



ТЕХНИЧКА ПРЕПОРАКА бр.3:

**ИЗБОР И ПОЛАГАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКИ КАБЛОВИ
ВО ЕЛЕКТРОДИСТРИБУТИВНИТЕ МРЕЖИ
1kV, 10 kV, 20 kV И 35 kV**

Октомври 2004



(ОРИГИНАЛЕН ТЕКСТ НА СРПСКИ ЈАЗИК - Септември 2000)

ИЗДАВАЧ I-ог издања (Ноем.1972)	ПОСЛОВНО УДРУЖЕЊЕ ЕЛЕКТРОДИСТРИБУЦИЈЕ СРБИЈЕ
ИЗДАВАЧ II-ог издања(Дец.1978)	ПОСЛОВНО УДРУЖЕЊЕ ЕЛЕКТРОДИСТРИБУЦИЈЕ СРБИЈЕ
ИЗДАВАЧ III-Ог издања (Окт.1991)	ПОСЛОВНО УДРУЖЕЊЕ ЕЛЕКТРОДИСТРИБУЦИЈЕ СРБИЈЕ

ИЗДАВАЧ IV-ог издања (Септ.2000)	ЈП ЕПС ДИРЕКЦИЈА ЗА ДИСТРИБУЦИЈУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ СРБИЈЕ БЕОГРАД, Војвода Степе 412
Техничко уредување:	Томислав Бојковиќ
Коректура:	Томислав Бојковиќ
Рачунарска обработка на цртежите:	Владимир Крстиќ и Биљана Стојановиќ
Штампа:	"МСТ Гајик" Београд
Тираж:	500 примерака

(ПРЕВЕДЕН И ПРЕРАБОТЕН ТЕКСТ НА МАКЕДОНСКИ ЈАЗИК ОКТОМВРИ 2004)

ИЗДАВАЧ:	АД Електростопанство на Македонија, Сектор за Развој и инвестиции и Сектор за Дистрибуција,, СКОПЈЕ, ул.11 Октомври бр. 9
Превод и Техничко уредување:	Панзо Андонов
Коректура:	Стручен совет за дистрибутивна дејност при ЕСМ
Рачунарска обработка на цртежите:	Мичо Атанасиу и Весна Чингоска
Штампа:	
Тираж:	

Напомена:

1. Оваа препорака, ја донесува Управниот одбор на ЕСМ, на предлог на Стручниот совет за дистрибутивна дејност при ЕСМ.
2. Оваа препорака важи само за објектите, опремата и уредите кои се основни средства во сопственост на дистрибутивните погони во состав на ЕСМ.
3. Оваа препорака е наменета за интерна употреба во ЕСМ, како стручна литература на вработените во ЕСМ.

Врз основа на предлогот на Работната група, Стручниот совет за дистрибутивна дејност на ЕСМ на четвртиот состанок, кој е одржан 26 и 27 Октомври 2004 година во Битола, донесе одлука: **се усвојува**

ТЕХНИЧКА ПРЕПОРАКА бр.3:

ИЗБОР И ПОЛАГАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКИ КАБЛОВИ ВО ЕЛЕКТРОДИСТРИБУТИВНИТЕ МРЕЖИ 1kV, 10 kV, 20 kV И 35 kV

Предложените решенија се во склад со важечките прописи и стандарди и ги задоволуваат барањата за сигурност, функционалност и економичност.

Членови на Стручниот совет:

1. Стефан Хаџи Костов, Претседател на Стручниот совет, ЕСМ Дирекција Скопје,
2. Панзо Андонов, Заменик претседател, ЕСМ Дирекција Скопје,
3. Благоја Насковски, Електродистрибуција Куманово,
4. Ѓоше Венинов, Електродистрибуција Велес,
5. Коле Чаракчиев, Електродистрибуција Куманово,
6. Димитар Сугарев, Електродистрибуција Делчево,
7. Драган Миовски, Електродистрибуција Струга,
8. Димитар Мано, Електродистрибуција Битола,
9. Нове Новески, Електродистрибуција Тетово,
10. Ѓорги Јаневски, Електродистрибуција Скопје,
11. Благој Донев, ЕСМ Дирекција Скопје,
12. Ристо Трајановски, Електродистрибуција Охрид,
13. Зоран Огненовски, ЕСМ Дирекција Скопје,
14. Јордан Измирлиев, ЕСМ Дирекција Скопје,
15. Јорданчо Коцев, Електродистрибуција Штип,
16. Даница Арсеновска, ЕСМ Дирекција Скопје

Членови на Работната група:

1. Панзо Андонов, ЕСМ Дирекција Скопје
2. Борис Христов, Електродистрибуција Струмица
3. Ристо Трајановски, Електродистрибуција Охрид,
4. Борче Тројачанец, Електродистрибуција Прилеп
5. Раде Николиќ, Електродистрибуција Скопје
6. Стефан Минов, Електродистрибуција Штип,
7. Даница Арсеновска, ЕСМ Дирекција Скопје

