

ТЕХНИЧКА ПРЕПОРУКА бр. 6

**УЗЕМЉЕЊЕ НЕУТРАЛНИХ ТАЧАКА У
ЕЛЕКТРОДИСТРИБУТИВНИМ МРЕЖАМА**

110 kV, 35 kV, 20 kV, 10 kV И 0,4 kV

**V издање
март 2004.**

#

#	
ИЗДАВАЧ:	ЈП ЕПС ДИРЕКЦИЈА ЗА ДИСТРИБУЦИЈУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ СРБИЈЕ БЕОГРАД, Војводе Степе 412
Техничко уређење:	Томислав Бојковић
Коректура:	Томислав Бојковић
Рачунарска обрада цртежа:	Слободан Мариновић и Влада Крстић
Штампа:	"МСТ Гајић" Београд
Тираж:	500 примерака

#**Напомене уз ново V-о издање ТП-6:**

V-о издање ТП-6 је репринт IV-ог издања од децембра 1998.-е године, осим што је измењена тачка 7.3 и унета нова сл.8.3.2.

март 2004.

#

Из архиве:

На основу предлога Радне групе, Комисија за техничка питања Пословног удружења Електродистрибуције Србије издаје

ТЕХНИЧКУ ПРЕПОРУКУ бр. 6
УЗЕМЉЕЊЕ НЕУТРАЛНИХ ТАЧАКА
У ЕЛЕКТРОДИСТРИБУТИВНИМ МРЕЖАМА
110 kV, 35 kV, 20 kV, 10 kV и 0,4 kV

III-е издање

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

Чланови Техничког савета:

- 1 Јован Милић, "Електродистрибуција" Београд
- 2 мр Јосиф Спирић, "Електродистрибуција" Лесковац
- 3 Лука Георгијевић, "Електровојводина" Нови Сад
- 4 др Драгутин Станојевић, "Електродистрибуција" Београд
- 5 Бранко Танасијевић, "Електросрбија" Краљево
- 6 Миодраг Павковић, "Електротимок" Зајечар
- 7 Милоје Јездимировић, "Електродистрибуција" Ужице
- 8 Зоран Манчић, "Електродистрибуција" Пирот
- 9 Бране Нијемчевић, "Електрошумадија" Крагујевац
- 10 Панта Грковић, "Електрокосмет" Приштина
- 11 Златко Гавран, "Електроморава" Пожаревац
- 12 Станиша Тасић, "Електродистрибуција" Врање
- 13 Федора Лончаревић, Пословно удружење Београд
- 14 Томислав Бојковић, Пословно удружење Београд
- 15 Крсто Жижић, Пословно удружење Београд.

Чланови Радне групе:

- 1 Слободан Максимовић, "Електродистрибуција" Београд
- 2 Борислав Недељковић, "Електровојводина" Нови Сад
- 3 Владимир Обочки, "Електровојводина" Нови Сад
- 4 Никола Божилев, "Електропројект" Краљево
- 5 Властимир Пауновић, "Електрокосово" Приштина
- 6 Томислав Бојковић, Пословно удружење Београд.

октобар 1990.

На основу предлога Радне групе, Технички савет ЕПС-а - Дирекција за дистрибуцију електричне енергије Србије је на 155.-ом састанку који је одржан 15.12.1998. године у Панчеву донео одлуку: **усваја се**

ТЕХНИЧКА ПРЕПОРУКА бр. 6
УЗЕМЉЕЊЕ НЕУТРАЛНИХ ТАЧАКА
У ЕЛЕКТРОДИСТРИБУТИВНИМ МРЕЖАМА
110 kV, 35 kV, 20 kV, 10 kV и 0,4 kV

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

Чланови Техничког савета:

- 1 Милутин Радуловић, "Електродистрибуција" Београд
- 2 др Јосиф Спирић, "Електродистрибуција" Лесковац
- 3 мр Ненад Катић, "Електројоводина" Нови Сад
- 4 мр Миладин Танасковић, "Електродистрибуција" Београд
- 5 Драган Балкоски, ЕПС Београд
- 6 Милосав Филиповић, "Електросрбија" Краљево
- 7 Миодраг Павковић, "Електротимок" Зајечар
- 8 Милоје Јездимировић, "Електродистрибуција" Ужице
- 9 Константин Живковић, "Електродистрибуција" Ниш
- 10 Мирослав Марковић, "Електропривреда Црне Горе" Никшић
- 11 Митар Алексић, "Електрошумадија" Крагујевац
- 12 Миодраг Анђелковић, "Електрокосмет" Приштина
- 13 Влајко Муњас, "Електроморава" Пожаревац
- 14 Миодраг Миљковић, "Електродистрибуција" Врање
- 15 Светозар Гламочлија, ЕП Републике Српске Бања Лука
- 16 Жарко Мићин, "Електројоводина" Нови Сад
- 17 Александар Петровић, "Електросрбија" Ваљево
- 18 Федора Лончаревић, ЕПС-Дирекција за дистрибуцију Београд
- 19 Слободан Кујовић, ЕПС-Дирекција за дистрибуцију Београд

Чланови Радне групе:

- 1 Владимир Балковој, "Електројоводина" Нови Сад
- 2 Богдан Фундук, "Електродистрибуција" Београд
- 3 Светозар Ламбрин, "Електродистрибуција" Београд
- 4 Никола Греговић, "Електрошумадија" Крагујевац
- 5 Мирослав Младеновић, "Електрошумадија" Крагујевац
- 6 Томислав Бојковић, ЕПС-Дирекција за дистрибуцију Београд

децембар 1998.

