

Održavanje elektroenergetskih uređaja

| | | |
|-----------------------|-----|------------------|
| Predavanja | | 20 poena |
| Vežbe | | 20 poena |
| Kolokvijum I | I | 20 poena |
| Kolokvijum II | II | 20 poena |
| <u>Kolokvijum III</u> | III | <u>20 poena</u> |
| Ukupno | | 100 poena |

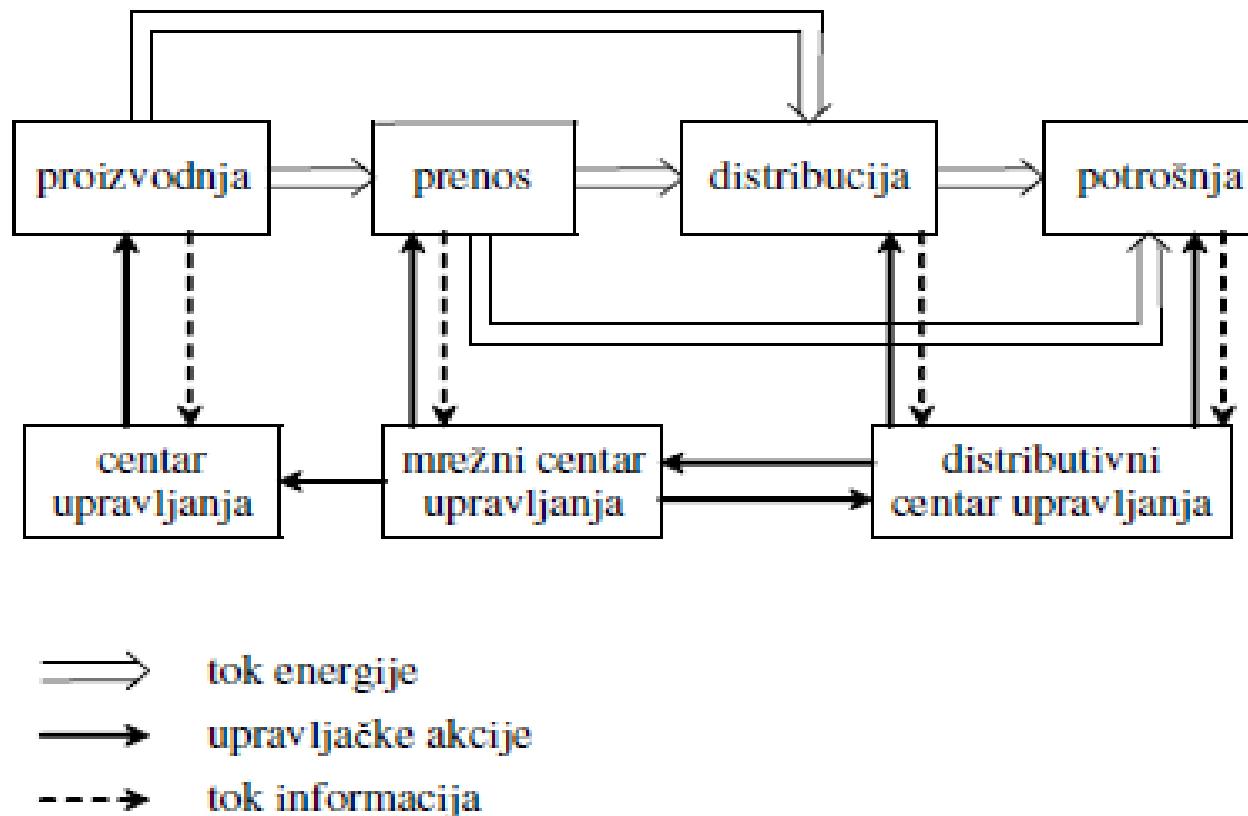
Prof. Dr Zorica Bogićević, dip.inž.el.
Asistent. Milan Tomović, dipl.inž.el.