Октомври 2004

СОДРЖИНА

Ред. Број		Стр.
1	Опсег на важење и намена	5
2	Термини и дефиниции	5
3	Технички податоци и погонски услови	6
4	Избор на кабли за низок напон 0,6/1 kV	8
5	Избор на кабли 6/10 kV	9
6	Избор на кабли 12/20 kV	10
7	Избор на кабли 20/35 kV	11
8	Типизација на пресекот на проводниците и електричната заштита	12
9	Препораки за положување на енергетските кабли	12
10	Директно положување на енергетските кабли во земја	15
11	Кабловска канализација	18
12	Кабловско окно (шахта)	19
13	Приближување и вкрстување на енергетски и телекомуникациони кабли	20
14	Приближување и вкрстување на енергетски кабли со железничка и трамвајска пруга	21
15	Приближување и вкрстување на енергетски кабли со цевки на водовод и канализација	22
16	Приближување и вкрстување на енергетски кабли со топовод	22
17	Приближување и вкрстување на енергетски кабли со гасовод	24
18	Меѓусебно приближување и вкрстување на енергетските кабли	24
19	Вкрстување на енергетски кабел со пат надвор од населено место	24
20	Вкрстување на енергетски кабел со водотек	25
21	Положување на енергетски кабли преку мостови	25
22	Положување на едножилни енергетски кабли	26
23	Кабловски прибор	27
24	Испитување на енергетските кабли и кабловскиот прибор	29
25	Дозволено струјно оптоварување на енергетскиот кабел	31
26	Транспорт и одмотување на енергетските кабли	38
27	Енергетски кабли и проблематика за заземјување	38



1 ОПСЕГ НА ВАЖЕЊЕ И НАМЕНА

- 1.1 Оваа препорака се однесува на изборот и положувањето на подземните енергетски кабли кои се користат во електродистрибутивните мрежи со номинални напони 1 kV, 10 kV, 20 kV и 35 kV

Оваа препорака не се однесува на конструкции на кабли за посебна намена , како: кабловите отпорни на горење, рударските кабли како и на сигналните кабли.

Изборот и полагањето на надземните енергетски кабли (самоносечки кабловски снопови) се врши према ТП-8.

- 1.2 Оваа препорака е усогласена со важечките технички прописи и стандарди, како и со техничките препораки на ЕД Србија.
- 1.3 Оваа препорака треба да:
- ги одреди основните услови во кои треба да работи енергетскиот кабел,
 - изврши типизација на основните конструкции на енергетските кабли по напонски нивои, кои најмногу одговараат на условите за работа и експлоатација во електродистрибутивните мрежи,
 - изврши типизација на пресекот на проводниците и електричната заштита,
 - ги препорача основните начини на положување на енергетските кабли, како и посебни услови на положување во специјални услови: вкрстување со патишта и железница, положување преку мостови, вкрстување и паралелно водење со телекомуникациони водови, топоводи, водоводи и други комунални инсталации,
 - препорача начин на спојување на проводниците и изработка на кабловски спојници и завршници,
 - препорача испитување на енергетскиот кабел,
 - ја утврди пресметката на дозволените струи на оптоварување на енергетските кабли,
 - препорача начинот на користење на енергетските кабли како заземјувачи.

2 ТЕРМИНИ И ДЕФИНИЦИИ

- 2.1 **Кабел:** вид на електричен вод кој е составен од една или повеќе жили и соодветни заштитни слоеви.
- 2.2 **Проводник:** метален дел од кабелот наменет за спроведување на струјата,
- 2.3 **Жила:** дел од кабелот кој се состои од проводник, изолација и слабопроводни слоеви, ако постојат,
- 2.4 **Јадро на кабелот:** збир од жили во форма на јаже (појажени), со соодветна испуна ако постои,
- 2.5 **Испуна:** елемент од кабелот со кој се исполнува меѓупросторот помеѓу жилите за да се добие кружен пресек на кабелот. Ако испуната е направена од слабопроводен материјал, таа служи како проводна врска помеѓу електричната заштита и слабопроводните слоеви околу жилата на кабелот.
- 2.6 **Плашт:** заштитен слој од поливинилхлорид (PVC) или полиетилен (PE) кој ги штити елементите на кабелот од влага и хемиски влијанија, а во помала мерка и од механички оштетувања.



- 2.7 **Метален плашт:** безрабна цевка од олово или алуминиум која се поставува преку јадрото на кабелот со цел да ја штити изолацијата од влага и хемиски или механички оштетувања.
- 2.8 **Арматура:** слој од метални траки или жици кои го заштитуваат кабелот од прекумерни механички напрегања и оштетувања на кабелот.
- 2.9 **Слабопроводен слој (екран на кабелот):** слој кој се поставува под изолацијата и над изолацијата и служи за радијално обликување и ограничување на електричното поле.
- 2.10 **Електрична заштита:** метален слој кој служи за ограничување на електричното поле, за одведување на струјата на земјоспој и заштита од индиректен допир. Кај едножилните кабли електричната заштита се поставува над слабопроводниот слој на изолацијата, додека кај трожилните кабли таа може да се постави преку секоја жила или да биде заедничка за сите жили.
- 2.11 **Кабловски сноп:** сноп во вид на јаже од едножилни енергетски кабли,
- 2.12 **Назначени карактеристики:** бројчани вредности на големините (напон, струја итн.) кои ја дефинираат работата на кабелот во услови кои се утврдени во стандардите и служат за испитување и гаранција на производителите.
- 2.13 **Полимер изолација (материјали):** група материјали за изолација на кабловите од поливинилхлорид (PVC), термопластичен полиетилен (PE) и умрежен полиетилен (UPE).