1 ОПСЕГ ВАЖЕЊА И НАМЕНА

- 1.1 Ова препорука се односи на избор начина уземљења неутралних тачака:
- у мрежама 110 kV, 35 kV, 20 kV, 10 kV и 0,4 kV које граде електродистрибутивне организације Србије;
 - мреже и постројења за чију је изградњу неопходна електроенергетска сагласност електродистрибуције;
 - мреже и постројења које се повремено или стално прикључују на мрежу електродистрибуције.
- 1.2 Ова препорука даје:
- основне техничке услове при избору начина уземљења неутралних тачака дистрибутивних мрежа одређеног напонског нивоа;
 - толерантне границе дужина трајања земљоспоја с обзиром на одабрану земљоспојну заштиту и испуњење услова безбедности у постројењима, на мрежи и у инсталацијама потрошача;
 - струје земљоспоја које су меродавне за димензионисање система уземљења постројења и водова;
 - основне карактеристике опреме и уређаја (нискоомски отпорник, уљна реактанса, трансформатор за уземљење итд.) помоћу којих се ограничавају струје земљоспоја у мрежама 35 kV, 20 kV и 10 kV;
 - посебне услове који морају да се испуне при преласку изолованих мрежа 10 kV и 20 kV на рад са уземљеном неутралном тачком.
- 1.3 Ова техничка препорука је усаглашена са важећим техничким прописима и стандардима, као и са другим техничким препорукама ЕД Србије.

2 ТЕРМИНИ И ДЕФИНИЦИЈЕ

- 2.1 **Директно уземљена мрежа:** мрежа код које је неутрална тачка једног или више енергетских трансформатора непосредно везана за уземљивач постројења.
- 2.2 **Мрежа уземљена преко нискоомске импедансе (уземљена мрежа):** мрежа код које је неутрална тачка једног или више енергетских трансформатора везана за уземљивач постројења преко активне отпорности, реактансе или импедансе, тако да је струја једнофазног земљоспоја бар два пута већа од капацитивне компоненте струје земљоспоја мреже.
- 2.3 **Мрежа са изолованом неутралном тачком (изолована мрежа):** мрежа код које су неутралне тачке свих енергетских трансформатора изоловане према земљи.
- 2.4 **Фактор уземљења:** однос напона здравих фаза према сложеном (међуфазном) напону мреже на месту једнофазног земљоспоја.

3 ОСНОВНИ ТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ЗА УЗЕМЉЕЊА НЕУТРАЛНИХ ТАЧАКА

3.1 Рад дистрибутивних мрежа се одвија на следећи начин:

- мрежа 110 kV је радијална (отворена), али надземна мрежа 110 kV може изузетно да ради и као прстенаста (затворена);
- мреже 35 kV, 20 kV, 10 kV и 0,4 kV су радијалне.

Важнија енергетска чворишта треба да имају могућност двостраног напајања.

3.2 У дистрибутивним мрежама 110 kV, 35 kV, 20 kV, 10 kV и 0,4 kV примењује се:

- директно уземљење;
- уземљење преко нискоомске импедансе;
- изоловање неутралних тачака од земље.

Мреже са компензацијом струје земљоспоја (Петерсенов калем) нису предмет разматрања ове препоруке.

3.3 Мрежа 110 kV је директно уземљена.

Директно уземљење се изводи тако што се неутрална тачка намотаја 110 kV сваког енергетског трансформатора (у даљем тексту: ЕТ-а) 110/X kV директно и непосредно везује на уземљивач постројења.

Уземљење неутралне тачке намотаја 110 kV ЕТ-а у ТС X/110 kV се изводи према ТП-04 ЗЕП-а.

Фактор уземљења директно уземљене мреже не сме да пређе вредност 0,8, што значи да у случају једнофазног земљоспоја **напони према земљи здравих фаза** не смеју да пређу 80% вредности максимално дозвољеног сложеног напона мреже. Ово се постиже ако су у свакој тачки мреже задовољени услови:

$$0 \leq Z_o / Z_d \leq 1,5 \text{ при: } (\varphi_d - \varphi_o) \leq 30^\circ, \text{ или}$$

$$0 \leq Z_o / Z_d \leq 3 \text{ при: } 30^\circ \leq (\varphi_d - \varphi_o) \leq 60^\circ,$$

где је Z_o , односно Z_d , еквивалентна импеданса нултог, односно директног редоследа сведена на место квара, а φ_o и φ_d аргументи одговарајућих импеданси.

3.4 Мрежа 35 kV је уземљена преко нискоомске импедансе (резистанса, реактанса, импеданса), са ограничењем струје земљоспоја на 300 А. Изузетно, разграната кабловска мрежа 35 kV уземљује се преко нискоомске резистансе тако да струја једнофазног земљоспоја буде бар два пута већа од капацитивне компоненте струје земљоспоја мреже, под условом да не прелази 1000 А.

Неутрална тачка мреже 35 kV се уземљује само у постројењима 110/35 kV и 110/35/10 kV.

3.5 Мреже 10 kV и 20 kV су уземљене преко нискоомске импедансе или раде са изолованом неутралном тачком.

