

Za utvrđivanje naponske nesimetrije prema EN 50160 definirano je ukupno trajanje mjerenja, mjerni intervali, te vrijeme unutar kojeg nesimetrija ne smije biti veća od dozvoljene. Koliko iznose te vrijednosti? (3 boda)

- a) mjerni period: 7 dana (168 sati bez prestanka)
- b) mjerni interval: 10 minuta (1008 10 minutnih intervala)
- c) vremenski interval unutar kojeg nesimetrija mora biti u dozvoljenim granicama: 95% tjednih vrijednosti mora biti u dozvoljenim granicama

Navedite barem dva osnovna uzroka i dvije posljedice nesinusoidalnosti napona? (2 boda)

Uzroci: - nelinearni tereti: - uređaji energetske elektronike

- statički kompenzatori
- elektrovučna postrojenja
- elektrolučne peći
- uređaji široke potrošnje priključeni na NN (fluorescentna rasvjeta...)
- korona

Posljedice: - povećanje gubitaka i dodatno zagrijavanje

- pojava paralelne rezonancije (npr. kod kondenzatorskih baterija)
- kriva prorada zaštitnih uređaja
- smetnje na MTU uređajima
- preopterećenje neutralnog vodiča

Koliko iznosi prema EN 50160 dozvoljeni ukupni faktor distorzije i kako se definira? (2 boda)

$$THD_u = \sqrt{\frac{\sum_{h=2}^{40} (U_h)^2}{U_1^2}} \cdot 100\%$$

$$THD_u \leq 8\% (NN, SN)$$

Za VN u razmatranju

Navedi barem tri uzroka pojave titranja napona (flikera)? (3 boda)

Uzroci: - pokretanje VN motora

- uključivanje/isključivanje velikih proizvodnih i prijenosnih jedinica
- kratki spojevi
- elektrolučne peći
- elektrolučno zavarivanje
- uređaji energetske elektronike

Posljedice:

- smanjenje životne dobi (rasvjeta, elektronički uređaji)

–problemi u radu nekih uređaja (elektronički regulatori, radio, TV, PC i dr.)

Mjere za sprečavanje flikera:

- izbjegavanje priključka velikih trošila s impulsnim upravljanjem
- smanjenje potezne struje VN motora
- ograničenje struja k.s.
- primjena poprečnih i serijskih kondenzatora za "glačanje" napona
- kompenzacija jalove snage uređaja energetske elektronike
- pojačanje mreže (paralelne grane, veći presjek vodova i dr.)

– **Intenzitet:**

$$\partial U\% = \frac{|U_{\max}| - |U_{\min}|}{U_n} \cdot 100\%$$

– **Srednja frekvencija pojavljivanja:**

$$F = \frac{m}{T} \text{ , } m - \text{broj titranja} \text{ , } T - \text{vremenski period}$$

1. Navedi 3 vrste tereta s obzirom na naponsku ovisnost. (3 boda)
S= konst. (kvadratna ovisnost impedancije o naponu)
I= konst. (linearna ovisnost impedancije o naponu)
Z= konst.
2. Navedi 4 osnovna pogonska stanja EES-a. (2 boda)
Stacionarno stanje (normalni pogon)
Kvazistacionarno stanje
Poremećaj
Havarija (djelomični/potpuni raspad EES –a)
3. Kako iznos napona utječe na rad asinkronih motora, a kako na proizvodnju jalove snage poprečnih kondenzatorskih baterija? (4 boda)
Asinkroni motori:
+10% U_n → +21% moment, -10% struja statora (veći gubici u željezu, pada korisnost)
-10% U_n → -19% moment, +10% struja statora (veći gubici u bakru, pada korisnost)
Kondenzatorske baterije: $Q \sim U^2$
4. Navedi barem dva uzroka i dvije posljedice naponskih i strujnih nesimetrija. (4 boda)
Uzroci:
–jednofazni potrošači (elektrolučne i indukcijske peći, neravnomjerna raspodjela jednofaznih potrošača po fazama)
–dvofazni potrošači (željeznica)
–ostali nesimetrični trofazni potrošači
–nesimetričan raspored vodiča na vodu (neprepletenost)