3 ТЕХНИЧКИ ПОДАТОЦИ И ПОГОНСКИ УСЛОВИ

- 3.1 Енергетскиот кабел треба да биде конструиран, произведен и испитан во согласност со признатите светски достигнувања и следните стандарди:
- JUS N.C5.020: Кабли со изолација од импрегнирана хартија и метален плашт, за номинални напони до 60 kV,
 - JUS N.C5.025: Испитување на кабли со изолација од импрегнирана хартија и метален плашт, со номинални напони до 60 kV,
 - JUS N.C5.220: Кабли со изолација од термопластични маси на база на поливинилхлориди, со плашт од поливинилхлорид или термопластичен полиетилен, за напони до 10 kV.
 - JUS N.C5.225: Испитување на кабли со изолација од термопластични маси на база на поливинилхлорид, со плашт од поливинилхлорид или термопластичен полиетилен, за напони до 10 kV
 - JUS N.C5.230: Кабли со изолација од термопластичен или умрежен полиетилен, со плашт од термопластични или еластомерни маси, за напони од 1 kV до 35 kV.
 - JUS N.C5.235: Испитување на кабли со изолација од термопластичен или умрежен полиетилен, со плашт од термопластични или еластомерни маси, за напони од 1 kV до 35 kV.
 - JUS IEC 60502: Енергетски кабли со еструдиран полн дијалектрик за номинални напони од 1 kV до 30 kV.
- 3.2 **Енергетскиот кабел ќе работи во нормални услови:**
- највисока температура на воздухот: +40 °C,
 - најниска температура на воздухот: -25 °C,
 - средна годишна температура на воздухот: +20 °C и на тлото +15°C
- 3.3 Енергетскиот кабел ќе работи во дистрибутивна мрежа во која **највисокиот погонски напон изнесува:**
- 12 kV во мрежи со номинален напон 10 kV
 - 24 kV во мрежи со номинален напон 20 kV
 - 38 kV во мрежи со номинален напон 35 kV



- 3.4 **Заземјувањата на неутралните точки на дистрибутивните мрежи 10 kV, 20 kV и 35 kV се изведуваат према ТП-6,**
- а) **Неутралната точка на мрежите 10 kV и 20 kV** е изолирана или заземјена преку нискоомска импеданса.
 - б) **Неутралната точка на мрежите 35 kV** е заземјена преку нискоомска импеданса.
- 3.5 **Во дистрибутивните мрежи на Србија типизирани се следните вредности на максималните дозволени трифазни симетрични струи (моќности) на куси врски и земјоспојови:**
- мрежи 10 kV: 14,5 kA (250 MVA),
 - мрежи 20 kV: 14,5 kA (500 MVA),
 - мрежи 35 kV: 12,5 kA (750 MVA),
- Типизираната вредност на струјата на земјоспој во заземјените мрежи 10 kV, 20 kV и 35 kV е 300 A.** Во мрежата 20 kV и 35 kV струјата на земјоспојот може да биде и поголема од 300 A, но најмногу 1000 A (ТП-6).
- 3.6 **Време на траење на кусата врска** изнесува најмногу:
- 0,5 s во мрежите 10 kV и 20 kV,
 - 1 s во мрежите 35 kV.
- 3.7 **Времетраењето на земјоспојот (t_z), према ТП-4а, изнесува:**
- а) **Во изолирани мрежи 10 kV и 20 kV**
 - t_{z03} s ако вредноста на вкупната капацитивна струја на земјоспојот преоѓа 10 A
 - t_{z02} h ако вредноста на вкупната капацитивна струја на земјоспојот не преоѓа 10 A
 - б) **Во заземјени мрежи 10 kV, 20 kV и 35 kV**
 - t_{z01} s во мрежи 10 kV и 20 kV
 - t_{z02} s во мрежи 35 kV.



4 ИЗБОР НА КАБЛОВИ ЗА НИЗОК НАПОН 0,6/1 kV

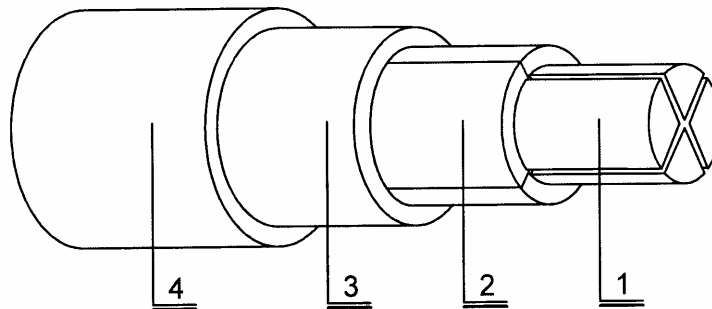
4.1 Во мрежите со низок напон се препорачува да се применат два основни типа каблови со назначен напон 0,6/1 kV (сл.4.1):

а) **Тип PP00-ASJ (JUS N.C5.220)**

Тој е четворожилен кабел со едножичен секторски алуминиумски проводници ("Solidal"), PVC изолација, со испуна од гума или PVC и PVC плашт.

б) **Тип XP00-ASJ (JUS N.C5.230)**

Тој е четворижилен кабел со едножични секторски алуминиумски проводници, изолација од умрежен полиетилен (UPE), со испуна од гума или PVC и PVC плашт. Овој тип кабел има предност на делот од конзумот со голема густина на оптоварување, како и на местата со големи термички напрегања на кабловите (положување на повеќе каблови во ист ров, положување во тло со голема специфична топлотна отпорност, положување во близина на топловод итн.).



