

**ТЕХНИЧКА ПРЕПОРУКА бр.14а:**

**ПЛАНОВИ РАЗВОЈА  
И ОСНОВНА КОНЦЕПЦИЈСКА РЕШЕЊА ЗА  
ПЛАНИРАЊЕ ЕЛЕКТРОДИСТРИБУТИВНЕ МРЕЖЕ**

I издање, септембар 2001.

---

На основу предлога Радне групе, Технички савет ЕПС-а - Дирекција за дистрибуцију електричне енергије је на 164.-ом састанку који је одржан 4.9.2001. године у Нишу донео одлуку: **усваја се**

### **ТЕХНИЧКА ПРЕПОРУКА бр.14а:**

## **ПЛАНОВИ РАЗВОЈА И ОСНОВНА КОНЦЕПЦИЈСКА РЕШЕЊА ЗА ПЛАНИРАЊЕ ЕЛЕКТРОДИСТРИБУТИВНЕ МРЕЖЕ**

### **I издање**

Предложена решења су у складу са важећим прописима и стандардима и задовољавају захтеве сигурности, функционалности и економичности.

#### **Чланови Техничког савета:**

- 1 мр Миладин Танасковић, Председник Техничког савета, "Електродистрибуција" Београд
- 2 мр Зоран Ристановић, "Електровојводина" Нови Сад
- 3 мр Драган Балкоски, ЕПС Београд
- 4 мр Александар Јањић, "Електродистрибуција" Лесковац
- 5 Десимир Богићевић, "Електросрбија" Краљево
- 6 Слободан Максимовић, "Електродистрибуција" Београд
- 7 Милоје Јездимировић, "Електродистрибуција" Ужице
- 8 Владица Алексић, "Електродистрибуција" Врање
- 9 Миодраг Ристић, "Електромирава" Пожаревац
- 10 Миодраг Анђелковић, "Електрокосмет" Приштина
- 11 Мика Ковачевић, "Електрошумадија" Крагујевац
- 12 Драгољуб Здравковић, "Електродистрибуција" Ниш
- 13 Златибор Павловић, "Електротимок" Зајечар
- 14 Светозар Гламочлија, ЕП Републике Српске Бања Лука
- 15 Жарко Мићин, "Електровојводина" Нови Сад
- 16 Бранко Јакшић, "Електросрбија" Шабац
- 17 Федора Лончаревић, ЕПС-Дирекција за дистрибуцију Београд
- 18 Слободан Кујовић, ЕПС-Дирекција за дистрибуцију Београд.

#### **Чланови Радне групе:**

- 1 мр Миладин Танасковић, "Електродистрибуција" Београд
- 2 др Јосиф Спирић, "Електродистрибуција" Лесковац
- 3 др Раде Ћирић, "Електровојводина" Нови Сад
- 4 мр Александар Јањић, "Електродистрибуција" Лесковац
- 5 Федора Лончаревић, ЕПС - Дирекција за дистрибуцију
- 6 Душан Мајсторовић, "Електросрбија" Краљево
- 7 Саша Петровић, "Електродистрибуција" Ниш
- 8 Слободан Максимовић, "Електродистрибуција" Београд
- 9 Томислав Бојковић, ЕПС - Дирекција за дистрибуцију.

септембар 2001.

## 1 ОПСЕГ ВАЖЕЊА И НАМЕНА

- 1.1 Ова препорука се односи на утврђивање врсте планова развоја електродистрибутивне мреже и на избор основних концепцијских поставки и решења код планирања електродистрибутивне мреже, на основу прогнозе вршне снаге и потрошње електричне енергије.  
Технички услови за планирање и изградњу нисконапонских (НН) мрежа и припадајућих трансформаторских станица (ТС) дати су у ТП-14б.
- 1.2 Ова препорука је усаглашена са важећим техничким прописима, стандардима и техничким препорукама ЕД Србије, уз уважавање развоја и примене савремених техничких решења, као и на основу вишегодишњег искуства и сазнања стечених на планирању, пројектовању, градњи и експлоатацији електродистрибутивних мрежа.
- 1.3 Ова препорука треба да:
  - утврди основне врсте планова развоја електродистрибутивне мреже;
  - утврди опште услове за конципирање електродистрибутивне мреже;
  - утврди основне техничке, погонске и амбијентне услове у којима раде елементи електродистрибутивне мреже;
  - изврши типизацију основних техничких карактеристика елемената електродистрибутивне мреже;
  - утврди основне принципе обликовања електродистрибутивне мреже и терећења ЕТ-а и електроенергетских водова;
  - утврди основне методе за израду прогнозе електричне енергије и вршне снаге одређеног конзумног подручја за планирани период.

## 2 ТЕРМИНИ И ДЕФИНИЦИЈЕ

- 2.1 **Електродистрибутивна мрежа:** функционална целина електроенергетских водова, трансформаторских станица и пратеће опреме различитих напонских нивоа, међусобно повезаних у јединствени технолошки систем за дистрибуцију електричне енергије.
- 2.2 **Електроенергетски објекат (елеменат мреже):** електроенергетски вод или трансформаторска станица.
- 2.3 **Електроенергетски објекат потрошача:** електроенергетски објекат, као прикључак, мерно разводни орман, разводна табла у стану итд.
- 2.4 **Потрошач:** корисник електричне енергије чији су електроенергетски објекти прикључени на електродистрибутивну мрежу.
- 2.5 **Конзумно подручје:** део територије на којој се обавља делатност дистрибуције електричне енергије.
- 2.6 **Планирање електродистрибутивне мреже:** усклађене активности на праћењу потреба постојећих потрошача и утврђивању планова развоја електродистрибутивне мреже.
- 2.7 **Радијално (двострано) напајање:** напајање потрошача преко једног (два) извора напајања (ТС).

- 2.8 **Повезни вод:** вод који повезује два извора напајања, а у нормалном погону раздвојен је на две деонице.
- 2.9 **Прстенасти вод:** вод који повезује сабирнице истог извора, а у нормалном погону раздвојен је на две деонице (полупрстена).
- 2.10 **Петљаста мрежа:** мрежа у којој се потрошачи једновремено напајају из најмање два извора.
- 2.11 **Нормалан погон:** погон при коме ниједан ЕТ или електроенергетски вод није испао из погона због квара, нити је преоптерећен према условима који су дати у овој препоруци.
- 2.12 **Једноструки квар:** квар на једном ЕТ-у или електроенергетском воду.
- 2.13 **Сигурност:** способност електроенергетске мреже да у датом моменту у случају квара испоручује електричну енергију на одређеном конзумном подручју.
- 2.14 **Оптерећење:** величина исказана преко електричне снаге или струје, којом се описује радно стање ЕТ-а или електроенергетског вода.
- 2.15 **Дозвољено струјно оптерећење:** струјно оптерећење којим може да се оптерети ЕТ или електроенергетски вод у одређеним погонским и амбијентним условима.
- 2.16 **Фактор оптерећења:** однос средњег и максималног оптерећења који се дефинише за одређени дијаграм оптерећења.
- 2.17 **Назначене карактеристике:** нумеричке вредности величина (снага, напон, струја итд.) које дефинишу рад ЕТ-а или електроенергетског вода у условима који су утврђени у стандардима и служе за испитивање и гаранцију произвођача.

### 3 ВРСТЕ ПЛАНОВА РАЗВОЈА ЕЛЕКТРОДИСТРИБУТИВНЕ МРЕЖЕ

#### 3.1 Планови развоја електродистрибутивне мреже су:

- **дугорочни план развоја**, за период од 20 година;
- **средњорочни план развоја**, за период од 5 година.