Elementi elektroenergetskog sistema Srbije



Elektroenergetski sistem (EES)



Slika. Blok dijagram EES-a



➤ **Proizvodnja električne energije:**

- hidroelektrane
- termoelektrane
- elektrane-toplane (energane)
- elektrane na obnovljive izvore energije

➤ **Prenosni sistem električne energije:**

- visokonaponska mreža
- interkonektivni transformatori, telekomunikacioni i informacioni sistemi

➤ **Distributivni sistem električne energije:**

- niskonaponska mreža
- srednjenačinska mreža
- deo visokonaponske mreže
- distributivni transformatori, telekomunikacioni i informacioni sistemi

➤ **Potrošnja:**

- potrošači električne energije



Elektroenergetski objekat

- **Elektroenergetski objekat** je građevinsko-elektromontažna celina koja služi za proizvodnju, prenos, transformaciju i distribuciju električne energije.
- Klasifikacija elektroenergetskih objekata:
 - 1) električne i gromobranske instalacije u stambenim i javni objektima.
 - 2) elektroenergetski objekti industrijskih postrojenja:
 - električne i gromobranske instalacije u industriji
 - elektromotorni pogoni i automatika.
 - 3) objekti elektroenergetike i veza:
 - nadzemni i kablovski vodovi
 - transformatorske stanice i razvodna postrojenja
 - 4) elektrotehnički objekti u železničkom saobraćaju.



Nadzemni vod

- Nadzemni vod je vod koji služi za nadzemno vođenje provodnika za prenos i razvod električne energije.

Podzemni vod

- Podzemni vod je vod koji služi za podzemno vođenje provodnika za prenos i razvod električne energije.

Električne instalacije

- Električne instalacije su skup međusobno spojene električne opreme u posmatranom prostoru ili prostoriji, predviđene da ispunjavaju određenu namenu.



Javno osvetljenje

- Javno ostvarenje je električno osvetljenje ulica, puteva, podzemnih prolaza, tunela, mostova, nadvožnjaka, trgova, šetališta, kejova, parkova i drugih javnih površina.