–prekid jedne faze

–transformatori i generatori (u manjoj mjeri)

Posljedice:

–pojava inverznogokretnog magnetskog polja kod sinkronih strojeva (generatori, motori) –dodatno zagrijavanje rotora

–povećanje gubitaka

5. Za koji mjerni interval se, prema normi EN 50160 definira kratkotrajni fliker, a za koji dugotrajni fliker? Kako se izračunava iznos dugotrajnog flikera? (3 boda)

Kratkotrajni fliker P_{st} – mjereno u periodu od 10 minuta

Dugotrajni fliker P_{lt} – na temelju 12 izmjerenih vrijednosti kratkotrajnog flikera

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{st}^3}{12}}$$

9. Kolika odstupanja frekvencije su dozvoljena u normalnom pogonu u sustavima

sa ručnom, a kolika u sustavima sa automatskom regulacijom? (1 bod)

U normalnom pogonu dozvoljena odstupanja:

–manja od $\pm 0,1$ Hz (za automatsku regulaciju)

–manja od $\pm 0,2$ Hz (za ručnu regulaciju)

10. U kakvom su međusobnom odnosu pad napona, gubitak napona i uzdužni pad napona? (1 bod)

$$\begin{array}{lll} \text{pad napona} & \text{gubitak napona} & \text{uzdužni pad napona} \\ \sqrt{3}|I \cdot Z| & > & |U_1| - |U_2| > \Delta U_u \end{array}$$

11. O čemu ovisi uzdužni pad napona, a o čemu razlika između kutova napona na početku i kraju voda prijenosne mreže? (3 boda)

Uzdužni pad napona ovisi o jalovoj snazi, a kut ovisi o djelatnoj snazi.

Kriteriji za dimenzioniranje kabela SN mreža:

a) Mehanički (vanjski utjecaj, mjesto i način polaganja)

b) Električni

-nazivni napon (bitan za izolaciju)

-dozvoljena trajna struja (strujno opterećenje)

-dozvoljena struja kratkog spoja

-pad napona

a) Ekonomski (gubici snage i energije, cijena kabela)

Korekcionifaktori za polaganje SN kabela:

- Faktor ovisan o temperaturi okoline (manji što je temp. viša) (pri polaganju u zemlju $f=1$ za 20° , pri polaganju u zraku $f=1$ za 30°)
- Faktor ovisan o dubini polaganja (manji što je kabel dublje položen) ($f=1$ za dubinu 0,5-0,7 m)
- Faktor ovisan o specifičnom toplinskom otporu tla (veći otpor –manji faktor)
- Faktor ovisan o broju kabela u istom kabelskom kanalu

razlozi za primjenu regulacije napona i kompenzacije jalovih snaga:

- održavanje napona u dozvoljenim granicama
- smanjenje gubitaka djelatne snage
- povećanje prijenosnih kapaciteta vodova
- smanjenje termičkog zagrijavanja vodova (provjesa)
- osnovni načini regulacije napona i kompenzacije jalove snage:
 - dodavanje/oduzimanje jalove snage
- promjena parametara mreže (kompenzacija uzdužne reaktancije, kompenzacija poprečnog kapaciteta, regulacijski transformatori)

Glavni potrošači:

- Asinkroni motori
- Transformatori
- Ostali uređaji (elektrolučne i indukcijske peći, elektrovnosna postrojenja, fluorescentna rasvjeta, ...)
- Glavni proizvođači/potrošači:
 - Sinkroni generatori
 - Sinkroni kompenzatori
 - Nadzemni vodovi i kabeli
 - Kondenzatorske baterije
 - Prigušnice

5. Napiši dvije prednosti i dva nedostatka kondenzatorske baterije? (4 boda)

Prednosti:

- znatno povoljnija cijena u odnosu na ostale kompenzacijske uređaje
- velika pouzdanost
- zanemarivi gubici djelatne snage
- jednostavna montaža i zamjena
- mogućnost naknadnog povećanja snage
- mogućnost direktnog priključka na sabirnice

Nedostaci:

- diskretna (diskontinuirana) regulacija snage

- negativni regulacijski efekt
- mogućnost pojave serijske i paralelne rezonancije

6. Napiši dvije prednosti i dva nedostatka sinkronog kompenzatora? (4 boda)

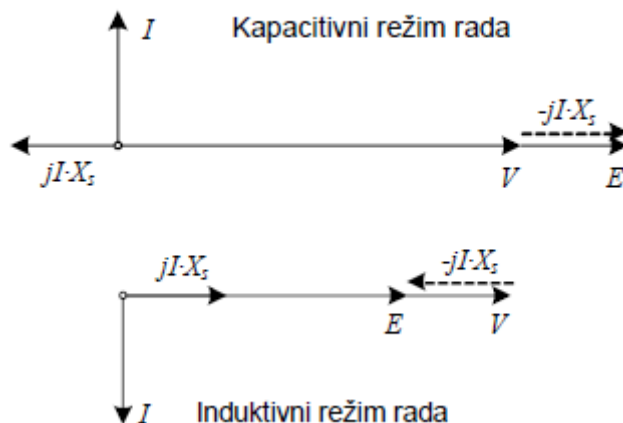
Prednosti:

- razmjerno jednostavan i kontinuiran postupak regulacije
- može proizvoditi i trošiti jalovu snagu
- pozitivan regulacijski efekt

Nedostaci:

- manja pouzdanost u pogonu (rotacioni dijelovi, pomoćni uređaji, ...)
- veći gubici djelatne snage ($P_{gub} = 2\div4\% Q_n$)
- mogućnost ispada iz sinkronizma

7. (5) Nacrtaj vektorske dijagrame sinkronog kompenzatora za rad u kapacitivnom i induktivnom području.



Podjela:

- kutna stabilnost (rotor anglestability)
- naponska stabilnost (voltage stability)
- stabilnost frekvencije (frequency stability)
- Kutna stabilnost:
 - statička stabilnost
 - prijelazna stabilnost
 - dinamička stabilnost

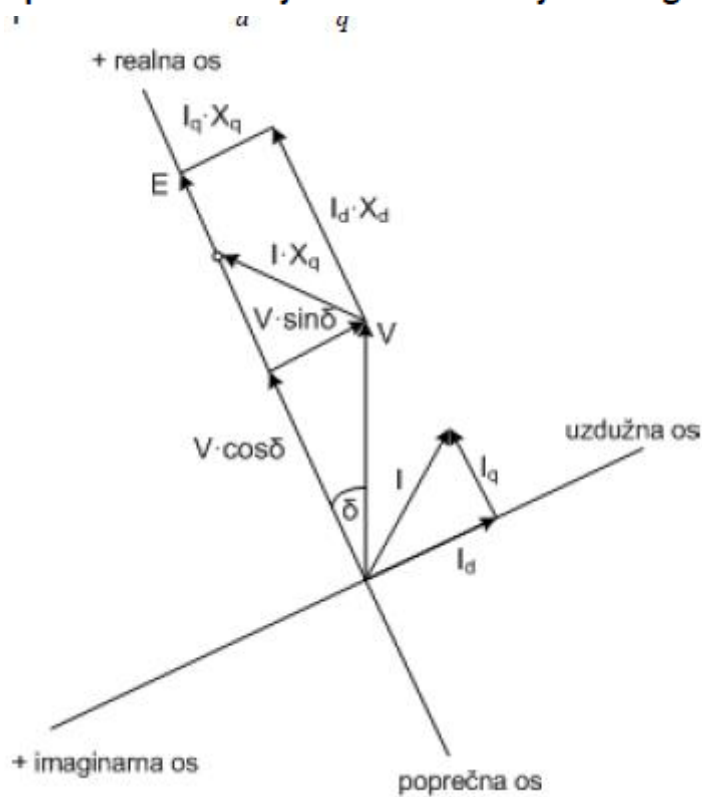
8. (5) Koji je kriterij statičke stabilnosti kod sinkronih generatora s cilindričnim rotorom, a koji kod generatora s istaknutim polovima. Nacrtaj karakteristike snaga-kut.

