorištenja dopuštenih granica odstupanja od nazivnog napona u normalnom pogonu NN mreže, održanje željenog naponskog profila uzduž NN vodova, potrebna je **regulacije vrijednosti napona na transformatoru SN/NN** u pogonskom i vanpogonskom stanju.



Kakvoća napona – upravljanje stabilnošću napona u NN mreži usluga elektrane u točki priključenja

Kolebanje vrijednosti napona neugodna je pojava za trošila kupaca. Elektrane s mogućnošću proizvodnje i preuzimanja jalove snage mogu u realnom vremenu uravnotežiti kolebanja vrijednosti napona u mreži. Ali pri tome valja znati:



- ➡ Izmjenjivači opterećuju vod jalovom snagom,
- ➡ Povišenje napona pod utjecajem izmjenjivača se reducira, **ali**
- ➡ Dodatno opterećenje voda, dodatni gubici snage na vodu

Upravljanje kakvoćom napona u NN mreži - **usluga elektrane**

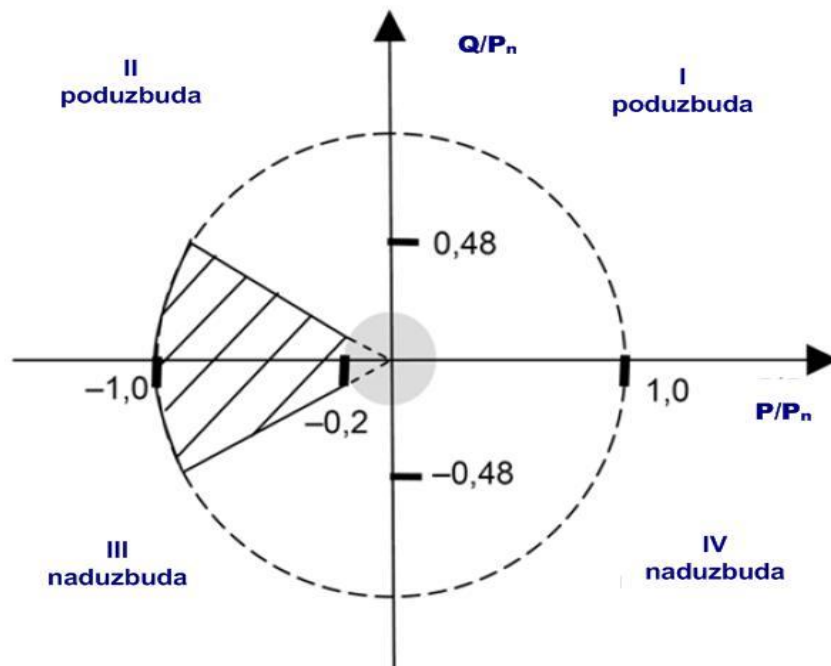
- ✚ U potpori održanju napona mogu sudjelovati postrojenja korisnika mreže koji s operatorom distribucijskog sustava ugovaraju tu uslugu pod uvjetima pružanja pomoćne usluge distribucijskom sustavu.
- ✚ Mrežnim pravilima uređuju se temeljna načela sudjelovanja proizvodnih postrojenja u održanju napona, pri čemu se razlikuje statička i dinamička potpora naponu mreže.
- ✚ Pod statičkom potporom naponu podrazumijeva se održanje napona u normalnom pogonu visokonaponske, srednjonaponske i niskonaponske mreže distribucijskog sustava, kada se napon u uvjetima sporih promjena održava u propisanim ili zajamčenim granicama.
- ✚ Dinamička potpora naponu mreže podrazumijeva održanje napona pri normalnom pogonu u mreži svih naponskih razina u distribucijskom sustavu kao i pri kvaru u visokonaponskoj i srednjonaponskoj mreži.
- ✚ Tijekom predaje djelatne snage u mrežu, radi podrške naponu, obvezna vrijednost i vrsta jalove snage moraju biti ili čvrsto podešene ili promjenljive po nekoj od funkcija kao: $\cos \varphi = f(P)$; $Q=f(U)$, ...

Upravljanje kakvoćom napona u NN mreži - **usluga elektrane**

Primjer zahtjeva prema Proizvođaču na NN mreži:

Proizvodno postrojenje mora moći, radeći pod normalnim pogonskim uvjetima u naponskom području s dopuštenim odstupanjem $U_n \pm 10\%$ i u dopuštenoj pogonskoj radnoj točki, predavati radnu snagu veću od $0,2 P_n$ (slika) s $\cos \varphi$:

$$S_{\max} > 13,8 \text{ kVA}; \cos\varphi = 0,90_{\text{poduzbuđen}} \text{ do } 0,90_{\text{naduzbuđen}}$$



Upravljanje kakvoćom napona u NN mreži - **usluga elektrane**

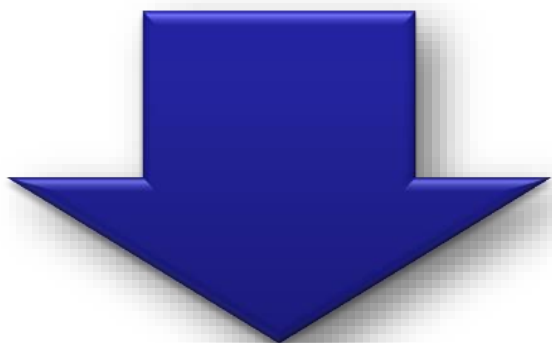
Korištenje različitih postupaka regulacije jalove snage za podršku naponu mreže elektrana, u različitim slučajevima odnosa proizvodnje i potrošnje, nije baš jednostavno. Potrebni su podatci iz mreže i znanje.