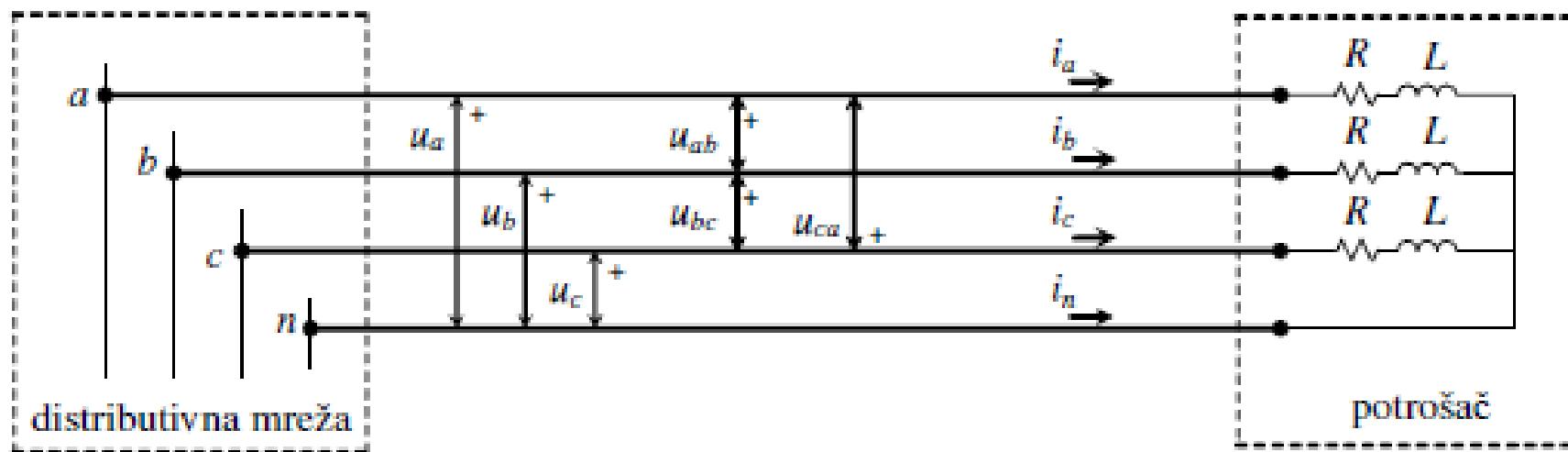
Elektroenergetsko postrojenje

- Elektroenergetsko postrojenje – transformatorska stanica, odnosno razvodno postrojenje je objekat namenjen za transformaciju, odnosno razvod električne energije.

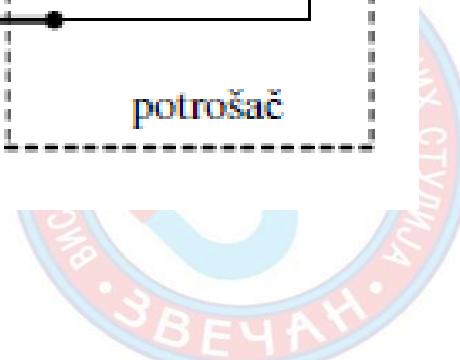


Naponi u EES-u

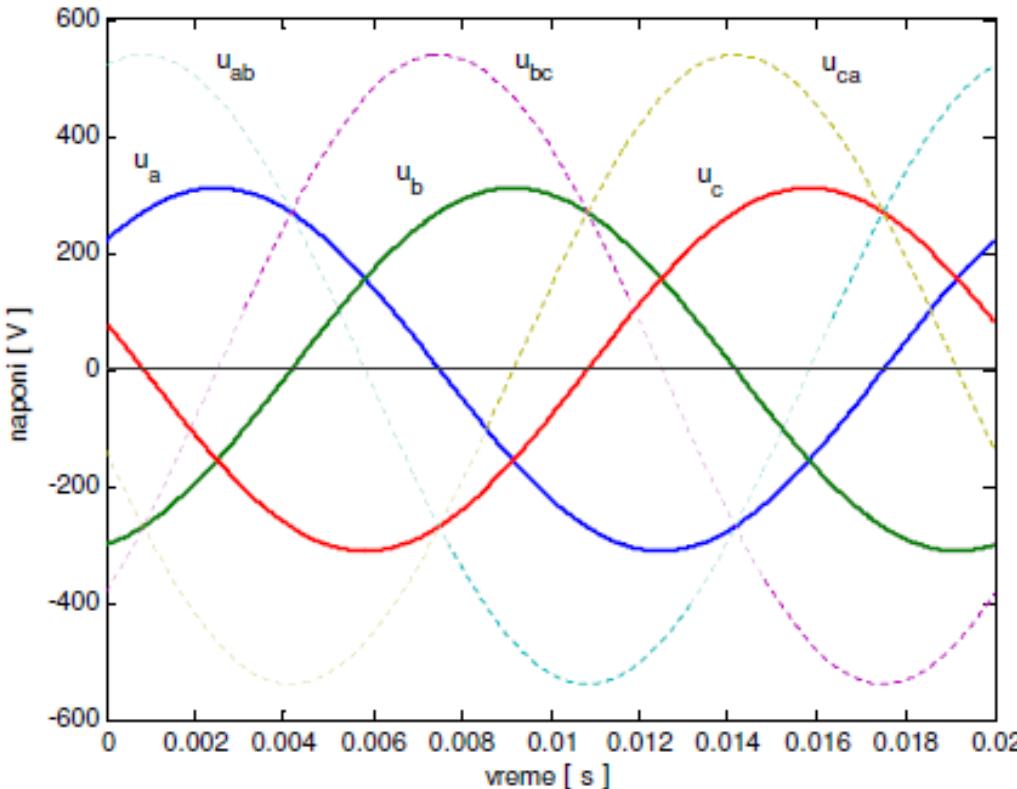
- EES-i su isključivo Teslini trifazni sistemi naizmenične struje:
 - lako transformisanje napona
 - relativno lako prekidanje velikih struja
 - lako dobijanje obrtnog magnetnog polja