$$\frac{\partial P_e}{\partial \delta} > 0$$

$$\frac{\partial P_e}{\partial \delta} = \frac{E \cdot U_{KM}}{X} \cos \delta \quad - \text{ koeficijent sinkronizacijske snage}$$

Kriterij statičke stabilnosti:

pozitivan koeficijent sinkronizacijske snage



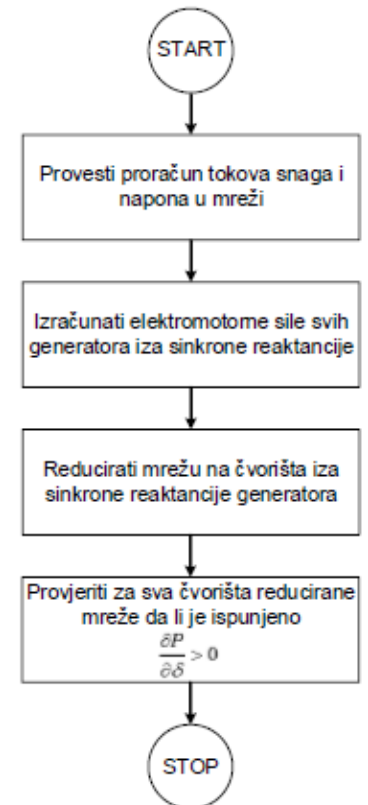
9. (5) Objasnite metodologiju za određivanje statičke stabilnosti višestrojnog sustava. Koji je kriterij za statičku stabilnost takvog sustava.

- Kriterij statičke stabilnosti:

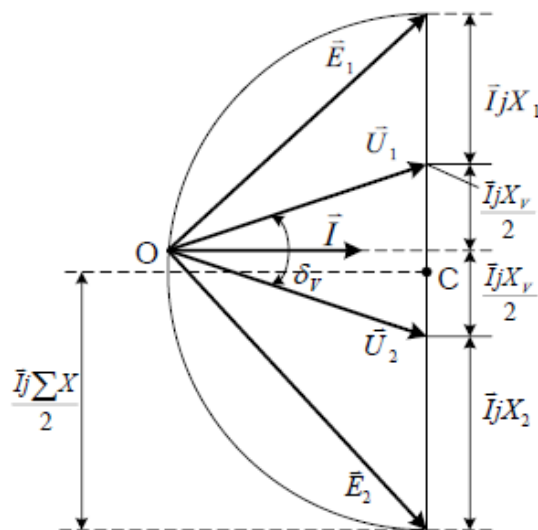
$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} > 0$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} &= -E_i \cdot \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n E_j \cdot Y_{ij} \cdot \sin(\delta_i - \delta_j - \Theta_{ij}) = \\ &= -Q_i + E_i^2 \cdot Y_{ii} \cdot \sin(-\Theta_{ii}) = \\ &= -Q_i - E_i^2 \cdot Y_{ii} \cdot \sin \Theta_{ii} \end{aligned}$$

Blok dijagram za provjeru kriterija statičke stabilnosti višestrojnog sustava



10. (5) Čemu služi metoda Edith Clarke i objasni je na primjeru dva EES-a povezana prijenosnim vodom.