**Дугорочни и средњорочни планови развоја електродистрибутивне мреже су основа за израду годишњих планова изградње**

**Планови развоја електродистрибутивне мреже раде се на основу анализе стања и прогнозе вршне снаге и потрошње електричне енергије одговарајућег конзумног подручја за планирани период**

#### 3.2 **Дугорочни план развоја** одређује стратегију развоја електродистрибутивне мреже (избор напонских нивоа, основна решења обликовања дистрибутивне мреже итд.) за плански период од 20 година, по етапама и конзумним подручјима. **Дугорочни план развоја садржи:**

- списак постојећих ТС и ЕТ-а;
- списак постојећих оптерећења ТС и ЕТ-а;
- шеме електродистрибутивне мреже постојећег стања са енергетским величинама (активна снага и струја) са уклопним стањем;
- варијанте развоја електродистрибутивне мреже за цео плански период по конзумним подручјима;
- списак планираних оптерећења ТС и ЕТ-а;
- списак ТС и ЕТ-а планираних за градњу по етапама развоја;
- шеме електродистрибутивне мреже по етапама развоја са енергетским величинама (активна снага и струја) са уклопним стањем;
- стратегија развоја пратећих система: даљинско управљање, управљање потрошњом, телекомуникације, информациона опрема итд.

#### 3.3 **Средњорочни план развоја** одређује обим изградње електроенергетских објеката за **плански период од 5 година**, по етапама за сваку годину планског периода и по конзумним подручјима.

**Средњорочни план развоја садржи:**

- списак ТС и електроенергетских водова називног напона 110 kV и 35 kV који су предвиђени за изградњу и реконструкцију, са годишњом динамиком реализације;
- број ТС X/0,4 kV по типовима за изградњу и реконструкцију, са годишњом динамиком изградње;
- дужине водова 20 kV, 10 kV и 0,4 kV по типовима за изградњу и реконструкцију, са годишњом динамиком изградње;
- списак опреме пратећих система: даљинско управљање, управљање потрошњом, телекомуникације, информациона опрема итд. са динамиком набавке и монтаже.

#### 3.4 **Планови развоја се преиспитују:**

- **дугорочни планови** - сваких 5 година, са померањем планског хоризонта за 5 година;
- **средњорочни планови** - сваке године, са померањем планског хоризонта за једну годину.

План развоја може да се преиспита и пре истека утврђеног рока ако се значајније промене полазне основе по којима је план донет.

## 4 ОПШТИ УСЛОВИ ЗА КОНЦИПИРАЊЕ ЕЛЕКТРОДИСТРИБУТИВНЕ МРЕЖЕ

4.1 **Електродистрибутивна мрежа** која се планира снабдева електричном енергијом потрошаче којима се **обезбеђује квалитет електричне енергије и ниво сигурности напајања који су утврђени овом препоруком.**

**Виши ниво квалитета електричне енергије или сигурности се обезбеђује одговарајућим техничким решењима према посебно уговореним условима.**

4.2 **Електродистрибутивна мрежа конципира се уз уважавање следећих општих услова:**

- квалитет испоручене електричне енергије;
- сигурност;
- економичност.

Поред тога, **уважавају се и следећи захтеви:**

- заштита животне средине;
- једноставност;
- флексибилност, еволутивност и адаптивност;
- управљивост;
- могућност уклапања у постојећу електродистрибутивну мрежу.

4.2.1 **Квалитет електричне енергије**, која се испоручује потрошачима, дефинише се у односу на нормалан погон преносне електроенергетске мреже из које се напаја електродистрибутивна мрежа.

**Одступање напона и фреквенције** од називних вредности на месту испоруке мора да буде у складу са важећим Општим условима за испоруку електричне енергије.

**На електродистрибутивну мрежу могу да се прикључе уређаји који не изазивају флукуације напона веће од дозвољених према JUS N.A6.103 и не изазивају веће одступање наизменичног напона од синусног облика према JUS N.A6.102.**

4.2.2 **Сигурност се обезбеђује** тако што се техничка решења бирају на основу анализе поузданости која обухвата вероватноћу кварова, висину штета и степен неприхватљивости прекида напајања. Такође се користи и **критеријум сигурности "n-1"** (критеријум једноструког квара), који подразумева да се у случају испада било ког појединачног елемента обезбеди резервно напајање за све потрошаче, тако што се врши резервирање одређених елемената електродистрибутивне мреже.

**Ради повећања сигурности, планира се и:**

- **држање оптималног броја резервних елемената дистрибутивне мреже;**
- **аутоматизација процеса рада:** систем даљинског управљања, уградња показивача кварова на водовима итд.

**Најповољнији тренутак уградње новог вода, ЕТ-а или других елемената је онај када су најмањи годишњи трошкови дистрибутивног система у планском периоду.**

- 4.2.3 **Економичност** се обезбеђује избором концепције и одговарајућих елемената електродистрибутивне мреже на основу претходно урађених оптимизационих поступака.
- 4.3 **Електродистрибутивна мрежа треба да буде прилагодљива** измени услова у односу на претпостављене, односно да је оптимална за широк опсег улазних параметара.  
**Електродистрибутивна мрежа се гради етапно** и зато се конципира тако да се лако дограђује, односно нови елементи треба добро да се уклапају у изграђени део мреже.

## 5 ОСНОВНИ ТЕХНИЧКИ ПОДАЦИ

- 5.1 **Називни напони електродистрибутивне мреже** су:  
110 kV, 35 kV, 20 kV, 10 kV и 0,4 kV.  
**Електрична енергија се преузима** из преносне електроенергетске мреже.
- 5.2 **Уземљења неутралних тачака дистрибутивних мрежа 0,4 kV, 10 kV, 20 kV, 35 kV и 110 kV** изводе се према ТП-6 ЕД Србије:
- Неутрална тачка мреже 0,4 kV (1 kV)** је директно уземљена.
  - Неутрална тачка мреже 10 kV и 20 kV** је изолована или уземљена преко нискоомске импедансе.
  - Неутрална тачка мреже 35 kV** је уземљена преко нискоомске импедансе.
  - Неутрална тачка мреже 110 kV** је директно уземљена.
- 5.3 **У дистрибутивним мрежама Србије типизирани су следеће вредности максималних дозвољених трофазних симетричних струја (снага) кратких спојева и струја земљоспоја:**
- мрежа 0,4 kV: 26 kA (18 MVA) у кабловској мрежи и 16 kA (11 MVA) у надземној мрежи;
  - мрежа 10 kV: 14,5 kA (250 MVA);
  - мрежа 20 kV: 14,5 kA (500 MVA);
  - мрежа 35 kV: 12 kA (750 MVA);
  - мрежа 110 kV: 26,5 kA (5000 MVA).
- Типска вредност струје земљоспоја у уземљеним мрежама 10 kV, 20 kV и 35 kV је 300 А.**  
У мрежи 20 kV и 35 kV струја земљоспоја може да буде већа од 300 А, највише до 1000 А, под условима датим у ТП-6.

## 6 ПОГОНСКИ И АМБИЈЕНТНИ УСЛОВИ

- 6.1 **Погонски услови:**
- 6.1.1 Вредност дневног фактора оптерећења за одређивање максималних дозвољених оптерећења у зимском периоду је 0,7 до 0,8.
  - 6.1.2 При одређивању максималних дозвољених оптерећења елемената електродистрибутивне мреже рачуна се са нормалним старењем изолације.
  - 6.1.3 При одређивању дозвољених вредности струјног оптерећења подземног кабловског вода сматра се да је кабл усамљен, без утицаја

топлотних извора (други подземни водови, топоводи итд), и да је положен на дубину:

- $h = 0,7$  m до  $h = 0,8$  m за каблове 0,4 kV, 10 kV и 20 kV;
- $h = 1$  m за каблове 35 kV;
- $h = 1,3$  m за каблове 110 kV.

Једножилни каблови се полажу у троугластом снопу. Метални плаш-теви и електричне заштите СН каблова уземљују се на оба краја.

## 6.2 Амбијентни услови:

**Максимално годишње оптерећење (вршно оптерећење) дистрибутивног конзума Србије се остварује у зимском периоду** и дефинише се за следеће амбијентне услове:

- средња вредност температуре ваздуха:  $\theta_v = 0^\circ\text{C}$ ;
- минимална брзина ветра:  $v = 0,6$  m/s;
- средња вредност температуре тла на дубини полагања кабла:  $\theta_t = 5^\circ\text{C}$  до  $\theta_t = 8^\circ\text{C}$ ;
- специфична топлотна отпорност тла  $\rho_t$ :
  - средња вредност:  $\rho_t = 1$  K·m/W;
  - највећа вредност:  $\rho_t = 1,5$  K·m/W;
- надземни водови изведени голим Al/ч ужадима или СКС-ом нису изложени директном сунчевом зрачењу.