Вредност нискоомске импедансе у уземљеним мрежама бира се тако да се струја земљоспоја ограничи на највише 300 А. У мрежи 20 kV струја земљоспоја може да се ограничи и на вредности које су веће од 300 А, под условом да не прелазе 1000 А, и да се посебним елаборатом докаже да су у свим погонским условима (нормални режим напајања и при резервирању) задовољени услови безбедности у постројењима, на мрежи и у инсталацијама потрошача.

Вредности капацитивних струја земљоспоја при којима је дозвољен рад мреже са изолованом неутралном тачком дате су у поглављу 4.

- 3.6 **Нисконапонска (НН) мрежа је директно уземљена**, тако да се неутрална тачка намотаја ниског напона сваког ЕТ-а 10(20)/0,42 kV или 10(20)/0,4 kV непосредно прикључује на радно (здружено) уземљење постројења 10(20)/0,4 kV.
- 3.7 Да би било могуће уземљење неутралне тачке мреже одређеног напонског нивоа, неутралне тачке ЕТ-а морају да буду конструктивно директно приступачне на том напонском нивоу, или треба да се формира “вештачка” неутрална тачка преко посебних трансформатора за уземљење (поглавље 10).
- 3.8 **Да би се створили услови за уземљење неутралних тачака мрежа, потребно је да ЕТ-и имају следеће спреге:**
- двонамотајни ЕТ-и 110/10,5 kV и 110/21 kV треба да имају спрегу YNd5, са изведеном неутралном тачком на страни 110 kV, док на секундарној страни треба да се формира “вештачка” неутрална тачка ако мрежа 10 kV или 20 kV треба да ради са уземљеном неутралном тачком;
 - тронамотајни ЕТ-и 110/10,5/10,5 kV, 110/21/10,5 kV и 110/36,75/10,5 kV, код којих се терцијер користи било за прикључење оптерећења, било као стабилизациони намотај, треба да имају спрегу YNyn0d5, при чему се неутралне тачке изводе на примарној и секундарној страни;
 - ЕТ-и 35/10,5 kV треба да имају спрегу Dyn5 са изведеном неутралном тачком на страни 10 kV;
 - ЕТ-и 10(20)/0,42 kV или 10(20)/0,4 kV треба да имају спрегу Dyn5 за јединичне снаге веће од 100 kVA, односно спрегу Yzn5 за јединичне снаге до 100 kVA, са изведеном неутралном тачком на страни НН.

4 ПРЕПОРУКЕ ЗА УЗЕМЉЕЊА НЕУТРАЛНИХ ТАЧАКА МРЕЖА 10 kV И 20 kV

- 4.1 **Препоручује се да надземне мреже 10 kV и 20 kV раде са изолованом неутралном тачком**, с обзиром да су капацитивне струје земљоспоја веома мале (око 0,03 A/km за мрежу 10 kV, односно око 0,07 A/km за мрежу 20 kV), па је мала и укупна капацитивна струја земљоспоја галвански везане надземне мреже 10 kV или 20 kV.
Исто важи и за мешовите мреже код којих вредности капацитивних струја земљоспоја не прелазе вредности из тачке 4.4.
- 4.2 **Препоручује се да комплетно кабловска мрежа 10 kV или 20 kV има неутралну тачку уземљену преко нискоомске импедансе тако да се струја земљоспоја ограничи на највише 300 А.**
- 4.3 Мање развијене кабловске мреже 10 kV могу да раде и са изолованом неутралном тачком. Ово се посебно односи на случајеве када се ова мрежа не формира као енергетска целина, већ се на ту мрежу прикључују и надземни водови суседних мрежа.
- 4.4 **Препоручује се прелазак на уземљење неутралне тачке мреже преко нискоомске импедансе када капацитивне струје земљоспоја прелазе вредности:**
- **20 А за кабловску или мешовиту мрежу 10 kV** (око 15 km кабловских водова који су у нормалном погону галвански везани на одређено постројење);
 - **15 А за кабловску или мешовиту мрежу 20 kV** (око 6 km кабловских водова који су у нормалном погону галвански везани на одређено постројење).
- 4.5 Изузетно, може да се толерише и рад мреже са изолованом неутралном тачком и у случајевима када вредности укупне капацитивне струје земљоспоја прелазе вредности из тачке 4.4 (на пример: у времену стварања услова за прелазак на уземљење неутралне тачке, у времену прикључења неких делова суседних мрежа који не испуњавају услове за рад у уземљеној мрежи итд.), али да нису веће од вредности струја земљоспоја из тачке 4.6.
- 4.6 **Уземљење неутралне тачке мреже 10 kV или 20 kV преко нискоомске импедансе је, у складу са стратегијом која је усвојена у техничким препорукама ЕД Србије, обавезно ако капацитивне струје земљоспоја прелазе вредности од:**
- **40 А у мрежи 10 kV** (око 30 km галвански повезане кабловске мреже 10 kV);
 - **30 А у мрежи 20 kV** (око 12 km галвански повезане кабловске мреже 20 kV).
- У супротном, треба рачунати са следећим последицама:**
- повећава се вероватноћа појаве више једновремених кварова и хаварија;
 - систем уземљења ТС 10/0,4 kV или ТС 20/0,4 kV мора да се посебно пројектује и изводи јер се не уклапа у типска решења усвојена у ТП-7 (види такође и Коментар ТП-7).