(1) алуминиумски едножичен секторски проводник; (2) PVC или UPE изолација;
(3) испуна од гума или PVC; (4) PVC плашт

Сл.4.1 Нисконапонски кабел 0,6/1 kV

4.2 На местата каде се очекуваат зголемени механички напрегања, како: градилишта, провизориуми, незаштитени регали изложени на можни удари итн, се препорачува да се применат каблови со арматура од две челични траки, тип PP41-ASJ или XP41-ASJ, а на местата со изразени механички напрегања, како: за вертикално положување со должина поголема од 30 m, на терени кои се лизгаат итн., се препорачува кабел со арматура од челични жици, тип PP44-ASJ или XP44-ASJ.

4.3 Дозволена е примена и на соодветни конструкции со повеќежични алуминиумски проводници, на пример: PP00-AS, XP00-AS итн.

4.4 **Обележувањето на жилите на енергетскиот кабел се изведуваат на следниот начин:**

- две жили од фазните проводници: црно
- една жила од фазниот проводник: кафеаво (смеѓо)
- жилата на нустралниот проводник: светлоплаво

Во дистрибутивните мрежи забрането е да се применуваат каблови кај кои една од жилите е обележена со жолто-зелена боја.

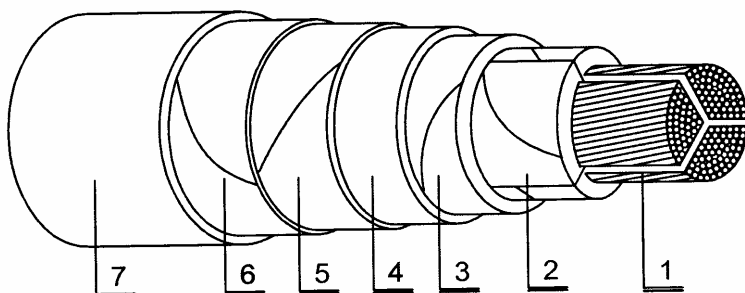


5 ИЗБОР НА КАБЛОВИ 6/10 kV

5.1 Во мрежите 10 kV се препорачува да се применуваат два основни типови кабел за назначен напон 6/10 kV:

а) Тип NPO 13-AS (JUS N.C5.020).

Тоа е трожилен кабел со секторски алуминиумски проводници и изолација од импрегнирана хартија (получврст компаунд), со оловен плашт, арматура од две челични траки и антикорозивна заштита со слој од јута и битумен, сл.5.1а.

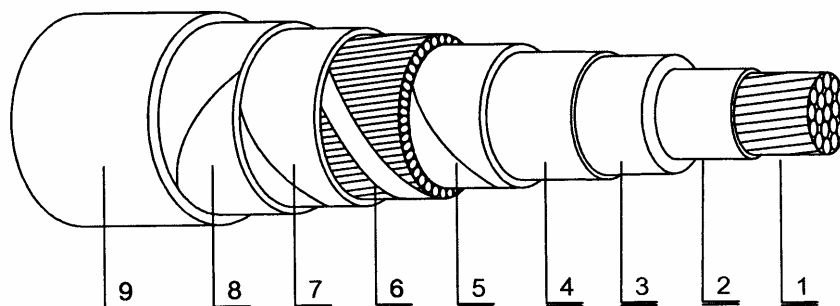


(1) алуминиумски секторски проводник; (2) изолација на жилата од импрегнирана хартија (NP); (3) појасна изолација; (4) оловен плашт; (5) импрегнирана хартија или јута; (6) челична арматура; (7) импрегнирана јута.

Сл.5.1а Трожилен кабел 6/10 kV со изолација од хартија NPO 13-AS

б) Тип XHE 49-A (JUS N.C5.230)

Тоа е едножилен кабел (три кабели, поединечни или во сноп во вид на јаже) со алуминиумски округол проводник и изолација од умрежен полиетилен (UPE), со слабопроводен слој под и над изолацијата, со електрична заштита од бакарни жици и траки, со слабопроводна набаврувачка трака под и над електричната заштита, со алуминиумска полимер трака и надворешен полиетиленски плашт со висока густина, сл.5.1б



(1) алуминиумски проводник; (2) слабопроводен слој на проводникот; (3) изолација од умрежен полиетилен (4) слабопроводен слој на изолацијата; (5) слабопроводна бубреќа трака; (6) електрична заштита од бакарни жици и траки; (7) изолациона бубреќа трака; (8) алуминиумска полимер траки; (9) PE плашт

Сл.5.1б Едножилен СН кабел со UPE изолација XHE 49-A

- 5.2 10kV кабловски приклучоци на енергетските трансформатори, без оглед на односот на трансформација и назначената моќност, се изведуваат со едножилни кабли со изолација од умрежен полиетилен, тип ХНЕ 49-А, ХНР 48 итн.

6 ИЗБОР НА КАБЛОВИ 12/20 kV

- 6.1 Во 20 kV мрежа се препорачува да се применуваат два основни типови кабли со назначен напон 12/20 kV:

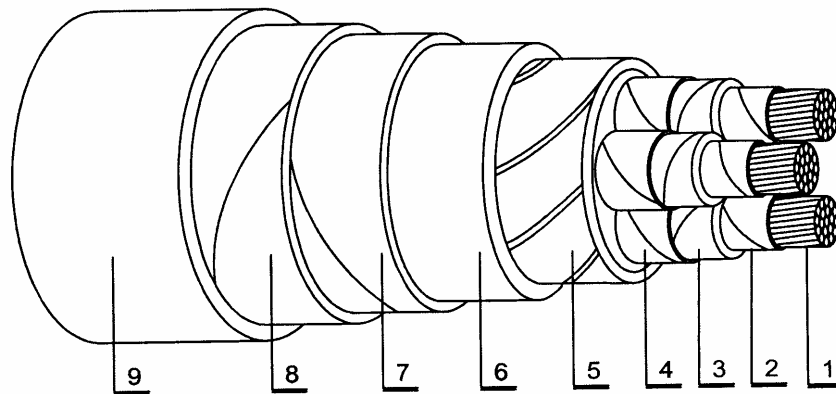
- а) Тип ХНЕ 49-А (JUS N.C5.230).