**Електроенергетски објекти дистрибутивне мреже раде у окружењу у коме се предвиђа уобичајена (нормална) изложеност спољашњим утицајима.**

Електроенергетски објекти који треба да раде у окружењу са великом загађеношћу нису предмет разматрања ове препоруке.

## 6.3 Стандардни услови:

Стандардни услови, према којима се дефинише назначена снага ЕТ-а или назначена вредност дозвољене струје вода, су:

- ЕТ: температура ваздуха  $\theta_v = 20^\circ\text{C}$ , дневни фактор оптерећења 1 (стално оптерећење), максимална температура намотаја  $98^\circ\text{C}$ ;
- надземни Al/ч водови: температура ваздуха  $\theta_v = 40^\circ\text{C}$ , температура проводника  $\theta_p = 80^\circ\text{C}$ , без ветра, вод изложен директном сунчевом зрачењу, дневни фактор оптерећења 1;
- СКС 0,4 kV, 10 kV, 20 kV и 35 kV: температура ваздуха  $\theta_v = 30^\circ\text{C}$ , температура проводника  $\theta_p = 90^\circ\text{C}$ , без ветра, вод изложен директном сунчевом зрачењу, дневни фактор оптерећења 1;
- подземни водови 110 kV: температура тла  $\theta_t = 20^\circ\text{C}$ , температура проводника:  $\theta_p = 85^\circ\text{C}$  за папирну изолацију и  $\theta_p = 90^\circ\text{C}$  за изолацију од умреженог полиетилена, дневни фактор оптерећења 1;
- подземни водови 35 kV: температура тла  $\theta_t = 20^\circ\text{C}$ , температура проводника  $\theta_p = 60^\circ\text{C}$  за папирну изолацију и  $\theta_p = 90^\circ\text{C}$  за изолацију од умреженог полиетилена, дневни фактор оптерећења 0,7;
- подземни водови 10 kV и 20 kV: температура тла  $\theta_t = 20^\circ\text{C}$ , температура проводника  $\theta_p = 65^\circ\text{C}$  за папирну изолацију и  $\theta_p = 90^\circ\text{C}$  за изолацију од умреженог полиетилена, дневни фактор оптерећења 0,7;
- подземни водови 0,4 kV: температура тла  $\theta_t = 20^\circ\text{C}$ , температура проводника:  $\theta_p = 70^\circ\text{C}$  за PVC изолацију и  $\theta_p = 90^\circ\text{C}$  за изолацију од умреженог полиетилена, дневни фактор оптерећења 0,7.



## 7 ЭЛЕМЕНТИ ЭЛЕКТРОДИСТРИБУТИВНЕ МРЕЖЕ

7.1 **Енергетски трансформатори 110/X kV (JUS IEC 76-1,2,3,5):**

7.1.1 **Избор основних параметара ЕТ-а односа трансформације 110/10,5 kV, 110/21 kV, 110/21/10,5 kV и 110/36,75/10,5 kV врши се према ТП-11.**

7.1.2 **Вредност назначене улазне (примарне) снаге ЕТ-а свих односа трансформација је:**

$$S_n = 20 \text{ MVA}; S_n = 31,5 \text{ MVA}; S_n = 40 \text{ MVA}.$$

**Односи назначених снага по намотајима:**

- за двонамотајне ЕТ-е свих односа трансформације:  $S_n / S_n$ ;
- за тронамотајне ЕТ-е:
  - 31,5/21/21 MVA;
  - 31,5/31,5/10,5 MVA;
  - 40/26/26 MVA.

7.1.3 **У табели 7.1.3 дате су типске спреге и вредности напона кратких спојева ЕТ-а 110/X kV.**

Табела 7.1.3: Типске спреге и вредности напона кратких спојева

Назначени однос трансформације	Спрега	Напон кратког споја [ $u_{k12} \%$ ] за снагу примарног намотаја		
		20 MVA	31,5 MVA	40 MVA
110/10,5 kV	YNd5	11*	14*	18*
110/21 kV	YNd5	11	13	17
110/21/10,5 kV	YNyn0d5	11	14	18
110/36,75/10,5 kV	YNyn0d5	11	14; 11**	18

Напомене:

\* Забрањен паралелан рад два ЕТ-а

\*\* Дозвољен паралелан рад два ЕТ-а преко секундарара са серијском пригушницом на терцијеру (унутар трансформаторског суда)

*Без звездица:* Дозвољен паралелан рад два ЕТ-а преко секундарара

7.1.4 **Опсег извода за регулацију напона је  $\pm 11 \times 1,5\%$ .**

7.1.5 **Хлађење ЕТ-а је комбиновано (ONAN/ONAF):** до 60% назначене снаге природним струјањем уља и ваздуха, изнад 60% назначене снаге природним струјањем уља и принудним струјањем ваздуха помоћу вентилатора.

**Оптерећивање ЕТ-а врши се у складу са стандардима JUS N.H1.016 и IEC 354 и према ТП-11. Дозвољено оптерећење ЕТ-а  $S_{doz}$  у зимском периоду, када се остварује максимално годишње оптерећење дистрибутивног конзума, износи:**

$$S_{doz} = k_{ETZ} \cdot S_n$$

где је  $S_n$  вредност назначене снаге ЕТ-а (тачка 7.1.2) за стандардне услове из тачке 6.2, док коефицијент  $k_{ETZ}$  показује однос дозвољеног оптерећења ЕТ-а у зимском периоду у односу на назначену снагу, и износи (види Додатак ТП-11):  $k_{ETZ} = 1,3$ .

**7.2 Енергетски трансформатори 35/10 kV (JUS IEC 76-1,2,3,5):**

7.2.1 ЕТ односа трансформације 35/10,5 kV треба да буде конструисан и произведен у складу са признатим техничким достигнућима, испитан и испоручен заједно са свим уређајима и опремом према стандарду JUS N.H1.006. У овој препоруци се дају неки основни параметри ЕТ-а.

7.2.2 **Вредност назначене снаге ЕТ-а је:**

$$S_n = 8 \text{ MVA}; S_n = 4 \text{ MVA}.$$

7.2.3 **Спрега ЕТ-а 35/10,5 kV је Dynd5.**

**Напон кратког споја износи  $u_{k12} = 7\%$  за снагу 8 MVA и  $u_{k12} = 6\%$  за снагу 4 MVA.**

7.2.4 **Опсег извода за регулацију напона је  $\pm 2 \times 2,5\%$ .**

**Изводи** за регулацију напона се бирају премештачем са 5 положаја, у безнапонском стању ЕТ-а. Извод са ознаком "1" одговара највећем броју навојака, извод "3" је главни извод.

7.2.5 **Хлађење ЕТ-а је природним струјањем уља и ваздуха (ONAN).**

Оптерећивање ЕТ-а врши се у складу са стандардима JUS N.H1.016 и IEC 354.

**Дозвољено оптерећење ЕТ-а  $S_{dozz}$  у зимском периоду, када се остварује максимално годишње оптерећење дистрибутивног конзума, износи:**

$$S_{dozz} = k_{ETZ} \cdot S_n$$

где је  $S_n$  вредност назначене снаге ЕТ-а (тачка 7.2.2) за стандардне услове из тачке 6.2, док коефицијент  $k_{ETZ}$  показује однос дозвољеног оптерећења ЕТ-а у зимском периоду у односу на назначену снагу, и износи:  $k_{ETZ} = 1,3$ .

**7.3 Енергетски трансформатори X/0,42 kV (JUS IEC 76-1,2,3,5):**

7.3.1 У електродистрибутивној мрежи се користе сви типови трофазних ЕТ-а домаћих произвођача: уљни (JUS.N.H1.005) или суви (JUS N.H1.018). Уљни ЕТ-и могу да буду са конзерватором (Додатак ТП-1) или без конзерватора (херметичко извођење).

7.3.2 У електродистрибутивној мрежи се користе **назначене снаге ЕТ-а:** 50 kVA, 100 kVA, 160 kVA, 250 kVA, 400 kVA, 630 kVA и 1000 kVA.