5 ВРЕМЕ ДЕЛОВАЊА ЗЕМЉОСПОЈНЕ ЗАШТИТЕ

- 5.1 **Сваки земљоспој у мрежи чија је неутрална тачка уземљена директно или преко нискоомске импедансе мора да се искључи брзим деловањем заштите. Време деловања земљоспојне заштите треба да буде подешено тако да се обезбеди селективан рад заштитних уређаја у мрежи, водећи једновремено рачуна о испуњењу услова безбедности од напона додиром у постројењима, на мрежи и у инсталацијама потрошача. Време трајања земљоспоја се одређује за услове нормалног рада заштитних уређаја (време деловања основне заштите) и прекидача.**
- 5.2 **Време трајања земљоспоја у мрежи 110 kV не прелази 0,5 s.**
Време безнапонске паузе аутоматског поновног укључења треба да буде дуже од 0,5 s.
- 5.3 **Време трајања земљоспоја у мрежи 35 kV не прелази 2,5 s.**
Време безнапонске паузе аутоматског поновног укључења треба да буде дуже од 0,5 s.
- 5.4 **Одабирање земљоспојне заштите у мрежама 10 kV и 20 kV врши се према ТП-4а. Овде се дефинишу времена деловања земљоспојне заштите с обзиром на испуњење услова безбедности у постројењима и у НН мрежи (ТП-7):**
- 5.4.1 **Ако је неутрална тачка мреже 10 kV или 20 kV изолована, тада одабрана земљоспојна заштита зависи од величине капацитивне струје земљоспоја:**
- 5.4.1.1 **Ако укупна капацитивна струја земљоспоја не прелази 10 А, довољна је само сигнализација земљоспоја, а рад мреже се наставља и под земљоспојем. Међутим, деловањем заштите, аутоматике или ручно вод који је у земљоспоју мора да се искључи најкасније у року од 2 сата. У супротном се повећава вероватноћа појаве двоструких земљоспоја, који би могли термички да угрозе уземљиваче постројења и изазову веома високе напоне додиром у постројењу и у НН мрежи. Веома дуг рад мреже под земљоспојем може неповољно да утиче на сигурност рада појединих елемената мреже и постројења, на пример једнополно изолованих напонских трансформатора.**
- 5.4.1.2 **Ако је укупна капацитивна струја већа од 10 А примењује се усмерена хомополарна земљоспојна заштита, чије време деловања треба да износи 0,5 s до 3 s.**
- 5.4.2 **Ако је неутрална тачка мреже 10 kV или 20 kV уземљена преко нискоомске импедансе, време деловања земљоспојне заштите на изводима 10 kV или 20 kV у постројењима 110/10(20) kV, 110/35/10 kV и 35/10 kV треба да износи 0,5 s до 1 s.**
- 5.4.3 Време безнапонске паузе аутоматског поновног укључења у мрежи 10 kV или 20 kV треба да буде (ТП-4в):
- 1 s за брзо АПУ, осим случаја када су на изводу 10 kV или 20 kV прикључени мотори великих јединичних снага (преко 500 kW), када безнапонска пауза може да се смањи на 0,3 s до 0,5 s;
 - најмање 15 s за споро АПУ.

6 ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ СИСТЕМА УЗЕМЉЕЊА

- 6.1 Избор уземљења и уземљивача врши се у зависности од параметара мреже, начина уземљења неутралне тачке (вредности струје земљоспоја), водећи рачуна о термичкој стабилности уземљивача и испуњењу услова безбедности од напона додиром унутар и изван постројења.
- 6.2 За димензионисање и извођење система уземљења и уземљивача у дистрибутивним постројењима меродавне су одредбе Правилника о техничким нормативима за уземљења електроенергетских постројења називног напона изнад 1000 V (Сл. лист СРЈ бр. 61/95) и:
- ТП-23 ЕПС -а за постројења 110/10(20) kV и 110/35/10 kV;
 - ТП-7 за постројења 35/10 kV, 20/0,4 kV и 10/0,4 kV;
 - ТП-7 за решавање проблема изношења потенцијала.

7 КАРАКТЕРИСТИКЕ ОПРЕМЕ ЗА УЗЕМЉЕЊЕ НЕУТРАЛНИХ ТАЧАКА

- 7.1 За уземљење неутралних тачака преко нискоомске импедансе, у дистрибутивним мрежама 35 kV, 20 kV и 10 kV се користе метални отпорници, електролитски отпорници и уљне реактансе (у даљем тексту: нискоомски отпорници) којима се ограничава струја земљоспоја на највише 300 А.
- 7.2 Да би се струја земљоспоја ограничила на 300 А, импеданса нискоомског отпорника за уземљење неутралне тачке треба да има вредности према табели 7.2, које се односе на температуру +20 °С. Вредност реактансе у импеданси нискоомског отпорника није лимитирана.

Табела 7.2: Карактеристике нискоомског отпорника

Називни напон мреже [kV]	35	20	10
Назначени напон нискоомског отпорника, U_f [kV]	21	12	6
Импеданса нискоомског отпорника [Ω]	70	40	20

- 7.3 **Метални отпорник** за струју 300 А је отпорник природно хлађен ваздухом. Отпорник треба да има могућност оптерећења трајном струјом од најмање 5 А, а при овој струји треба додатно да издржи и струју од најмање 300 А у трајању од најмање 3 s.