Događaji u mreži			Postupak: $Q(P)$, $\cos\phi_{\text{čvrsto}}$ $\cos\phi(P)$, $Q_{\text{čvrsto}}$	Postupak: $Q(\Delta U)$, $\tan\phi(\Delta U)$
Snaga izvora P_i	Snaga potrošnje P_t	Napon	Uvijek preuzimanje Q : nezavisno od potrebe promjene napona	Preuzimanje ili predaja Q : prema potrebama promjene napona
↑	↓	↑↑	Sniženje skoka napona nastalog utjecajem izvora	Podrška naponu, pored negativnog utjecaja izvora
↓	↑	↓	Nema bitnih učinaka na napon	Bez bitnog učinka, ili neznatna podrška naponu
↑	↑	~	Preuzimanje Q smanjuje doseg utjecaja P_i izvora	Podrška naponu, dodatno utjecaju P_i izvora
↓	↓	↑	Nebitan učinak ili nebitno poboljšanje napona	Nebitan učinak ili nebitno poboljšanje napona

↑ - velika vrijednost (P_i , P_t); ↓ - mala vrijednost (P_i , P_t)

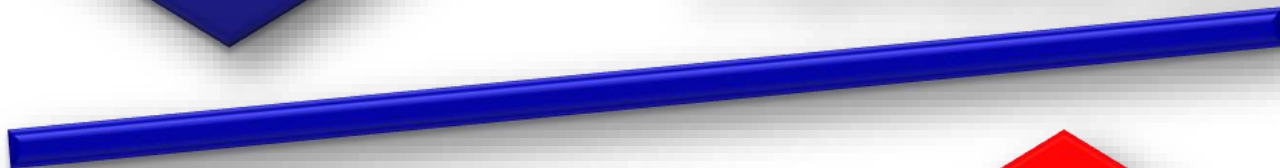
↑↑ - veliko povećanje napona; ↑ - povećanje napona; ↓ - smanjenje napona

Usluge EES-u pred izazovima - usluge iz DEES!