7.3.3 **Спрега ЕТ-а је Dyn5 за назначене снаге веће од 160 kVA и Yzn5 за назначену снагу до 160 kVA.**

**Напон кратког споја ЕТ-а је 4% за назначене снаге до 630 kVA и 6% за назначену снагу 1000 kVA.**

7.3.4 Назначени напон намотаја вишег напона је 10 kV, 20 kV или 35 kV, а назначени напон намотаја нижег напона је 420 V.

**Опсег извода за регулацију напона је  $\pm 2 \times 2,5\%$ .**

**Изводи** за регулацију напона се бирају премештачем са 5 положаја, у безнапонском стању ЕТ-а. Извод са ознаком "1" одговара највећем броју навојака, извод "3" је главни извод.

7.3.5 **Хлађење ЕТ-а је природним струјањем уља и ваздуха (ONAN).**

Оптерећивање ЕТ-а врши се у складу са стандардима JUS N.H1.016 и IEC 354.

**Дозвољено оптерећење ЕТ-а  $S_{dozz}$  у зимском периоду, када се остварује максимално годишње оптерећење дистрибутивног конзума, износи:**

$$S_{dozZ} = k_{ETZ} \cdot S_n$$

где је  $S_n$  вредност назначене снаге ЕТ-а (тачка 7.3.2) за стандардне услове из тачке 6.2, док коефицијент  $k_{ETZ}$  показује однос дозвољеног оптерећења ЕТ-а у зимском периоду у односу на назначену снагу, и износи:  $k_{ETZ} = 1,3$ .

7.3.6 **Вредности губитака празног хода  $P_o$ , губитака због оптерећења  $P_{cu}$  и струја празног хода  $I_o$**  дате су у Додатку ТП-1.

#### 7.4 Водови 110 kV

7.4.1 **Водови 110 kV** напајају се из ТС 400/110 kV и ТС 220/110 kV које припадају преносној електроенергетској мрежи.

ТС 110/10 kV, ТС 110/20 kV и ТС 110/35/10 kV се напајају:

- подземним кабловским или надземним водовима 110 kV на градском делу конзумног подручја;
- надземним водовима 110 kV на приградском делу конзумног подручја.

7.4.2 **Подземни кабловски водови** су типског пресека 800 mm<sup>2</sup> Al по фази или 500 mm<sup>2</sup> Cu по фази;

7.4.3 **Подземни надземни водови** су типског пресека Al/č 240/40 mm<sup>2</sup> по фази.

Могу да се користе једносистемски и двосистемски надземни водови.

7.4.4 **Подаци о дозвољеним струјним оптерећењима водова 110 kV**, и то назначене вредности  $I_{nd}$  које одговарају стандардним условима из тачке 6.3 и максимално дозвољене вредности  $I_{dozZ}$  у зимском периоду које одговарају условима из тачке 6.2, дати су у табели 7.4.4.

Табела 7.4.4 Дозвољене струје (снаге) водова 110 kV

Врста 110 kV вода	$I_{nd}$ [A]	$I_{dozZ}$ [A]	$S_{dozZ}$ [MVA]
Подземни, 800 mm <sup>2</sup> Al	703	857	≈160
Подземни, 500 mm <sup>2</sup> Cu	705	860	
Надземни, Al/č 240/40 mm <sup>2</sup>	645	860	
$I_{nd}$ - назначена вредност дозвољеног струјног оптерећења за температуру тла $\theta_t = 20^\circ\text{C}$ и температуру ваздуха $\theta_v = 40^\circ\text{C}$			
$I_{dozZ}$ - дозвољено струјно оптерећење у зимском периоду, за температуру тла $\theta_t = 8^\circ\text{C}$ и температуру ваздуха $\theta_v = 0^\circ\text{C}$			

#### 7.5 Водови 0,4 kV, 10 kV, 20 kV и 35 kV

7.5.1 У електродистрибутивним мрежама 0,4 kV, 10 kV, 20 kV и 35 kV користе се надземни и подземни (кабловски) водови. Надземни водови се раде са голим Al/č ужадима или са СКС-ом (ТП-8).

7.5.2 **Основни типови подземних каблова** који се користе у електродистрибутивним мрежама Србије су (ТП-3):

- мрежа 0,4 kV: четворожилни каблови, типа PP00-ASJ са PVC изолацијом и XP00-ASJ са изолацијом од умреженог полиетилена (УРЕ);
- мрежа 10 kV: трожилни кабл типа NPO 13-A са изолацијом од нарочито импрегнисаног папира и сноп три једножилна кабла типа XHE 49-A са УРЕ изолацијом;

- мрежа 20 kV: сноп три једножилна кабла типа ХНЕ 49-А са UPE изолацијом и трожилни кабл типа NPHO 13-А са изолацијом од нарочито импрегнисаног папира;
- мрежа 35 kV: сноп три једножилна кабла типа ХНЕ 49-А са UPE изолацијом или типа NPHA 03-А са изолацијом од нарочито импрегнисаног папира.

**За главне напојне водове дистрибутивних мрежа 0,4 kV, 10 kV, 20 kV и 35 kV користе се пресеци проводника:**

- 50 mm<sup>2</sup> Al, 95 mm<sup>2</sup> Al, 150 mm<sup>2</sup> Al и 240 mm<sup>2</sup> Al.

**Типски пресек проводника за главне напојне водове градских мрежа је 150 mm<sup>2</sup> Al.**

Међутим, **за прве деонице водова 10(20) kV из ТС 110/10(20) kV**, са неповољним условима полагања (велики број каблова у истом рову), **користи се пресек проводника 240 mm<sup>2</sup> Al.**

У табели 7.5.2 дати су подаци о дозвољеним струјним оптерећењима водова изведених енергетским кабловима са алуминијумским проводницима, и то назначене вредности  $I_{nd}$  које одговарају стандардним условима из тачке 6.3 и максимално дозвољене вредности  $I_{dozZ}$  у зимском периоду које одговарају условима из тачке 6.2, за просечне услове полагања на територији конзумног подручја Србије, при чему однос ових струја износи (види поглавље 25. у ТП-3):

$$I_{dozZ} = k_{dk} \cdot I_{nd} = 1,105 \cdot I_{nd}$$

Табела 7.5.2 Дозвољена струјна оптерећења (снаге) енергетских каблова са Al проводницима

Врста кабла	Пресек [mm <sup>2</sup> ]	0,6/1 kV*			6/10 kV; 12/20 kV			20/35 kV		
		$I_{nd}$ [A]	$I_{dozZ}$ [A]	$S_{dozZ}$ [kW]	$I_{nd}$ [A]	$I_{dozZ}$ [A]	$S_{dozZ}$ [MVA]	$I_{nd}$ [A]	$I_{dozZ}$ [A]	$S_{dozZ}$ [MVA]
PVC	95	211	233	161	-	-	-	-	-	-
	150	270	298	206	245	271	4,7; -	-	-	-
	240	355	392	271	315	348	6,0; -	-	-	-
NPO	95	-	-	-	190	210	3,6; 7,2	185	204	12,3
	150	-	-	-	250	276	4,8; 9,6	235	260	15,7
	240	-	-	-	325	359	6,2; 12,4	305	337	20,4
UPE	95	233	257	178	262	290	5,0; 10,0	253	280	17,0
	150	300	331	229	333	368	5,7; 11,4	321	355	21,5
	240	380	420	291	436	482	8,3; 16,6	419	463	28,0

$h = 0,7$  m за каблове до 35 kV и  $h = 1$  m за каблове 35 kV; \* -  $\cos \varphi = 0,95$   
 $\rho_i = 1$  K·m/W;  $k_{op} = 1$  (дистрибутивни конзум); један кабл у рову  
 $I_{nd}$  - назначена вредност дозвољеног струјног оптерећења за темп. тла  $\theta_i = 20^\circ\text{C}$   
 $I_{dozZ}$  - дозвољено струјно оптерећење у зимском периоду, за темп. тла  $\theta_i = 5^\circ\text{C}$

**7.5.3 У електродистрибутивним мрежама Србије се користи НН СКС типа Х00/О-А (Х00-А за кућне прикључке) и СН СКС типа ХНЕ 48/О-А (ТП-8).**

Фазни проводници НН СКС-а су пресека: 16 mm<sup>2</sup>, 35 mm<sup>2</sup> и 70 mm<sup>2</sup>.  
**За главне напојне водове користи се пресек 70 mm<sup>2</sup>.**

Фазни проводници СН СКС-а су пресека: 50 mm<sup>2</sup>, 70 mm<sup>2</sup> и 95 mm<sup>2</sup>.