Метални отпорник је за спољашњу монтажу. Кућиште металног отпорника треба да буде израђено од материјала који не захтева посебно одржавање. Заштита од корозије челичних делова кућишта изводи се са два антикорозивна слоја и два слоја лака за метал, или врућим поцинковањем дебљине слоја цинка најмање 70 μm .

Висина споља приступачних металних делова под напоном треба да буде толика да отпорник може да се монтира без посебне заштитне ограде.

Конструкција отпорника треба да омогући једноставан ремонт и одржавање.

- 7.4 **Електролитски отпорник** се састоји од једнополно изолованог суда израђеног од челичног лима отпорног на корозију, који не захтева посебно одржавање. Суд је електрода отпорника који се директно везује за уземљивач постројења. У суду се налази раствор калцинисане соде у дестилованој води. При формирању електролитског отпорника, концентрација раствора подешава се тако да се добије отпорност:

$$R_{\theta} = k_{\theta} \cdot R_{20}$$

где је:

- R_{θ} - отпорност отпорника при температури електролита θ °С;
- R_{20} - отпорност отпорника при температури електролита од 20 °С, према табели 7.2;
- k_{θ} - сачинилац зависности отпорности отпорника од температуре електролита у моменту мерења отпорности, који се добија према табели 7.4.

Електролитски отпорник мора да има посебан грејач који се помоћу термостата аутоматски укључује када температура електролита опадне испод +10 °С. Препоручује се да се сигналише опадање температуре електролита испод +5 °С.

Замена грејача треба да буде могућа без испуштања електролита.

Електролитски отпорник треба да има могућност оптерећења струјом од 300 А у трајању од најмање 5 s и најмање 10 А трајно.

Табела 7.4: Зависности отпорности отпорника од температуре електролита

θ [°С]	5	10	15	20	25	30	35	40
k_{θ}	1,53	1,28	1,12	1	0,89	0,81	0,75	0,69

8 ПРИКЉУЧЕЊЕ ОПРЕМЕ ЗА УЗЕМЉЕЊЕ НЕУТРАЛНЕ ТАЧКЕ

8.1 **Неутрална тачка намотаја 110 kV** сваког ЕТ-а 110/10,5 kV, 110/21 kV и 110/36,75/10,5 kV **везује се непосредно на уземљивач постројења** (слике 8.3.1, 8.3.2 и 10.3).

Као земљовод се користи бакарни проводник пресека најмање 70 mm^2 , који је до висине 2,3 m од тла заштићен помоћу цеви од непроводног материјала. Овај земљовод се везује на чвориште где се уземљивач постројења грана најмање на три стране.

8.2 **Када се мрежа 10 kV напаја из постројења 35/10 kV, уземљење неутралне тачке мреже 10 kV изводи се увек помоћу заједничког нискоомског отпорника** (сл.8.2).

8.3 **Уземљење неутралних тачака мрежа 35 kV, 20 kV и 10 kV које се напајају преко постројења 110/X kV и 110/X/Y kV, изводи се на следећи начин:**

8.3.1 Преко појединачних нискоомских отпорника ако у истом постројењу није предвиђен трајан паралелан рад ЕТ-а (сл. 8.3.1).

8.3.2 Преко заједничког нискоомског отпорника ако је у истом постројењу предвиђен трајан паралелан рад ЕТ-а (сл. 8.3.2, шема усаглашена са ТП-4а1).

8.3.3 Ако се у погону укаже потреба паралелног рада ЕТ-а у трајању преко 5 минута, а сваки од ЕТ-а је снабдевен посебним нискоомским отпорником (сл. 8.3.1), у времену паралелног рада морају да буду искључени сви нискоомски отпорници осим једног, или треба рачунати да ће струја земљоспоја имати вредност: $I_z = n \cdot 300 \text{ A}$, где је "n" број нискоомских отпорника у паралелном раду.

8.3.4 Ако ЕТ-и у нормалном погону не раде паралелно, а уземљење неутралне тачке мреже коју напајају је изведено преко заједничког отпорника (сл.8.3.2), са становишта земљоспоја и пратећих појава (капацитивна струја земљоспоја, пренапони) овај режим рада треба третирати као да ЕТ-и раде паралелно.

8.4 Ако је диспозиција постројења таква да су ЕТ-и просторно удаљени од нискоомског отпорника, прикључење на неутралну тачку треба да се изведе помоћу једножилног кабла ХНЕ 49-А, ХНР 48-А и сл., пресека најмање $1 \times 50/16 \text{ mm}^2$. Из разлога типизације препоручује се кабл за назначени напон 12/20 kV, без обзира на називни напон мреже чија се неутрална тачка уземљује.

8.5 **Струјни трансформатор**, на који се прикључује резервна земљоспојна заштита водова, односно прекострујна заштита нискоомског отпорника, монтира се између неутралне тачке ЕТ-а и једнополног растављача "S", или између неутралне тачке ЕТ-а и прикључног једножилног кабла "к" (на пример: кад се ЕТ налази у трафо боксу).

8.6 **Заштита нискоомског отпорника** се изводи и подешава према ТП-4а, ТП-4б и ТП-11.

Прекострујна заштита нискоомског отпорника је једновремено основна земљоспојна заштита сабирница, као и резервна земљоспојна заштита водова мреже чија се неутрална тачка уземљује.