Тоа е едножилен кабел (три кабла поединечно или во сноп во вид на јаже) со алуминиумски округол проводник и изолација од умрежен полиетилен (UPE), со слабопроводен слој под и над изолацијата, со електрична заштита од бакарни жици и траки, со слабопроводна бубрека трака под и над електричната заштита, со алуминиумска полимер трака и надворешен полиетиленски плашт со висока густина, сл.5.16.

За изолацијата на кабелот 12/20 kV тип ХНЕ 49-А се препорачува да се примени постапка на суво умрежување.

- б) Тип НРНО 13-А (JUS N.C5.020).

Тоа е трожилен кабел со алуминиумски округли проводници и изолација од импрегнирана хартија (полуцврст компаунд), со слабопроводен слој под и над изолацијата, со оловен плашт, арматура од две челични траки и антикорозивна заштита со слоеви од јута и битумен, сл.6.16.



- (1) алуминиумски округол проводник; (2) слабопроводен слој на проводникот; (3) изолација од импрегнирана хартија (NP); (4) слабопроводен слој на изолацијата; (5) појасна изолација; (6) оловен плашт; (7) импрегнирана хартија или јута; (8) челична арматура; (9) импрегнирана јута.

Сл.6.16 Трожилен кабел 12/20 kV со изолација од хартија НРНО 13-А

- 6.2 20kV кабловски приклучоци на енергетските трансформатори, без оглед на односот на трансформација и назначената моќност, се изведуваат со едножилни кабли со изолација од умрежен полиетилен, тип ХНЕ 49-А, ХНР 48 итн



7 ИЗБОР НА КАБЛОВИ 20/35 kV

7.1 Во 35 kV-та мрежа се препорачува да се применуваат два основни типови каблови со назначен напон 20/35 kV:

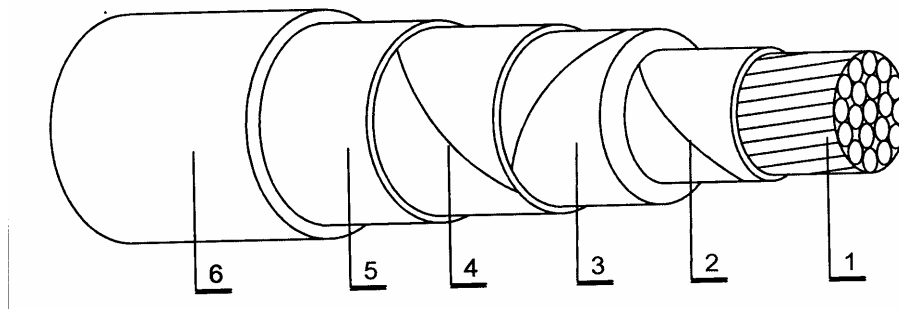
а) Тип ХНЕ 49-А (JUS N.C5.230).

Тоа е едножилен кабел (три кабла поединечно или во сноп во вид на јаже) со алуминиумски округол проводник и изолација од умрежен полиетилен (UPE), со слабопроводен слој под и над изолацијата, со електрична заштита од бакарни жици и траки, со слабопроводна бубреќа трака под и над електричната заштита, со алуминиумска полимер трака и надворешен полиетиленски плашт со висока густина, сл.5.16.

За изолацијата на кабелот 20/35 kV тип ХНЕ 49-А обавезна е примена на постапка на суво умрежување.

б) Тип НРНО 13-А (JUS N.C5.020).

Тоа е едножилен кабел со алуминиумски проводник и изолација од импрегнирана хартија (полуцврст компаунд), со полупроводен слој под и над изолацијата, со плашт од безрабна алуминиумска цевка, и надворешен полиетиленски плашт со висока густина, сл.7.16.



(1) алуминиумски округол проводник; (2) слабопроводен слој на проводникот; (3) изолација од импрегнирана хартија (NP); (4) слабопроводен слој на изолацијата; (5) алуминиумски плашт; (6) плашт

Сл.7.16 Едножилен кабел 20/35 kV со изолација од хартија НРНА 03-А

7.2 За продолжување на кабловскиот вод на изведен трожилен кабел со изолација од импрегнирана хартија тип IPZO 13, NPZO 13-А итн., може да се користи трооловен кабел од типот NPZO 13-А.

7.3 35 kV-те кабловски приклучоци на енергетските трансформатори, без оглед на односот на трансформација и назначената моќност, се изведуваат со едножилни каблови со изолација од умрежен полиетилен, тип ХНЕ 49-А, ХНР 48 итн.



8 ТИПИЗАЦИЈА НА ПРЕСЕКОТ НА ПРОВОДНИЦИТЕ И ЕЛЕКТРИЧНАТА ЗАШТИТА

- 8.1 За главните напојни водови на дистрибутивните мрежи 1 kV, 10 kV, 20 kV и 35 kV се препорачува да се применуваат следните пресеци:

50 mm² Al; 95 mm² Al; 150 mm² Al; 185 mm² Al; 240 mm² Al.