У табели 7.5.3 дати су подаци о дозвољеним струјним оптерећењима водова изведених СКС-ом, и то назначене вредности I<sub>nd</sub> које одговарају стандардним условима из тачке 6.3 и максимално дозвољене вредности I<sub>dozZ</sub> у зимском периоду које одговарају условима из тачке 6.2, при чему однос ових струја износи (види поглавље 11. у ТП-8):

$$I_{dozZ} = k_{dSKS} \cdot I_{nd} = 1,55 \cdot I_{nd} \text{ за СКС вод и}$$

$$I_{dozZ} = k_{dSKS} \cdot I_{nd} = 1,36 \cdot I_{nd} \text{ за СКС кућни прикључак.}$$

Табела 7.5.3 Дозвољена струјна оптерећења (снаге) СКС-а

Врста вода	Пресек [mm <sup>2</sup> Al]	0,6/1 kV			6/10 kV; 12/20 kV			20/35 kV		
		I <sub>nd</sub> [A]	I <sub>dozZ</sub> [A]	S <sub>dozZ</sub> [kW] *	I <sub>nd</sub> [A]	I <sub>dozZ</sub> [A]	S <sub>dozZ</sub> [MVA]	I <sub>nd</sub> [A]	I <sub>dozZ</sub> [A]	S <sub>dozZ</sub> [MVA]
СКС	35	131	203	133	-	-	-	-	-	-
	50	-	-	-	176	273	4,7; 9,4	17	277	16,8
	70	198	307	202	217	336	5,8; 11,6	22	341	20,6
	95	-	-	-	264	409	7,4; 14,2	26	414	25,0
СКС прикљ.	4x16	81	110	72						
I <sub>nd</sub> - назначена вредност дозвољеног струјног оптерећења за: $\theta_v = 30^\circ\text{C}$ ; $v = 0 \text{ m/s}$ ; директно сунчево зрачење.										
I <sub>dozZ</sub> - дозвољено струјно оптерећење у зимском периоду: $\theta_v = 0^\circ\text{C}$ ; $v = 0,6 \text{ m/s}$ за вод и $\theta_v = 10^\circ\text{C}$ ; $v = 0 \text{ m/s}$ за прикључак; без директног сунчевог зрачења; * - $\cos \varphi = 0,95$										

**7.5.4 Дозвољено струјно оптерећење надземног вода изведеног голим алучеличним (Al/ч) ужадима** прорачунава се према изразу:

$$I_{doz} = k_{op} \cdot k_{\theta v} \cdot k_v \cdot k_{sz} \cdot I_{nd}$$

где је:

I<sub>doz</sub> = дозвољено струјно оптерећење вода, у амперима (А);

k<sub>op</sub> = сачинилац промене дозвољеног струјног оптерећења вода од фактора оптерећења m и за надземне водове износи: k<sub>op</sub> = 1;

k<sub>θv</sub> = сачинилац промене дозвољеног струјног оптерећења вода од температуре ваздуха θ<sub>v</sub>, и у опсегу 0°C ≤ θ<sub>v</sub> ≤ +40°C за Al/ч ужад прорачунава се према изразу: k<sub>θv</sub> = 1 + 0,009 · (40 – θ<sub>v</sub>);

k<sub>v</sub> = сачинилац промене дозвољеног струјног оптерећења вода од брзине ветра v, и у опсегу 0 m/s ≤ v ≤ 6,0 m/s добија се из табеле 7.5.4а;

k<sub>sz</sub> = сачинилац промене дозвољеног струјног оптерећења вода који има вредност k<sub>sz</sub> = 1 ако је вод изложен директном сунчевом

зрачењу, односно вредности које су дате у табели 7.5.4а ако вод није изложен директном сунчевом зрачењу;

$I_{nd}$  = назначена вредност дозвољеног струјног оптерећења вода, у амперима (А), која се узима из табеле 7.5.4б за референтне услове који су дати у истој табели и односе се на случај када је вод изложен директном сунчевом зрачењу.

У табели 7.5.4б дати су подаци о дозвољеним струјним оптерећењима водова изведених голим Al/ч ужадима, и то назначене вредности  $I_{nd}$  које одговарају стандардним условима из тачке 6.3 и максимално дозвољене вредности  $I_{dozZ}$  у зимском периоду које одговарају условима из тачке 6.2, при чему однос ових струја износи:

$$I_{dozZ} = k_{dAl\check{c}} \cdot I_{nd} = 1,9 \cdot I_{nd}$$

Табела 7.5.4а: Сачиниоци промене дозвољеног струјног оптерећења због ветра  $k_v$  и утицаја директног сунчевог зрачења  $k_{sz}$

v [m/s]		0	0,6	1	2	3	4	5	6
Al/ч	$k_v$	1	1,191	1,295	1,459	1,567	1,648	1,713	1,799
	$k_{sz}$	1,291	1,180	1,146	1,109	1,092	1,083	1,076	1,068
$k_{sz} = 1$ ако је вод изложен директном сунчевом зрачењу									

Табела 7.5.4б: Дозвољена струјна оптерећења (снаге) надземних водова са Al/ч ужадима

Al/ч 6:1, пресек проводника [mm <sup>2</sup> ]	$I_{nd}$ [A]	$I_{dozZ}$ [A]	$S_{dozZ}$			
			[kW]*	[MVA]		
			1 kV	10 kV	20 kV	35 kV
50	170	323	212	5,6	11,2	19,6
70	235	447	294	7,7	15,5	27,0
95	290	550	-	9,5	19	33,0
$\theta_p = 80^\circ\text{C}; k_{op} = 1; * - \cos \varphi = 0,95$						
$I_{nd}$ - назначена вредност дозвољеног струјног оптерећења за $\theta_v = 40^\circ\text{C}; v = 0 \text{ m/s}$ ; директно сунчево зрачење						
$I_{dozZ}$ - дозвољено струјно оптерећење у зимском периоду за $\theta_v = 0^\circ\text{C}; v = 0,6 \text{ m/s}$ ; без директног сунчевог зрачења						

## 7.6 ТС 110/10 kV, ТС 110/20 kV и ТС 110/35/10 kV

У електродистрибутивној мрежи користе се:

ТС 110/10 kV, ТС 110/20 kV, ТС 110/20/10 kV и ТС 110/35/10 kV.

**ТС је пролазна**, са прикључењем на мрежу 110 kV по принципу "улаз-излаз", два ЕТ-а инсталисане снаге 2x31,5 MVA или 2x40 MVA у коначној етапи градње.

**Постројења 110 kV, 35 kV, 20 kV и 10 kV су са једним системом сабирница** (једноструке сабирнице), подужно секционисане.

**Број изводних ћелија** 10 kV, 20 kV и 35 kV зависи од инсталисане снаге намотаја ЕТ-а на одговарајућем напонском нивоу, усвојених типова и пресека водова, усвојене концепције (обликовања) мреже, посебно у вези резервирања (број деоница повезних водова и полупрстенова), као и присуства потрошача посебне намене (водовод, болница итд.). Оријентациони подаци о броју извода (већи број одговара градском конзуму, строжим захтевима у погледу поузданости напајања и присуству потрошача посебне намене):

- постројење 10 kV:
  - 24 до 30 извода у ТС 2x31,5 MVA;
  - 32 до 40 извода у ТС 2x40 MVA;
  - 16 до 20 извода у ТС 2x31,5/21/21 MVA.
- постројење 20 kV:
  - 12 до 15 извода у ТС 2x31,5 MVA;
  - 16 до 20 извода у ТС 2x40 MVA.
- постројење 35 kV: 4 до 6 извода у ТС 110/35/10 kV снаге 2x31,5/21/21 MVA.