Slika. Trifazni potrosač naizmenične struje



- trenutne vrednosti faznih napona: u_a , u_b i u_c
- trenutne vrednosti linijskih napona: u_{ab} , u_{bc} i u_{ca}
- efektivne vrednosti napona: U_a , U_b i U_c
- maksimalne vrednosti napona: $U_{a \max}$, $U_{b \max}$ i $U_{c \max}$



Slika. Fazni i međufazni (linijski) naponi



Fazni naponi

- trenutne vrednosti: u_a, u_b, u_c

- efektivne vrednosti: $U_a = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u_a^2 dt}$ $U_b = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u_b^2 dt}$ $U_c = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u_c^2 dt}$

- maksimalne vrednosti:

$$U_{a\ max} = \sqrt{2} U_a \quad U_{b\ max} = \sqrt{2} U_b \quad U_{c\ max} = \sqrt{2} U_c$$

Linijski (međufazni) naponi

- trenutne vrednosti: $u_{ab} = u_a - u_b$

$$u_{bc} = u_b - u_c$$

$$u_{ca} = u_c - u_a$$

- efektivne vrednosti: $U_{ab} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u_{ab}^2 dt}$

$$U_{bc} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u_{bc}^2 dt}$$

$$U_{ca} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u_{ca}^2 dt}$$

- maksimalne vrednosti:

$$U_{ab\ max} = \sqrt{2} U_{ab} \quad U_{bc\ max} = \sqrt{2} U_{bc}$$

$$U_{ca\ max} = \sqrt{2} U_{ca}$$

Za simetričan sistem važi:

$$U_{ab} = U_{bc} = U_{ca} = \sqrt{3} U_a = \sqrt{3} U_b = \sqrt{3} U_c$$

Elektroenergetske mreže

- **Elektroenergetske mreže naizmeničnog napona** koje se koriste za prenos i distribuciju električne energije označavaju se prema naponskom nivou oznakom koja se zove nominalni napon mreže.
- **Nominalni napon** mreže predstavlja međufaznu efektivnu vrednost napona (rated voltage)
- **Stvarni napon mreže** u nekoj tački može da varira u odnosu na naznačeni napon
- **Najviši napon mreže** je najviša dozvoljena vrednost radnog napona koja sme da se pojavi u normalnom pogonu u mreži
- **Najviši napon opreme** je efektivna vrednost međufaznog napona za koji je oprema konstruisana i pri kome ona normalno funkcioniše
- **Prenosne mreže:**
 - mreža visokog napona od 400 kV, 220 kV, 110 kV
- **Distributivne mreže:**
 - niskonaponska mreža 0.4 kV
 - srednjenaaponska mreža 10 kV, 20 kV, 35 kV
 - deo 110 kV mreže



• Prenosne mreže

Nazivni (nominalni)
napon mreže

400 kV

220 kV

110 kV

Najviši napon mreže

420 kV

245 kV

123 kV

• Distributivne i industrijske mreže

Nazivni (nominalni)
napon mreže

35 kV

20 kV

10 kV

6 kV

Najviši napon mreže

38 kV

24 kV

12 kV

7.2 kV



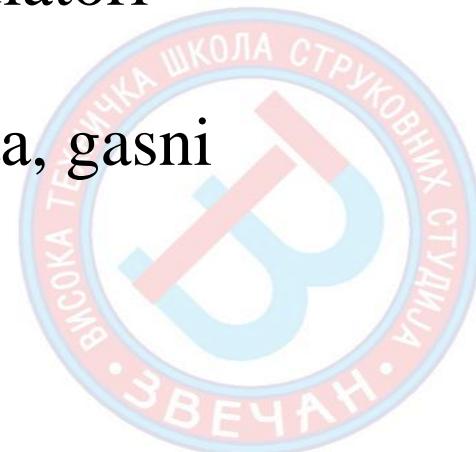
Podjela elektroenergetskih mreža prema načinu uzemljenja neutralne tačke