Уљна реактанса мора да има бухолц реле са два пловка (сигнализација и искључење ЕТ-а) на који је прикључена реактанса.

Ако се крајеви намотаја 35 kV, 20 kV и 10 kV ЕТ-а на страни мреже штите од пренапона одводницима пренапона, тада обавезно треба да се заштити и

одговарајућа неутрална тачка, тако да се одводник пренапона монтира између неутралне тачке и једнополног растављача "S".

8.7 Ревизија и одржавање нискоомског отпорника за уземљење неутралне тачке врши се према ТП-15.

При извођењу радова на једном од ЕТ-а или на елементима који су галвански повезани са намотајима ЕТ-а или неутралном тачком ЕТ-а, мора да се искључи и једнополни растављач "S" у свим случајевима коришћења заједничког нискоомског отпорника (слике 8.2 и 8.3.2).

9 ПРЕЛАЗАК НА УЗЕМЉЕЊЕ НЕУТРАЛНИХ ТАЧАКА МРЕЖА 10 kV и 20 kV

9.1 Да би се неутрална тачка мреже 10 kV или 20 kV уземљила преко нискоомске импедансе, треба:

- у свако постројење 110/10 kV, 110/20 kV и 35/10 kV уградити један или више нискоомских отпорника за ограничење струје земљоспоја на 300 А;
- у свако постројење 110/10 kV, 110/20 kV, 110/35/10 kV и 35/10 kV, на сваком изводу 10 kV и 20 kV, уградити одговарајућу земљоспојну заштиту према ТП-4а;
- у сваком постројењу X/0,4 kV проверити услове безбедности од напона додира према ТП-7.

9.2 Препоручује се да се неутрална тачка комплетне кабловске мреже 10 kV, односно 20 kV, која представља једну енергетску целину (на пример: у неком новом насељу), **одмах уземљи**, без обзира што у почетном стадијуму формирања мреже капацитивне струје земљоспоја нису велике.

9.3 Постојеће мреже 10 kV, односно 20 kV, могу и даље да раде као изоловане, све док капацитивне струје земљоспоја не пређу вредности дате у тачкама 4.4, односно 4.6.

9.4 У случају да је једна мрежа 10 kV или 20 kV са уземљеном неутралном тачком, а суседна мрежа 10 kV или 20 kV изолована, мора да се води рачуна о следећем:

9.4.1 Постројења 10(20)/0,4 kV, која се нормално напајају из уземљене мреже 10(20) kV, могу да се прикључе на суседну изоловану мрежу под следећим условима:

- да је у изолованој мрежи трајање земљоспоја ограничено на највише 2 сата;
- да укупна капацитивна струја земљоспоја овако повезане мреже не прелази вредности дате у тачки 4.4, а изузетно вредности у тачки 4.6.

9.4.2 Постројења 10(20)/0,4 kV, која се нормално напајају из изоловане мреже 10(20) kV, могу да се прикључе на суседну мрежу чија је неутрална тачка уземљена преко нискоомске импедансе ако испуњавају услове безбедности и за уземљену мрежу у складу са ТП-7.

10 ФОРМИРАЊЕ "ВЕШТАЧКЕ" НЕУТРАЛНЕ ТАЧКЕ

- 10.1 "Вештачка" неутрална тачка формира се код ЕТ-а спреге YNd5, са чијег се секундара напаја мрежа чија неутрална тачка треба да се уземљи.
- 10.2 Формирање "вештачке" неутралне тачке изводи се помоћу једнонамотајног трансформатора за уземљење, спреге Zn ("сломљена звезда"), са изведеном неутралном тачком.

Нулта импеданса овог трансформатора треба да буде мала, тако да се везивањем нискоомског отпорника за "вештачку" неутралну тачку струја земљоспоја ограничи на 300 А.

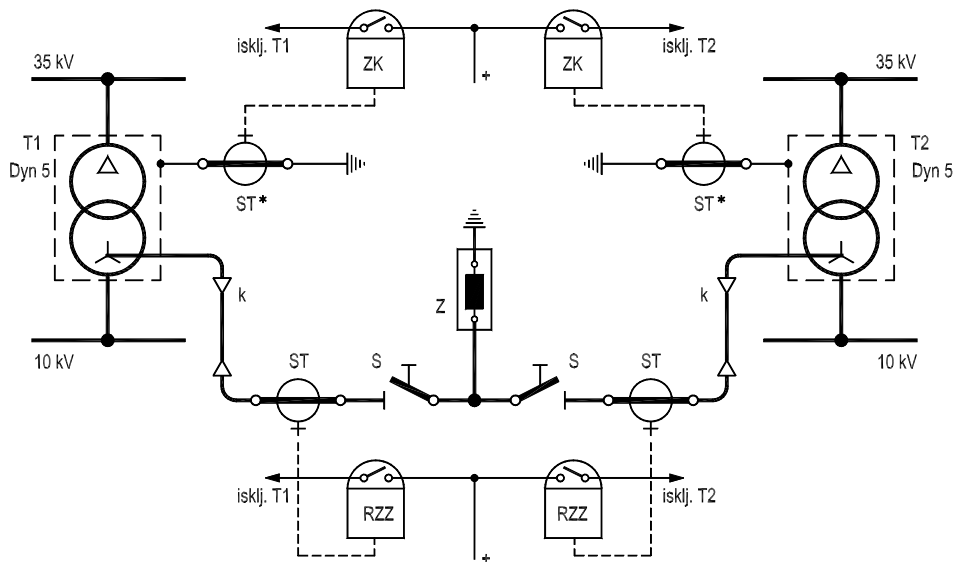
- 10.3 Једнонамотајни трансформатор за формирање "вештачке" неутралне тачке монтира се поред ЕТ-а спреге YNd5 и директно се прикључује на његов секундар. Уземљење "вештачке" неутралне тачке преко нискоомског отпорника изводи се даље на један од начина датих у поглављу 8.