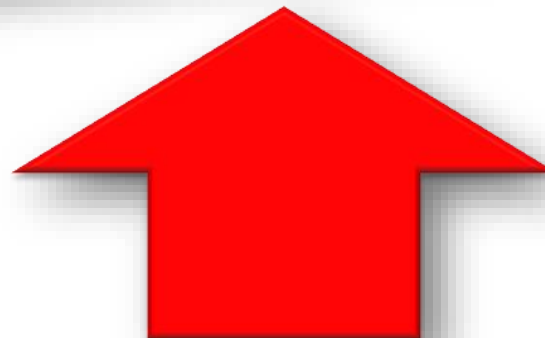
Potporna sustavu iz **aktivnog DEES**

1. Podfrekventno rasterećenje,
2. Rad elektrana do $f \leq 47,5$ Hz,
3. Potpora elektrane s porastom P



PEES

$$P_{opt} > (P_{proiz} + P_{izvan})$$

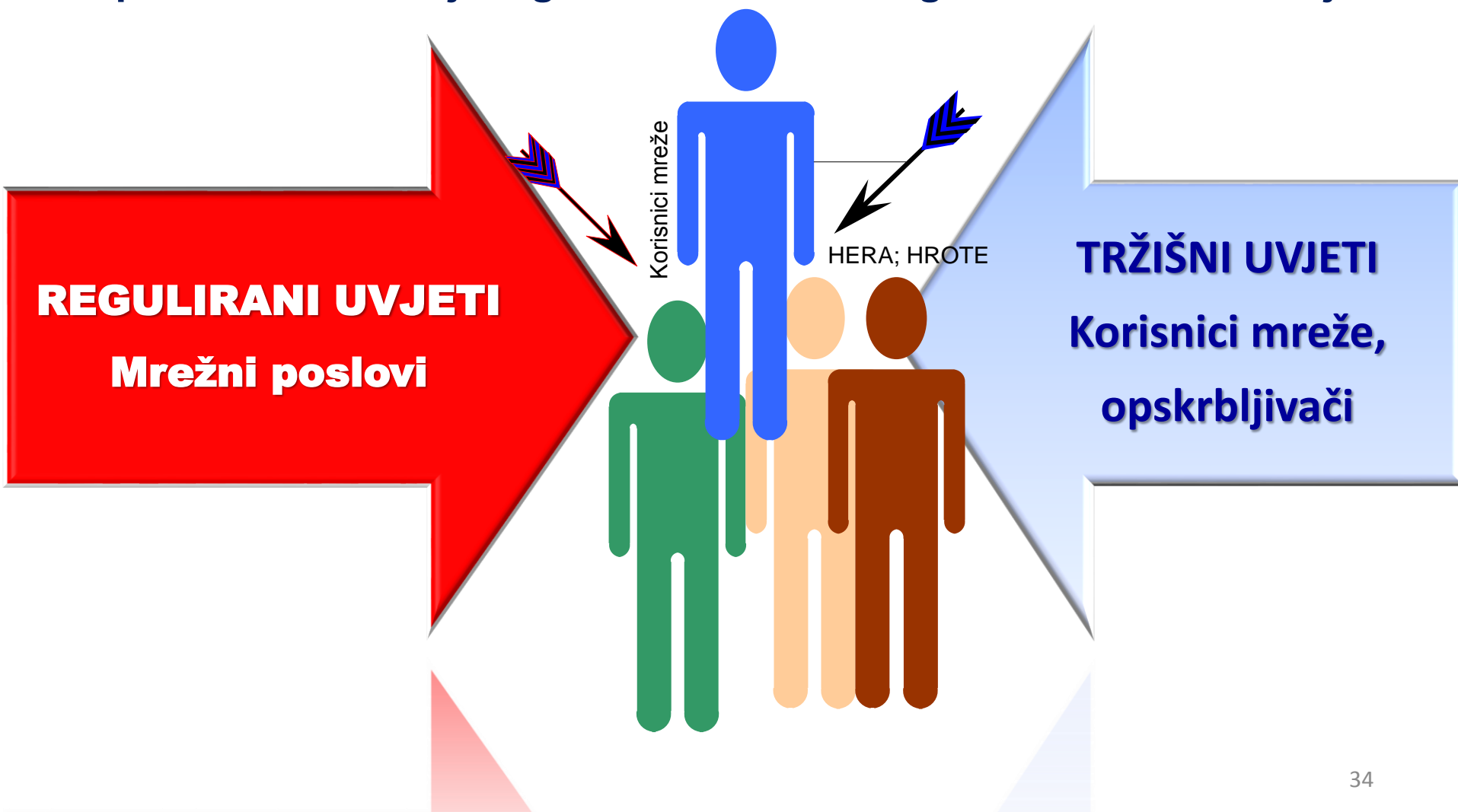


Usluge EES-u pred izazovima - **usluge iz DEES!**



Poslovni položaj Operatora distribucijskog sustava

Operator distribucijskog sustava između reguliranih i tržišnih uvjeta



ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

- + Pogon distribucijskog sustava se mora redefinirati kao poslovna funkcija Operatora distribucijskog sustava, dakako, kad je riječ o obavljanju djelatnosti distribucije,
- + Smisao redefiniranja se treba očitovati kroz prihvaćanje mnogih poslovnih funkcija u funkciji pogona DEES kao primjerice Planiranje razvoja i investicija.
- + Pogon distribucijskog sustava je pred velikim izazovima uvjetovanih prije svega objedinjavanjem distribuiranih izvora, ali i položajem operatora distribucijskog sustava između poslovanja po reguliranim uvjetima i interesa tržišnih subjekata.
- + U ostvarivanju nepridjeljivih usluga, usluga koje koriste svim korisnicima mreže, kao što je održanje kakvoće napona, moraju se primjenjivati inovativna tehnička rješenja koja pruža ODS i/ili korisnici mreže,
- + Osim inovativnih tehničkih rješenja, inovativan se pristup nameće od planiranja razvoja (prilagodba aksioma planiranja) preko izgradnje i zamjena – rekonstrukcija do održavanja.
- + Takav put traži buduća mreža i usluga korisnicima mreže.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Među izazove tehničkih motrišta kojima treba odgovoriti prilagodbom i promjenama su:

- Planiranje razvoja mreže u funkciji smanjenja prekida napajanja,
- Utvrđivanje pravila optimalnog razvoja mreže s kojim se udovoljava zahtjevima kakvoće napona, zalihnosti kapaciteta i rezervnog napajanja,
- Pružanje usluge potpore naponu u točkama mreže doprinosom elektrane jalovom snagom,
- Uspostava koordinirane regulacije napona u SN mreži,
- Ovladati pravilnim izborom tehnike prepoznavanje pogona elektrana s dijelom mreže – otočni pogon,
- Razraditi pravila upravljanja jalovom snagom u distribucijskom sustavu, počam od kompenzacijskih postrojenja kupaca preko postrojenja u mreži do elektrana.
- Opredijeliti se za cjeloviti sustav statičke i dinamičke potpore elektrana mreži.

Hvala Vam na nazočnosti i pozornosti!

Damir Karavidović