- Prema načinu uzemljenja neutralne tačke:
 - mreža sa izolovanom neutralnom tačkom
 - mreža sa direktno uzemljenom neutralnom tačkom
 - mreža sa neutralnom tačkom uzemljenom preko impedanse.
 - mreža sa rezonansno uzemljenom neutralnom tačkom.



Visokonaponski aparati (oprema)

- merni transformatori
 - naponski merni transformatori
 - strujni merni transformatori
- kondenzatori za kompenzaciju reaktivne energije
- prigušnice
- mašine i motori
- predotpornici, otpornici, potenciometri, regulatori
- diode, elektronske cevi, tranzistori, tiristori
- zaštitni uređaji: odvodnici prenapona, iskrišta, gasni odvodnici, varistori
- Sklopni aparati



Sklopni aparati

- prekidači
- sklopke
- Rastavljači
- Zemljospojnici
- topljivi osigurači
- Kontaktori
- Rastavljač sa osiguračem
- sklopka rastavlja



Karakteristične veličine visokonaponskog aparata

- Nominalni napon
- Nominalna struja

Podela aparata po nominalnom naponu

- Aparati niskog napona, $U_n \leq 1 \text{ kV}$
- Aparati visokog napona, $U_n > 1 \text{ kV}$

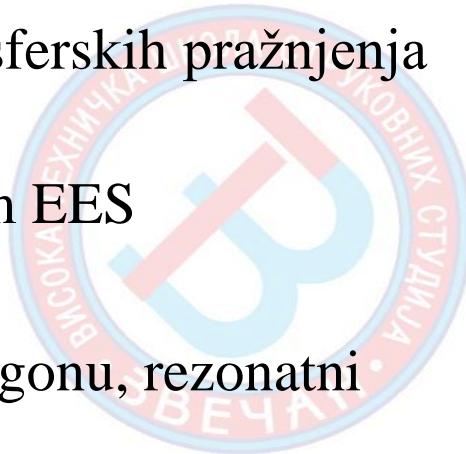
Podela aparata visokog napona po nominalnom naponu

- Aparati naponskog područja I, $U_n \leq 245 \text{ kV}$
- Aparati naponskog područja II, $U_n > 245 \text{ kV}$



Prenaponi

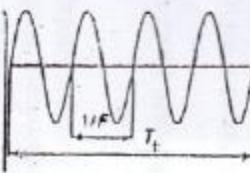
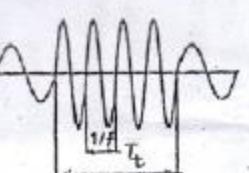
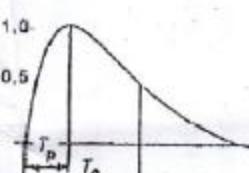
- Prenapon: napon između faznog provodnika i zemlje ili između faza, čija temena vrednost prelazi odgovarajuću temenu vrednost najvišeg napona opreme (definicija prema preporukama IEC)
- IEC (Međunarodna elektrotehnička komisija) je međunarodna organizacija koja obuhvata sve nacionalne elektrotehničke komitete. Predmet rada IEC je da se ostvari međunarodna saradnja po svim pitanjima koja se odnose na standardizaciju iz oblasti elektrotehnike i elektronike.
- Podela prenapona prema uzroku nastanka:
 - spoljašnji ili atmosferski prenaponi
 - unutrašnji prenaponi
- Spoljašnji ili atmosferski prenaponi nastaju usled atmosferskih pražnjenja (udara groma) u elemente EES, ili u njihovu blizinu
- Unutrašnji prenaponi nastaju usled poremećaja u samom EES
 - sklopni ili komutacioni prenaponi
 - privremeni prenaponi (prenaponi pri nesimetri nom pogonu, rezonatni prenaponi, ferorezonantni prenaponi)