Сваки ЕТ спреге YNd5 мора да има свој трансформатор за формирање "вештачке" неутралне тачке, независно од тога да ли се у постројењу користи заједнички или појединачни отпорник за уземљење.

На сл. 10.3 дат је пример формирања "вештачке" неутралне тачке ЕТ-а 110/10,5 kV спреге YNd5, када је уземљење неутралне тачке мреже 10 kV изведено преко посебних отпорника за уземљење.

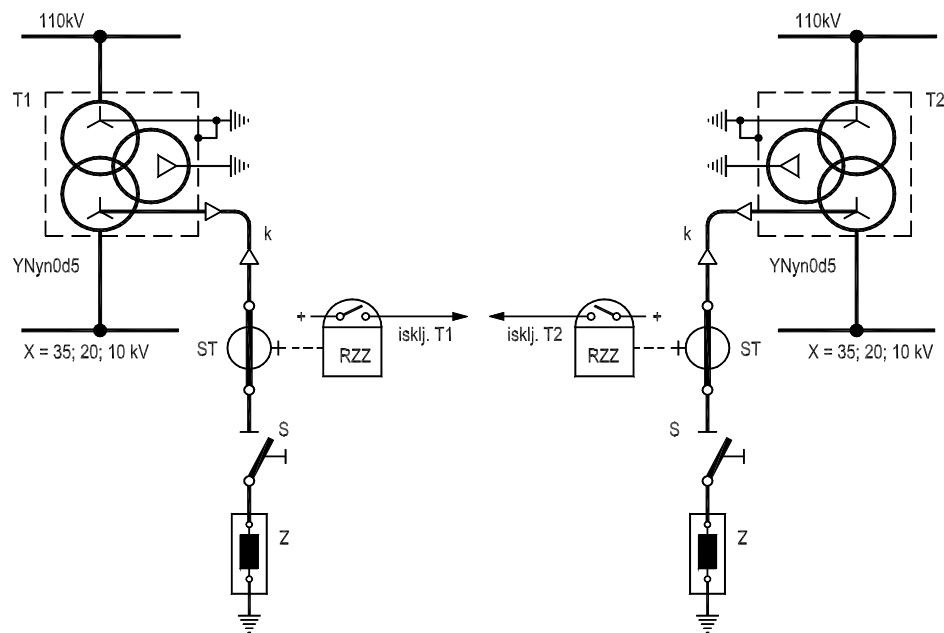
Литература:

- 1 др Јован Нахман: *Уземљење неутралне тачке дистрибутивне мреже (1980.)*
- 2 Правилник о техничким нормативима за уземљења електроенергетских постројења називног напона изнад 1000 V (Сл. лист СРЈ бр. 61/1995.)
- 3 Техничке препоруке ЕД Србије.



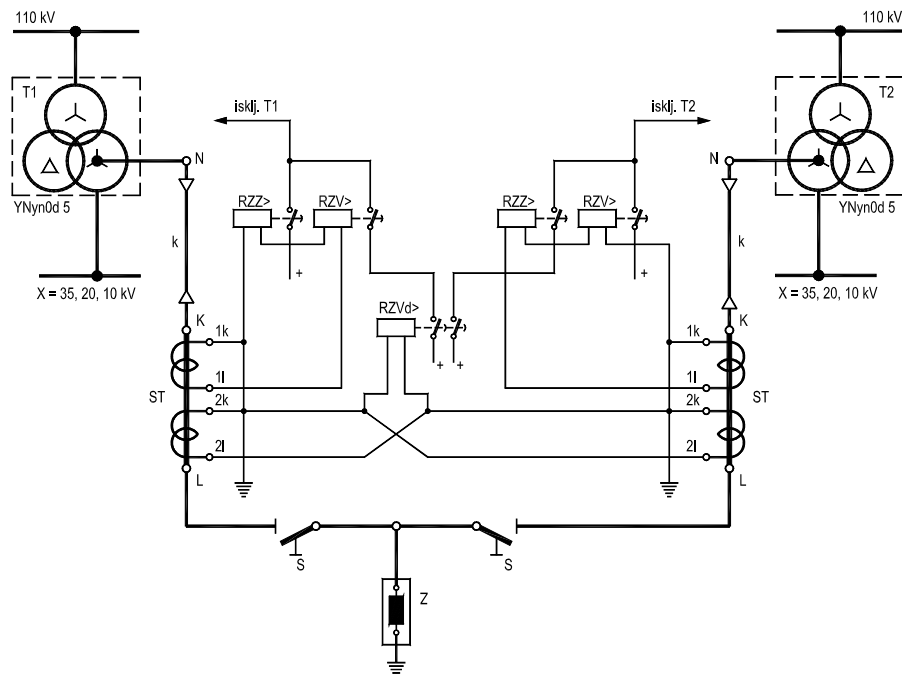
- Z* - нискоомски отпорник (импеданса) 300 A, U_p ;
- S* - једнополни растављач 400 A, U_p ;
- ST* - струјни трансформатор 2x50/5/5 A, U_p ;
- RZZ* - резервна земљоспојна заштита водова и прекострујна заштита нискоомског отпорника;
- ZK* - заштита кућишта ET-а;
- k* - једножилни кабл XHE 49-A и сл., 12/20 kV, 1 x 50 mm²;
- ST** - струјни трансформатор за заштиту кућишта, 150/5A, 1 kV.