**ТС је стална, без посаде и даљински управљана.**

Остали подаци, као: избор локације, избор опреме, заштита, мерење, уземљење, управљање, једнополне шеме итд. дати су у ТП-12а.

### 7.7 ТС 35/10 kV

У електродистрибутивној мрежи користе се ТС 35/10 kV са два ЕТ-а инсталисане снаге 2x8 MVA и 2x4 MVA. Постројења 35 kV и 10 kV су са једним системом сабирница (једноструке сабирнице), подужно секционисане.

Оријентациони подаци о броју извода 10 kV и 35 kV (већи број одговара градском конзуму, строжим захтевима у погледу поузданости напајања и присуству потрошача посебне намене):

- постројење 10 kV:
  - 8 до 10 извода у ТС 2x8 MVA;
  - 4 до 6 извода у ТС 2x4 MVA.
- постројење 35 kV: 2 до 4 извода.

ТС је стална, без посаде и даљински и/или локално управљана.

Остали подаци, као: избор локације, избор опреме, заштита, мерење, уземљење, управљање, једнополне шеме итд. дати су у ТП-12б.

### 7.8 ТС X/0,4 kV

У електродистрибутивној мрежи користе се: ТС 10/0,4 kV и 20/0,4 kV, а у надземној мрежи 35 kV користе се и ТС 35/0,4 kV.

- 7.8.1 **У градском подручју** ТС се изводи као посебан слободностојећи објекат (по правилу: префабрикована монтажано-бетонска ТС), а изузетно је дозвољена и уградња ТС у стамбену зграду или у неки други јавни објекат.

**ТС је са једним ЕТ-ом инсталисане снаге 630 kVA.**

ТС је пролазна, са прикључењем на кабловску мрежу 10 kV и 20 kV по принципу "улаз-излаз" и са 8 кабловских НН извода.

Остали подаци, као: избор локације, избор опреме, заштита, мерење, уземљење, управљање, једнополна шема итд. дати су у ТП-1а.

7.8.2 **На ванградском подручју** ТС се изводи као стубна или као посебан слободностојећи објекат. ТС је са једним ЕТ-ом.

Користе се **три типа стубне ТС** (ТП-1в):

- инсталисане снаге 100 kVA, са крутим прикључењем на високонапонску мрежу и без посебног развода НН (трафо поље 0,4 kV уједно служи и као изводно поље НН);
- инсталисане снаге 250 kVA и 400 kVA, са прикључењем на високонапонску мрежу преко растављача и осигурача и са 4 извода НН;
- остали подаци, као: избор локације, избор опреме, заштита, мерење, уземљење, управљање, једнополна шема итд. дати су у ТП-1в.

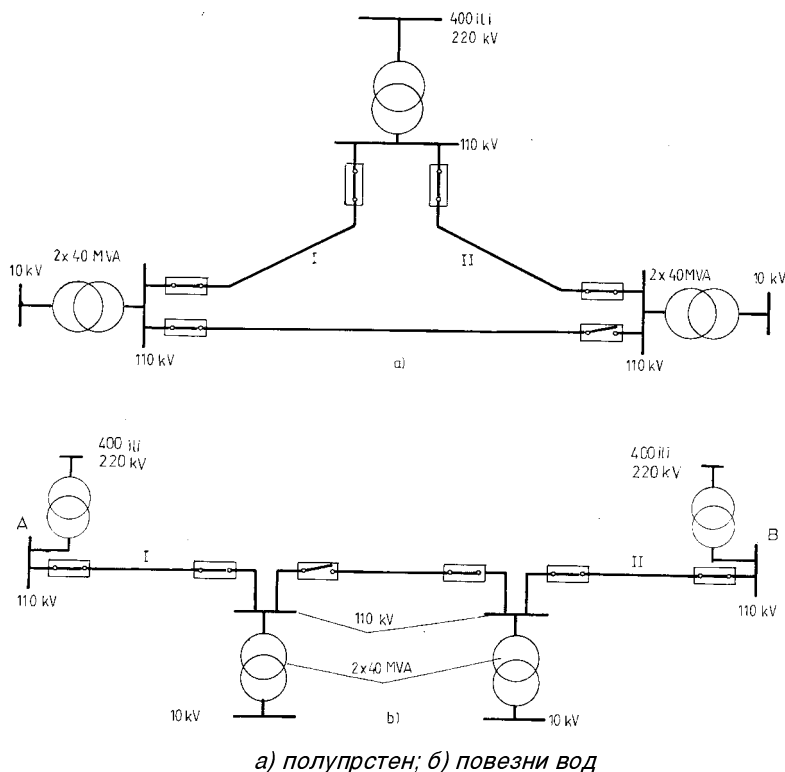
Као посебан слободностојећи објекат користи се префабрикована (бетонска, алуминијумска итд.) ТС 10(20)/0,4 kV инсталисане снаге 400 kVA, која се кабловски прикључује на надземну мрежу, у свему према ТП-1в.



## 8 ПРИНЦИПИ ОБЛИКОВАЊА ЕЛЕКТРОДИСТРИБУТИВНЕ МРЕЖЕ

8.1 Типски технички модул за обликовање електродистрибутивне мреже 110 kV дат је на сл.8.1 (пример трансформације 400(220)/110 kV и 110/10 kV). Свака ТС 110/X kV има могућност двостраног напајања преко повезног вода или отворене петље. Надземна мрежа 110 kV може да ради и у затвореној петљи.

Водови 110 kV планирају се тако да један вод напаја две ТС 110/X kV. ЕТ-и у ТС 110/10 kV, ТС 110/20 kV и ТС 110/35/10 kV могу у нормалном погону да се оптерете до назначене снаге.



Сл.8.1: Типски технички модул 110 kV мреже

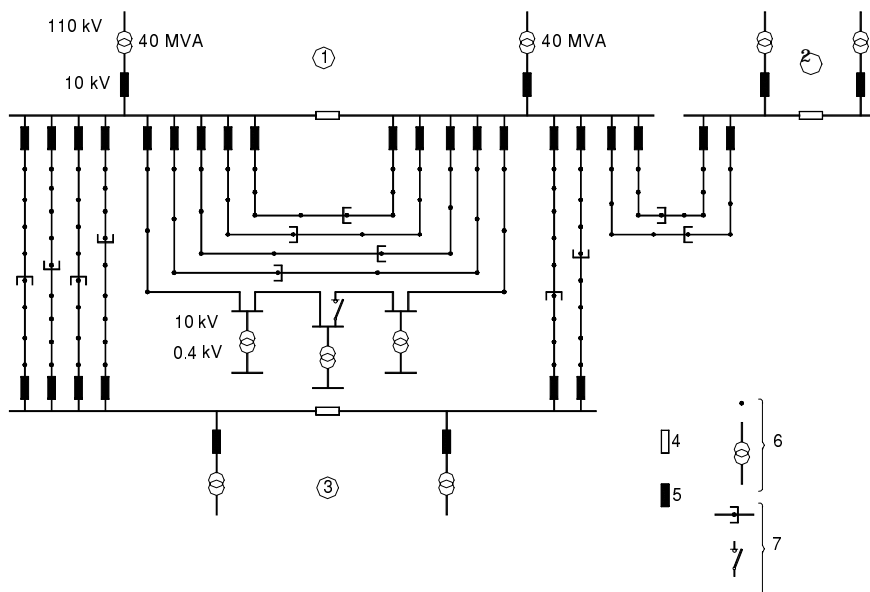
8.2 Принципи обликовања електродистрибутивне мреже 35 kV:

**Водови** називног напона 35 kV у ванградском подручју су надземни и планирају се тако да се у нормалном погону једна пуно оптерећена ТС 35/10 kV напаја једним водом називног напона 35 kV. У случају испада напојног вода, испала ТС се прикључује на резервни вод. Један надземни вод 35 kV изведен Al/ч ужетом 95 mm<sup>2</sup> може у време максималног годишњег оптерећења дистрибутивног конзума (зимски период) да напаја 2 ТС 35/10 kV снаге 2x(2x8 MVA), по истом типском техничком модулу који је за мрежу 110 kV дат на сл.8.1, с тим што су сада изворишне ТС 110/35 kV. У оквиру полупетље или полупрстена 35 kV могу да се прикључе и 3 ТС 35/10 kV снаге: 2x(2x4 MVA) + 1x(2x8 MVA).