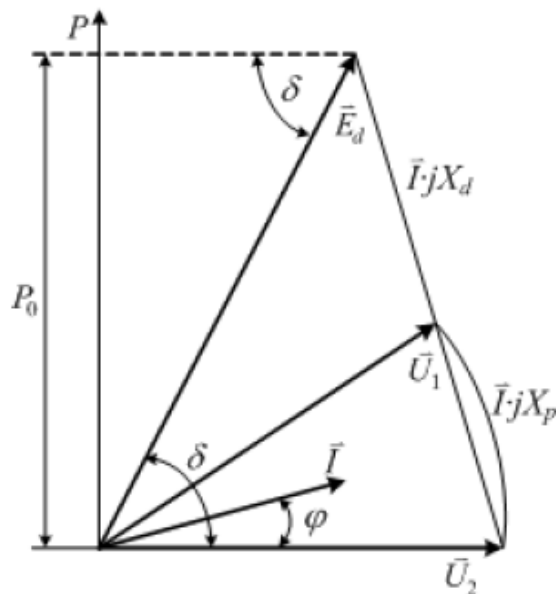
Metoda Edith Clarke:

- Odabere se bazna dužina za ukupni pad napona
- Nacrta se polukružnica i bazna dužina se razdjeli na 3 dijela u omjeru reaktancija
- u polovištu dijela koji odgovara X_v povuče se okomica i odredi se ishodište vektorskog dijagrama
- odrede se vektori napona E_1 , E_2 , te U_1 i U_2
- kut između vektora E_1 i E_2 je 90° pa je snaga koja se prenosi max.

U tom slučaju vrijedi:
$$P_{\max} = \frac{U_1 \cdot U_2}{X_v} \cdot \sin \delta_v$$

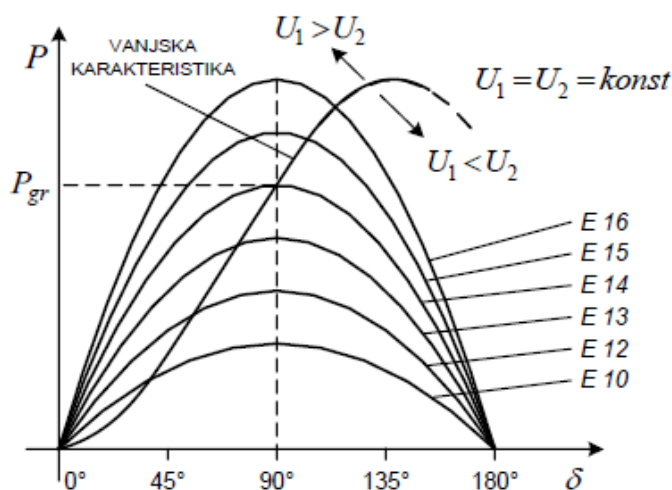
Služi za određivanje granične snage prijenosa

11. (5) Nacrtaj vektorski dijagram vanjske karakteristike snaga-kut i objasni čemu služi?



$$X = X_d + X_p$$

$$P_0 = \frac{E_d \cdot U_2}{X} \sin \delta = \kappa \cdot E_d \cdot \sin \delta$$



Bitno:

- iako je max. krivulje Vanjske karakteristike veći od 90° granica statičke stabilnosti je na mjestu gdje Vanjska karakteristika siječe vertikalnu $\delta = 90^\circ$

$$P_{gr} = \frac{E_{14} \cdot U_2}{X}$$

- Regulacija uzbude – važan faktor za održavanje stabilnosti i povećanje granične snage prijenosa

služi da se odredi granična snaga prijenosa voda pri promjeni uzbude

12. (10) Objasni razliku između statičke i prijelazne stabilnosti. Što je kriterij jednakih površina. Može li pri kratkom spoju sustav ostati stabilan i ako je kut opterećenja generatora u jednom trenutku veći od 90° .

može ostati, jer je KS, velika i nagla promjena, znači prijelazna stabilnost, a pri prijelaznoj stabilnosti vrijedi kriterij jednakih površina znači da u nekim slučajevima može preći 90° i da se uspije vratiti

• Statička stabilnost – male i spore promjene (polagani porast/smanjenje opterećenja i dr.)

• Prijelazna stabilnost – velike i nagle promjene (kratki spoj, ispad velikih generatora i tereta, ispad značajnijih vodova i dr.)