Сл.8.2 Уземљење неутралне тачке мреже 10 kV у ТС 35/10 kV



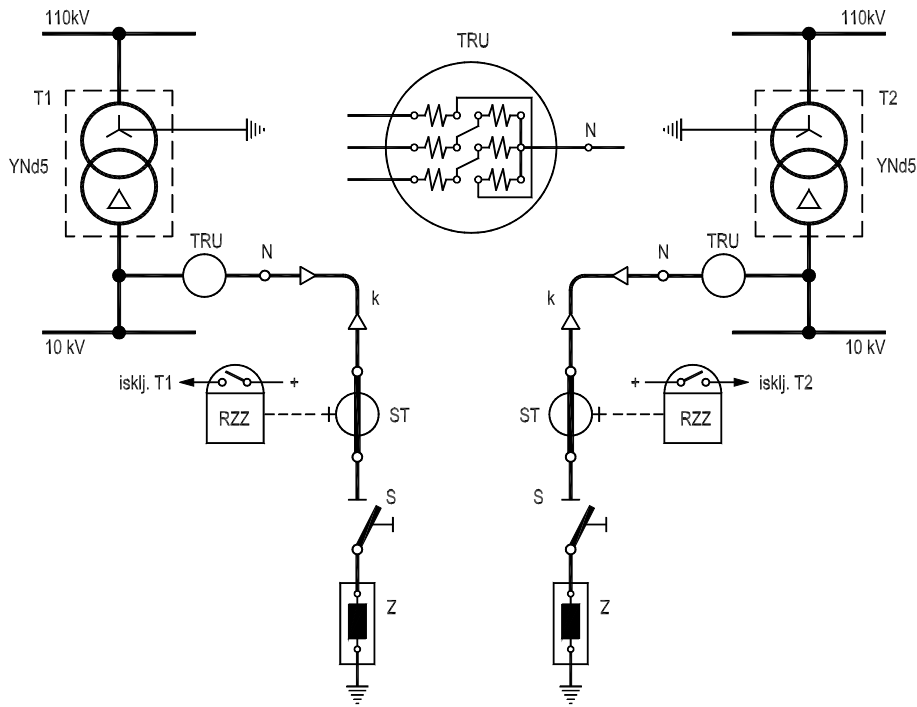
- Z* - нискоомски отпорник (импеданса) 300 A, U_f ;
- S* - једнополни растављач 400 A, U_f ;
- ST* - струјни трансформатор 2x50/5/5 A, U_f ;
- RZZ* - резервна земљоспојна заштита водова и прекострујна заштита нискоомског отпорника;
- k* - једножилни кабл XHE 49-A и сл., 12/20 kV, 1 x 50 mm².

Сл.8.3.1 Уземљење неутралне тачке у ТС 110/X kV преко појединачних нискоомских отпорника



- Z* - нискоомски отпорник (импеданса) 300 A, U_f ;
- S* - једнополни растављач 400 A, U_f ;
- ST* - струјни трансформатор 2x50/5/5 A, U_f ;
- k* - једножилни кабл ХНЕ 49-А и сл., 12/20 kV, 1 x 50 mm².
- RZZ>* - резервна земљоспојна заштита водова;
- RZV>* - резервна високоомска земљоспојна заштита водова;
- RZVd>* - додатна резервна високоомска земљоспојна заштита водова и прекострујна заштита нискоомског отпорника.

Сл.8.3.2 Уземљење неутралне тачке у ТС 110/X kV преко заједничног нискоомског отпорника



- Z* - нискоомски отпорник (импеданса) 300 A, U_i ;
S - једнополни растављач 400 A, U_i ;
ST - струјни трансформатор 2x50/5/5 A, U_i ;
RZZ - резервна земљоспојна заштита водова и прекострујна заштита нискоомског отпорника;
k - једножилни кабл ХНЕ 49-А и сл., 12/20 kV, 1 x 50 mm²;
TRU - трансформатор за уземљење неутралне тачке;
N - "вештачка" неутрална тачка.

Сл.10.3 Уземљење преко "вештачке" неутралне тачке у ТС 110/Х kV

САДРЖАЈ

Р. бр.		Стр.
1	Опсег важења и намена	1
2	Термини и дефиниције	1
3	Основни технички услови за уземљење неутралних тачака	2
4	Препоруке за уземљења неутралних тачака 10 kV и 20 kV	4
5	Време деловања земљоспојне заштите	5
6	Димензионисање система уземљења	6
7	Карактеристике опреме за уземљење неутралних тачака	6
8	Прикључење опреме за уземљење неутралне тачке	8
9	Прелазак на уземљење неутралних тачака мрежа 10 kV и 20 kV	9
10	Формирање вештачке неутралне тачке	10