Типскиот пресек на проводниците за главните напојни водови во градските мрежи е 150 mm² Al и 185 mm² Al. Меѓутоа, за првите делници на водовите 10(20) kV од ТС 110/10(20) kV, заради неповолните услови на положување (голем број на каблови во ист ров), се препорачува пресек на проводниците од 240 mm² Al.

- 8.2 Пресекот на електричната заштита на среднонапонските каблови со изолација од умрежен полиетилен (ХНЕ 49-А) изнесува:
- 16 mm² Cu за пресек на проводниците (Al или Cu) помал од 150 mm²;
 - 25 mm² Cu за пресек на проводниците (Al или Cu) 150 mm² и поголеми;

9 ПРЕПОРАКИ ЗА ПОЛОЖУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКИТЕ КАБЛОВИ

- 9.1 Енергетските кабли се положуваат во земја, вода, во канали, на регали, на столбови, преку мостови итн.

- 9.2 Трасата на кабелот се бира така да ги исполнува оптималните технички и економски услови.

Трасата мора да биде ускладена со трасата на другите подземни инсталации: водоводот, канализацијата, телефонот, топловодот, гасоводот итн.

- 9.3 Заради ограничениот простор во урбанизираните населби, за положување на поедини подземни инсталации се препорачува поделба на расположивиот простор на зони.

На сл. 9.3 даден е пример на поделба на пешачки тротоар на зони.

- 9.4 Ширината на поедините зони зависи од распложивиот простор. Ако овој простор е мал, тогаш магистралните инсталации на водоводот и топловодот, а по потреба и другите инсталации, може да се положат во коловозот.

Вообичаена ширина на зоните за енергетските каблови изнесува 0,7 m, додека ширините на зоните за останатите инсталации зависи од капацитетот на тие инсталации и расположивиот простор.

- 9.5 Се препорачува, за сместување на поедините инсталации да се одредат зони од двете страни на улицата.

- 9.6 Во рамките на расположивата зона, енергетските каблови се распоредуваат по ширина и длабочина. Полагањето на енергетските каблови паралелно со ѕидот или темелот на зградата се врши на растојание од најмалку 0,3 m.

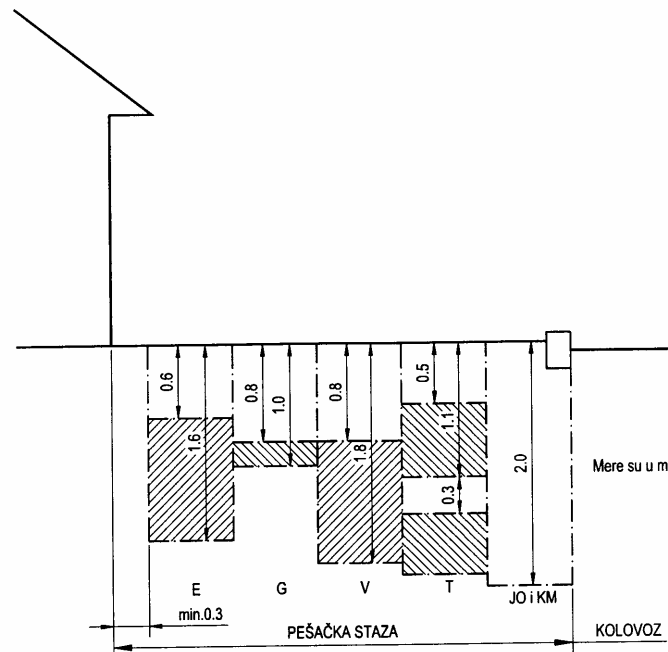
- 9.7 Енергетскиот кабел се полага рачно или со употреба на механизација.

Влечењето на кабелот се врши со помош на затезни чорапи или затезни стегалки врзани за проводниците или за арматурата од челичните жици.

Не е дозволено влечење на кабелот со моторни возила, влечење на кабелот по земја и упредување на кабелот.

При полагањето мора да се исполнат барањата за дозволените радиуси на свиткување према табела 9.8 и за дозволените сили на влечење према табела 9.9.





- **E** зона за енергетски кабови;
- **G** зона за гас;
- **V** зона за водовод;
- **T** зона за телефонски кабови
- **JO** зона за јавно осветлување
- **KM** зона за контактни мрежи

Сл.9.3 Поделба на пешачкиот тротоар на зони

9.8 **Радиусите на свиткување** на енергетските кабови не смеат да бидат помали од дадените во табела 9.8. Исклучително, вредностите на дозволените радиуси на свиткување од табела 9.8 може да се намалат за околу 30 % ако свиткувањето се изведува со шаблони (на пример при воведот во кабловската завршница).

Табела 9.8: Дозволени радиуси на свиткување на енергетските кабови

Назначени напони на кабелот (U_0/U_n)	Тип на кабел	Дозволен радиус на свиткување (mm)
0,6/1 kV	PP00-ASJ, PP41-ASJ	15 D
	XP00-AS, XP41-AS	12 D
6/10 kV; 12/20 kV и 20/35 kV	NPO 13-AS, NPZO 13-A	15 D
	XHE 49-A	15 D1
	NPNA-03	25 D1
D надворешен дијаметар на повеќежилен кабел (mm)		
D1 надворешен дијаметар на едножилен кабел (mm)		

- 9.9 Во табела 9.9 дадени се **дозволените сили на влечење** на енергетските кабли во зависност од начинот на влечење.