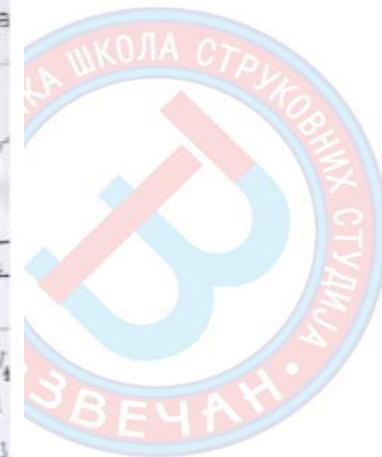


- Trajni radni napon industrijske ustanosti je napon stalne efektivne vrednosti trajno primenje na izolaciju
- Privremeni prenapon je prenapon industrijske frekvencije, ili frekvencije nekoliko puta manje ili veće od industrijske, relativno dugog trajanja
- Prelazni prenapon je prenapon kratkog trajanja od nekoliko milisekundi ili manje, oscilatoran ili ne, obično jako prigušen

Tabela 1

Naponi i prenaponi

| Trajni naponi | Privremeni prenaponi | Prenaponi sporog čela | Prelazni prenaponi Prenaponi brzog čela | Prenaponi brzog čela |
|---------------------------------------|---|---|--|---|
| Oblik napona |  |  |  |  |
| Karakteristike napona f i T | $f = 50 \text{ Hz ili } 60 \text{ Hz}$ $T_f \geq 3600 \text{ s}$ | $10 \text{ Hz} < f < 500 \text{ Hz}$ $3600 \text{ s} \geq T_f \geq 0,03 \text{ s}$ | $5000 \mu\text{s} \geq T_f > 20 \mu\text{s}$ $T_2 \leq 20 \mu\text{s}$ | $20 \mu\text{s} \geq T_f > 0,1 \mu\text{s}$ $T_1 \leq 300 \mu\text{s}$ |



Izolacija

- Izolacija opreme služi da odvoji delove koju su u normalnom pogonu pod naponom od delova koji su uzemljeni, ili da odvoji delove koji su na razliitim potencijalima
- Izolacija se projektuje da oprema može trajno da radi pri najvišem naponu opreme
- Prenaponi izazivaju naprezanje izolacije, ukoliko izolacija ne izdrži dolazi do razornog pražnjenja
- Prema ponašanju pri razornom pražnjenju izolacija se deli na:
 - самообновљиву изолацију
 - необновљиву изолацију
- Prema upotrebi izolacija se deli na:
 - спољашњу изолацију
 - унутрашњу изолацију
- Proces razornog pražnjenja u самообновљivoj izolaciji se naziva preskokom, a u neobnovljivoj probojem



Koordinacija izolacije

- Koordinacija izolacije predstavlja usklađenost izolacije opreme i prenapona koji se pojavljuju u mreži gde je oprema ugrađena.
- Koordinacija izolacije predstavlja izbor izolacije opreme u odnosu na napone koji mogu da se pojave, uzimajući u obzir pogonske uslove i karakteristike opreme.
- Dielektrična čvrstoća se definiše preko napona koji izolacija može da podnese.



Standardizovani oblici napona za ispitivanje

- Standardni kratkotrajni napon industrijske učestanosti je sinusoidalan napon frekvencije između 48 Hz i 50 Hz, trajanja 60s
- Standardni sklopni udarni napon je udarni napon trajanja čela 250 s i začelja 2500 s
- Standardni atmosferski udarni napon je udarni napon trajanja čela 1.2 s i začelja 50 s
- Vreme čela udarnog talasa je vreme potrebno da talas od 30% maksimalne vrednosti dostigne 90% maksimalne vrednosti na čelu talasa, podeljeno sa 0.6
- Vreme začelja udarnog talasa je vreme potrebno da talas padne na 50% maksimalne vrednosti na začelju talasa.