**Водови** називног напона **35 kV у градском подручју** су кабловски и оптерећују се по принципу "један кабловски вод - један ЕТ". У случају испада напојног вода, ЕТ који је остао без напајања прикључује се на резервни вод или се конзум испалог ЕТ-а напаја преко повезних водова 10 kV суседних ТС, ако је и мрежа 10 kV тако обликована (сл.8.3).

### 8.3 Принципи обликовања мреже 10 kV (20 kV):

**Подземна електродистрибутивна мрежа 10 kV (20 kV)** састоји се из комбинације повезних и прстенастих водова. Обе врсте водова раде тако да ТС 10(20)/0,4 kV нису једновремено двострано напојене. **Критеријуми за избор оптималног уклопног стања** су: равномерно оптерећење између напојних ТС, равномерно оптерећење између извода 10 kV(20 kV), најмањи падови напона и губици, највећа поузданост итд. На сл.8.3 дат је пример концепцијског решења 10 kV мреже велике густине оптерећења (градски конзум). У овим мрежама треба тежити да међуповезних водова буде најмање 40%, док полупрстенова не би требало да буде више од 60%.



1, 2 и 3 - ТС 110/10 kV или 35/10 kV; 4 прекидач отворен; 5 прекидач затворен; 6 ТС 10/0,4 kV; 7 место раздвајања петље (прстена) мреже 10 kV.

### Сл.8.3: Пример концепцијског решења мреже 10 kV великог града

**Надземна електродистрибутивна мрежа 10(20)/0,4 kV** обликује се, у принципу, као и подземна. Ако из техноекономских разлога није оправдано формирање повезних водова, односно прстенова, користе се радијални водови. Надземни водови могу да имају огранке.

Нови вод 10 kV (20 kV) у постојећој мрежи треба да се планира када водови који напајају ТС 10(20)/0,4 kV на разматраном подручју достигну у нормалном погону струјно оптерећење једнако 90% своје стандардне вредности, ако су задовољени и остали критеријуми (квалитет електричне енергије, сигурност).

Водови 10 kV и 20 kV оптерећују се у првој години експлоатације најмање 50% од своје дозвољене вредности.

- 8.4 Технички услови за планирање и изградњу НН мрежа и припадајућих ТС дати су у ТП-146.

## 9 ПРОГНОЗА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ И ВРШНЕ СНАГЕ

- 9.1 **Потреба за електричном енергијом и вршном снагом** у периоду за који се на одређеном конзумном подручју планира мрежа зависи од многих чинилаца, као што су: тренд промене националног дохотка, могућност коришћења других облика енергије и њихов међусобни однос цена (паритет), достигнути ниво специфичне потрошње, стандард становништва, тренд промене броја становника итд. Чињеница да потребе за електричном енергијом и вршном снагом како у прошлости, тако и у будућности, зависе од наведених фактора, **омогућила је развој и коришћење две методе за прогнозу.**

- а) **Независна (екстраполациона) метода** која за прогнозу промене неке величине (електрична енергија или вршна снага) у будућности користи искључиво податке о промени посматране величине у прошлости;
- б) **Зависна (корелациона) метода** која за прогнозу промене неке величине користи величине које посредно или непосредно у знатној мери утичу на посматрану величину.

Обе наведене методе често се комбинују и то како у односу на променљиву која се прогнозира тако и у односу на целину или делове конзумног подручја за које се врши прогноза.

**Независна (екстраполациона) метода** за прогнозу потрошње електричне енергије и вршне снаге најчешће се користи за конзум електро-дистрибутивног предузећа као целине.

**Зависна (корелациона) метода** за прогнозу потрошње електричне енергије и вршне снаге најчешће се користи на деловима конзумног подручја за чворишта развода средњег напона - ТС 110/X kV и ТС 35/10 kV, или за мање делове конзумних подручја ових ТС (ТП-146).

- 9.2 **Независна (екстраполациона) метода за прогнозу потрошње електричне енергије:**

**Потрошња електричне енергије  $W_t$  у прогнозном периоду**, на основу потрошње електричне енергије у претходном периоду, прорачунава се из израза:

$$W_t = a \cdot t + b \quad (1)$$

где је:

$t = 1, 2, \dots, n$  дужина претходног периода у годинама;

$a, b$  = коефицијенти који се прорачунавају према изразима:

$$a = \frac{\sum_{t=1}^n t \cdot \sum_{t=1}^n W_t - n \sum_{t=1}^n t \cdot W_t}{\left(\sum_{t=1}^n t\right)^2 - n \cdot \sum_{t=1}^n t^2}; \quad (2) \quad b = \frac{\sum_{t=1}^n W_t \cdot \sum_{t=1}^n t^2 - \sum_{t=1}^n t \cdot \sum_{t=1}^n t \cdot W_t}{n \cdot \sum_{t=1}^n t^2 - \left(\sum_{t=1}^n t\right)^2}. \quad (3)$$

Електрична енергија у прогнозном периоду од  $N$  година одређује се према изразу (1) са коефицијентима одређеним из (2) и (3) за  $t = n+1, n+2, \dots, n+N$  година.

Дужина претходног периода, као и избор интервала у прошлости из којег се узимају подаци о потрошњи електричне енергије, треба да се варирају, а резултати прогнозе треба да се упореде са реализованим вредностима потрошње електричне енергије. Резултати наведене анализе одређују дужину и интервал претходног периода за које се примењују изрази (1), (2) и (3) за прогнозни период.

**Просечна годишња стопа промене потрошње електричне енергије** за прогнозни период од  $N$  година одређује се из израза:

$$p (\%) = \left[ \left( e^{\frac{\ln(W_N/W_n)}{N}} \right) - 1 \right] \cdot 100 \quad (4)$$

где је:

$W_N$  - потрошња електричне енергије у последњој години прогнозираног периода;

$W_n$  - потрошња електричне енергије у последњој години претходног периода.

### 9.3 Независна (екстраполациона) метода за прогнозу вршне снаге:

Промена вршног оптерећења у прогнозном периоду може да се одреди на основу података о вршном оптерећењу или потрошњи електричне енергије у претходном периоду.

**Вршна снага  $P_{mt}$  у прогнозном периоду**, на основу вршне снаге из претходног периода, прорачунава се из израза:

$$P_{mt} = a \cdot t + b \quad (5)$$

где се коефицијенти  $a$  и  $b$  прорачунавају помоћу израза (2) и (3) примењени на вршну снагу из претходног периода.

Полазећи од прогнозе потрошње електричне енергије, вршно оптерећење посматраног подручја одређује се из израза:

$$P_{mt} = a \cdot W_t + b \quad (6)$$

где се коефицијенти  $a$  и  $b$  прорачунавају на основу података о потрошњи електричне енергије и вршне снаге за изабрани претходни период.

### 9.4 Зависна (корелациона) метода за прогнозу потрошње електричне енергије:

**Зависна метода** заснива се на узајамној зависности потрошње електричне енергије и других неелектричних величина. Како ове неелектричне величине не утичу на исти начин на све потрошаче, **сви потрошачи се разврставају у три сектора потрошње:**

- сектор домаћинства;
- сектор индустрија;
- сектор "остали" потрошачи: занатство, трговина, администрација, школство, здравство итд.