Табела 9.9: Дозволените сили на влечење на енергетските кабли

Начин на влечење	Тип кабел	Дозв. сила на влечење (N)
Преку затезна чорапа	PP00-ASJ, PP41-ASJ XP00-AS, XP41-AS, XHE 49-A	$5 D^2$
	NPO 13-AS, NPHO 13-A NPHA-03, NPZO-13A	$3 D^2$
Преку проводниците на кабелот	Сите типови кабли	$30 S_{Al}$
		$30 S_{Cu}$
Преку чел. арматура	PP44-ASJ, XP44-ASJ	$150 S_{\cdot}$
D надворешен дијаметар на кабелот (mm) S_{Al} вкупен пресек на Al проводникот за кој се влече кабелот (mm ²) S_{Cu} вкупен пресек на Cu проводникот за кој се влече кабелот (mm ²) S_{\cdot} пресек на на челичната арматура за која се влече кабелот (mm ²)		

- 9.10 **Затезната сила на влечење** се контролира со помош на динамометар, а витлото мора да има осигурувач (граничник) кој го прекинува влечењето во случај да е пречекорена дозволената сила на влечење. За смалување на силата на влечење се користат кабловски ролни кои се поставуваат на растојание од 2 m до 3 m.
- 9.11 **Најниска температура на околината при која е дозволено положување на енергетскиот кабел изнесува:**
- +5 °C за кабли со изолација од хартија (NPO 13-AS итн.) и кабли со PVC изолација и/или PVC плашт (PP00-ASJ, XHP 48 итн.);
 - -10 °C за кабли со UPE изолација со PE плашт (XHE 49-A итн.);

Се толерира пад на температурата и под дадените вредности во траење од најмногу 3 часа (полноќни мразови) во текот на 24 часа пред положување на кабелот. Ако не може да се избегне положувањето на кабелот кога температурите на околината се под предходно наведените вредности, тогаш кабелот пред положување треба да се загрее со складирање во топла просторија или со загревање со соодветни грејни тела, односно со пропуштање на електрична струја низ проводниците.

Загреаниот кабел треба што побрзо да се транспортира и положи.

При загревањето на кабелот на калемот со пропуштање на електрична струја, мора да се контролира температурата на плаштот на надворешниот ред на кабелот, која не смее да биде над 20 °C ако температурата на воздухот е под -10 °C, односно над 30 °C ако температурата на воздухот е над -10 °C.

- 9.12 **По положување на кабелот, а кај директното положување во земја пред потполното затрупување на кабелот, треба да се изврши напонско испитување на кабловскиот вод према точка 24.9 и да се снимат трасата на кабловскиот вод.**
- 9.13 **Краевите на положениот кабел се обележуваат со помош на плочки на кои се наоѓаат основните податоци за кабелот и ознаката на приклучокот. Не е дозволено поставување на оваа плочка на жилата на кабелот.**
- 9.14 **Задожително е водење катастар на кабловските водови на графички план, со посебно означени места на вкрстување со други кабли и подземни инсталации, спојни места, точни должини на кабловите и трасите, со внесени основни за кабловската канализација (место, должина, број на цевки, број на резервни цевки) итн.**

10 ДИРЕКТНО ПОЛОЖУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКИТЕ КАБЛОВИ ВО ЗЕМЈА

- 10.1 **Се препорачува директно положување на енергетските кабли во земја**, во кабловски ров чија димензија зависи од назначениот напон на кабелот, врстата на тлото, како и од бројот на кабловите кои се положуваат во ист ров.
- 10.2 **Нормална длабочина на ровот во кој се положува кабелот изнесува:**
- 1,1 m за кабли 35 kV;
 - 0,7 m до 0,8 m за кабли 1 kV, 10 kV и 20 kV.

Отстапувања се дозволени на помали должини при вкрстување со други кабли и инсталации, како и во случаи на неповолни услови за положување (на пример: каменито тло). Исто така мора да се почитува и планираната кота на теренот.

Ако заради разни препреки и инсталации кабелот се положува на помала длабочина, треба да се предвиди дополнителна заштита на кабелот од механички оштетувања со употреба на заштитни цевки, бетонски кабловици итн.

- 10.3 **Кабелот се положува така да биде во средината на слојот на постелицата со дебелина 0,2 m., која се става на дното од кабловскиот ров (сл.10.8).**

За набивање на слојот на постелицата исклучително се користат рачни набивачи.

За постелицата се користи мешавина на песок кој има добри карактеристики за одведување на топлината (голема содржина на кварц) со гранулација до 4 mm.

За постелица може да се користи и ситнозрнеста земја (од откопот или донесена), под услов да не содржи градежен шут, камења, кал или земја загадена со хемикалии.

Во случај на тешки услови за одведување на топлината и опасност од исушување на тлото (на пример при положување на повеќе кабли во ист ров на излезот од ТС, при вкрстување со топловод итн.), **се користат постелици од специјални мешавини**, на пример: мешавина од чакал и песок со додавање до 15 % мелен варовник, мешавина од песок и цемент итн.

- 10.4 **Кабловскиот ров се копа како отворен ров.**

Само во случај на на вкрстување на кабелот со трамвајска или железничка пруга, како и со пат или улица кога не смее да се пореметува сообраќајот, се буши отвор за цевка низ која се провлекува кабелот. Во урбани населби овие работи мора да се вршат многу внимателно заради можноста од оштетување на други инсталации.