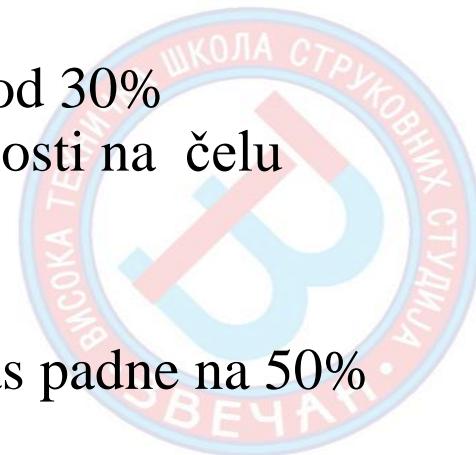


Tabela. Standardni stepeni izolacije područja I $1kV < U \leq 254kV$

Tabela 2 Standardni stupnjevi izolacije područje I
($1kV < U \leq 254kV$)

| Najviši napon opreme U_g (ef. vrednost) | Standardni potrebiti kratkotrajanj zagon industrijske frekvencije kV (ef. vrednost) | Standardni potrebiti stalni zagon kV (tesena vrednost) |
|--|--|--|
| 3,6 | 10 | 70 40 |
| 7,2 | 20 | 40 60 |
| 12 | 28 | 60 75 95 |
| 17,3 | 38 | 75 95 |
| 24 | 50 | 95 125 145 |
| 36 | 70 | 145 170 |
| 52 | 95 | 150 |
| 72,3 | 140 | 125 |
| 123 | (185) | 150 |
| | 240 | 150 |
| 145 | (185) | (450) |
| | 230 | 350 |
| | 275 | 450 |
| 170 | (230) | (550) |
| | 275 | 450 |
| | 325 | 750 |
| 245 | (275) | (650) |
| | (325) | (750) |
| | 360 | 850 |
| | 395 | 950 |
| | 450 | 1050 |

NEOPREH - Ako se vrednosti u zagradama smatraju nedovoljnima da dokazu da su zadovoljeni zahtevani potrebiti naponi faze prema fazu, zahtevaju se dopunska ispitivanja počinjenosti faza prema fazu.



**Tabela. Standardni
stepeni izolacije
područja II**

$1kV < U \leq 254kV$

**Tabela 3 - Standardni stupnjevi izolacije područja II
($U > 245 kV$)**

| Najviši napon oprema kV (ef. vrednost) | Standardni podnesivi sklopni udarni napon | | | Standardni podnesivi atmosferski udarni napon kV (tečena vrednost) |
|--|--|--|--|---|
| | Područna izolacija (naponaena 1) kV (tečena vrednost) | Faza prema zemlji kV (tečena vrednost) | Faza prema fazi (odnos prema temenoj vrednosti faze prema zemlji) | |
| 300 | 750 | 750 | 1,50 | 850 950 |
| | 750 | 850 | 1,50 | 950 1050 |
| 362 | 850 | 850 | 1,50 | 950 1050 |
| | 850 | 950 | 1,50 | 1050 1175 |
| 420 | 850 | 850 | 1,60 | 1150 1175 |
| | 950 | 950 | 1,50 | 1175 1300 |
| | 950 | 1050 | 1,50 | 1300 1425 |
| 525 | 950 | 950 | 1,70 | 1175 1300 |
| | 950 | 1050 | 1,60 | 1300 1425 |
| | 950 | 1175 | 1,50 | 1425 1550 |
| 765 | 1175 | 1300 | 1,70 | 1675 1800 |
| | 1175 | 1425 | 1,70 | 1800 1950 |
| | 1175 | 1550 | 1,60 | 1950 2100 |