Прогнозиране укупне потребе за електричном енергијом добијају се као збир прогнозираних вредности за сва три сектора потрошње:

$$W_{ut} = W_{dt} + W_{int} + W_{ost} \quad (7)$$

9.4.1 Сектор домаћинства:

Укупна потрошња електричне енергије у сектору домаћинства ( $W_{dt}$ ) у години  $t$  може да се изрази као производ потрошње просечног домаћинства ( $W_{tdt}$ ) у години  $t$  и броја домаћинстава  $d_t$  на посматраном подручју у тој години, односно:

$$W_{dt} = W_{tdt} \cdot d_t \tag{8}$$

Потрошња просечног домаћинства на крају периода посматрања  $t$  одређује се из израза:

$$W_{tdt} = W_{td(t-1)} \cdot e^{\frac{n_t}{T} \cdot \ln \frac{W_{grd}}{W_{td(t-1)}}} = W_{td(t-1)}^{\frac{T-n_t}{T}} \cdot W_{grd}^{\frac{n_t}{T}} \tag{9}$$

где је:

$W_{tdt}$  - потрошња просечног домаћинства на крају периода  $t$ ;

$W_{td(t-1)}$  - потрошња просечног домаћинства на крају периода  $(t-1)$ ;

$n_t$  - број година посматраног периода  $t$ ;

$W_{grd}$  - гранична вредност годишње потрошње просечног домаћинства;

$T$  - претпостављена дужина периода за који би потрошња просечног домаћинства, уз константну стопу раста, достигла граничну вредност (20, 30, ... 50 година).

**Гранична вредност годишње потрошње ( $W_{grd}$ ) просечног домаћинства** зависна је од величине стана, броја чланова домаћинства, укупног прихода домаћинстава, опремљености домаћинстава електричним апаратима, цене електричне енергије, могућности коришћења других облика енергије и других чинилаца. За потребе одређивања граничне вредности потрошње просечног домаћинства од 3 члана са површином стана од око 60 m<sup>2</sup> могу да се користе подаци о потрошњи електричне енергије појединих апарата из табеле 9.4.

Табела 9.4: Гранична вредност потрошње просечног домаћинства

Ред. бр.	Назив апарата	Инсталисана снага [kW]	Годишња потрошња $W_{grd}$ [kWh/дом.]
1.	Штедњак	6,4 - 9,0	1300
2.	Бојлер у купатилу	1,5 - 2,0	2000
3.	Бојлер у кухињи	1,5 - 2,0	800
4.	Машина за посуђе	2,5 - 4,0	
5.	Машина за веш	2,3 - 3,5	500
6.	Осветљење	0,6 - 1,0	400
7.	Фрижидер	0,14	400
8.	Замрзивач	0,14	700
9.	Пегла	1,0	120
10.	Усисивач прашине	0,3	30
11.	ТВ и радио апарат	0,25	200
12.	Грејање	4- 6	6000
13.	Клима уређаји	0,18 - 1,0	800
14.	Остали апарати	0,5	200
УКУПНО		≈ 22 - 31	13450

Број домаћинстава на посматраном подручју одређује се из израза:

$$d_t = \frac{S_t}{S_{dpr}} \quad (10)$$

где је:  $S_t$  - број становника у години  $t$ ;

$S_{dpr}$  - број чланова просечног домаћинства.

Број становника у години  $t$  одређује се из израза:

$$S_t = S_o \cdot (1 + p_s)^t \quad (11)$$

где је:

$S_o$  - број становника у последњој години претходног периода;

$p_s$  - просечна годишња стопа пораста броја становника из претходног периода.

Број чланова просечног домаћинства одређује се из демографских података добијених код статистичких или урбанистичких установа.

#### 9.4.2 Сектор индустрије:

Потрошња електричне енергије у сектору индустријских потрошача зависи од индустријске гране, обима производње, потрошње електричне енергије по јединици производа, могућности коришћења других облика енергије и других чинилаца. Одређивање ових зависности за све индустријске потрошаче је приметан и непоуздан поступак. Зато се индустријски потрошачи деле на две категорије:

- индустријски потрошачи преко 42 kW вршне снаге;
- индустријски потрошачи до 42 kW вршне снаге.

При планирању развоја дистрибутивних мрежа се **за индустријске потрошаче из прве категорије** прикупљају подаци путем анкета. За ове индустријске потрошаче најзначајније је путем анкете добити податак за прогнозирану потрошњу  $j$ -тог потрошача у години  $t$  ( $W_{jt}$ ).

**За индустријске потрошаче из друге категорије** прогноза потреба за електричном енергијом одређује се на основу усвојене стопе раста по експоненцијалној релацији:

$$W_{igt} = W_{igo} (1 + p_{in})^t \quad (12)$$

где је:

$W_{igt}$  - прогнозирана потрошња друге групе индустријских потрошача у години  $t$ ;

$W_{igo}$  - потрошња на крају претходног периода;

$p_{in}$  - усвојена годишња стопа пораста потрошње електричне енергије.

**Укупне потребе за електричном енергијом  $W_{int}$  у сектору индустрије** добијају се као збир појединачних потреба индустријских потрошача из прве и друге категорије:

$$W_{int} = \sum_j W_{jt} + W_{igt} \quad (13)$$

#### 9.4.3 Сектор "остала потрошња":

Укупна **потрошња електричне енергије** у сектору "остале" потрошње због разнородности делатности зависи од много чинилаца, као што су: ниво развијености земље (подручја), број запослених у појединим терцијерним делатностима, број становника на посма-

траном подручју, цена електричне енергије и других енергената и паритет цена, бројност популације школског узраста итд.

**За сектор "остала потрошња"** прогноза потреба за електричном енергијом одређује се на основу усвојене стопе раста по експоненцијалној релацији:

$$W_{ost} = W_{oso} \cdot (1 + p_{os})^t \quad (14)$$

где је:

$W_{ost}$  - прогнозирана потрошња сектора "остале потрошње" у години;

$W_{oso}$  - реализована потрошња истог сектора у последњој години претходног периода;

$p_{os}$  - усвојена стопа раста у овом сектору.

### 9.5 Зависна (корелациона) метода за прогнозу вршне снаге

**Зависна метода** за прогнозу вршне снаге базира се на прогнози потрошње електричне енергије, због веће стабилности потрошње електричне енергије од климатских и других сезонских утицаја у односу на вршну снагу. Претпостављајући да је у претходном и прогнозом периоду годишњи дијаграм трајања оптерећења непроменљив, вршна снага у години  $t$  може да се одреди на основу израза:

$$P_{mt} = \frac{W_{ut}}{m \cdot 8760} \quad (15)$$

где је:

$W_{ut}$  - укупна прогнозирана потрошња електричне енергије у години;

$m$  - годишњи фактор оптерећења.

**Годишњи фактор оптерећења** израчунава се из остварене годишње потрошње енергије и вршне снаге у претходном периоду:

$$m = \frac{W_{u(t-1)}}{P_{m(t-1)} \cdot 8760} \quad (16)$$

**За сектор "остала потрошња"** прогноза вршне снаге може да се изврши и директним поступком помоћу усвојеног специфичног оптерећења по јединици активне површине објекта (измереног на објектима истог типа) одговарајуће делатности, табела 9.5, помоћу израза:

$$P_{mos} = p_{mos} \cdot S_{ob} \cdot 10^{-3} \quad (17)$$

где је:

$P_{mos}$  - прогнозирано максимално оптерећење у [kW];

$p_{most}$  - специфично оптерећење одређене делатности у [W/m<sup>2</sup>];

$S_{ob}$  - површина објекта (зграде) у којој се обавља делатност у [m<sup>2</sup>].

Табела 9.5: Специфично оптерећење сектора "остала потрошња"

Делатност	Специфично оптерећење $p_{most}$ [W/m <sup>2</sup> ]
Просвета	10 - 25
Здравство	10 - 35
Спортски центри	10 - 50
Хотели са клима уређајима	30 - 70
Хотели без клима уређаја	20 - 30
Мале пословне зграде	15 - 30
Трговине	25 - 60

***Литература:***

- 1 *Срђо Мрђа: Методологија и критеријуми за планирање преносне мреже ЕПС-а. Студија, 2000. година.*
- 2 *др Јован Нахман: Поузданост електродистрибутивних мрежа (Студија, 2000.).*
- 3 *Техничке препоруке ЕД Србије.*



**САДРЖАЈ**

Р. бр.		Стр.
1	Опсег важења и намена	1
2	Термини и дефиниције	1
3	Врсте планова развоја ЕД мреже	3
4	Општи услови за конципирање ЕД мреже	4
5	Основни технички подаци	5
6	Погонски и амбијентни услови	5
7	Елементи ЕД мреже	7
8	Принципи обликовања ЕД мреже	14
9	Прогноза електричне енергије и снаге	16