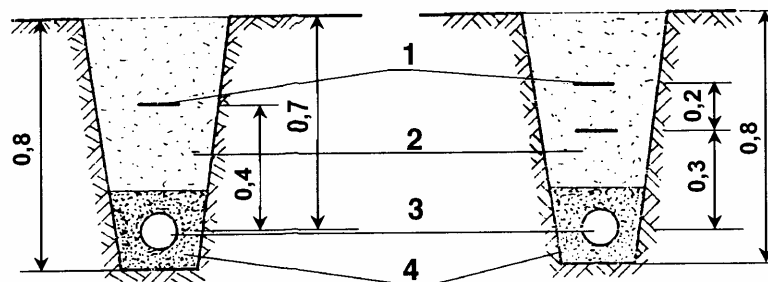
- 10.5 **Кабелот се положува змијолико**, така да должината на кабелот најмногу за 2% е поголема од должината на трасата.
- 10.6 **Ископот на кабловскиот ров мора да биде видливо обележен** заради сигурност на пешаците и возилата. Влезовите во куќните и деловните простории треба да имаат соодветни премостувања.
- 10.7 **Затрупувањето на кабловскиот ров се врши со земја од откопот или со донесена земја**, во слоеви од по 0,3 m, при што за првиот слој кој се става над постелицата треба да се користи ситнозрнеста земја. **Слоевите на земја над постелицата поединечно се набиваат со механички набивач.**

Најмалата збиеност на земјата во ровот треба да биде 92% (JUS U.B1.038).

- 10.8 При затрупување на кабловскиот ров над кабелот по целата должина на трасата треба да се постави пластична предупредувачка лента.

Се препорачува следниот распоред на предупредувачките ленти:

- При положување на кабелот на регулирани површини се поставува една предупредувачка трака на 0,4 m над кабелот (сл.10.8а).
- При положување на кабелот на нерегулирани површини се поставуваат две предупредувачки траки, од кои првата е на 0,3 m, а втората на околу 0,5 m над кабелот (сл.10.8б).



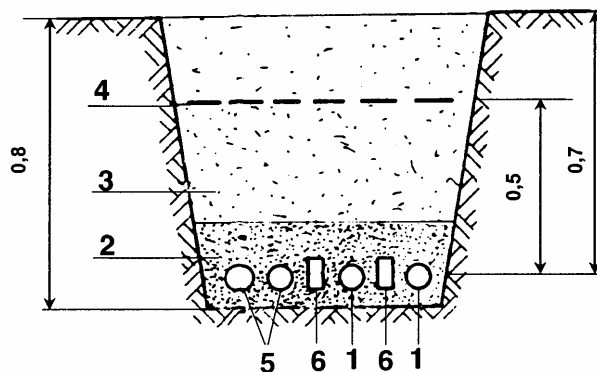
а) на регулирана површина

б) на нерегулирана површина

(1) предупредувачка лента; (2) земја набиена во слоеви; (3) кабел; (4) постелица

Сл.10.8 Директно положување на кабел во земја

- Ако во ист ров се полагаат повеќе кабли, тогаш бројот на предупредувачките траки и нивното меѓусебно растојание треба да се одбере така да сите кабли бидат "покриени" со овие траки (сл.10.8.в)

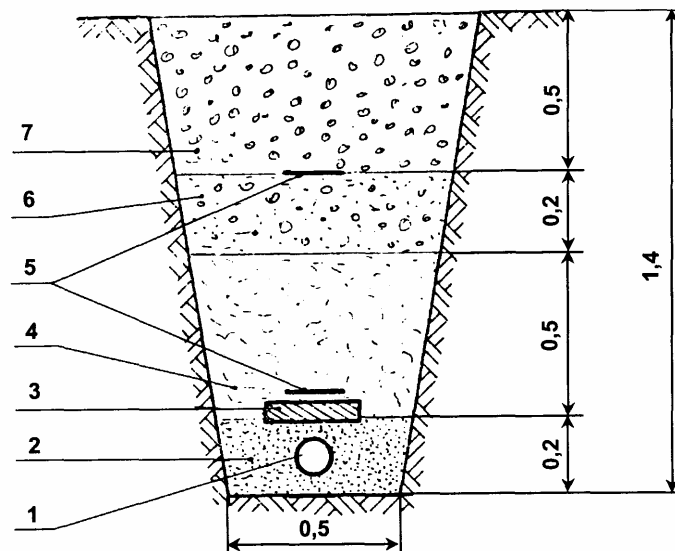


(1) СН кабел; (2) постелица; (3) земја набиена во слоеви; (4) предупредувачка лента; (5) НН кабел; (6) цгли.

Сл.10.8в Директно положување на повеќе кабли во ист ров

Пластичната предупредувачка трака е со црвена боја, со втиснато предупредување дека под лентата се наоѓа кабел. Ширината на траката треба да биде околу 0,1 m, а квалитетот на материјалот треба да гарантира век на траење на траката од 30 години.

- 10.9 За премин под пат во урбанизирани населби, наместо кабловски канализации (поглавје 11) може да се користи директно положување на кабловите во земја (сл.10.9): во ров на длабочина 1,4 m се поставува постелицата на кабелот према точка 10.3, над која се поставуваат армиранобетонски плочи, слој земја (испуна) и слој мршав бетон МВ-15.



(1) кабел; (2) постелица; (3) армиранобетонска плоча; (4) слој земја (испуна);
(5) предупредувачка лента; (6) бетон МВ 150; (7) тампон на патот

Сл.10.9 Директно положување на кабел под пат

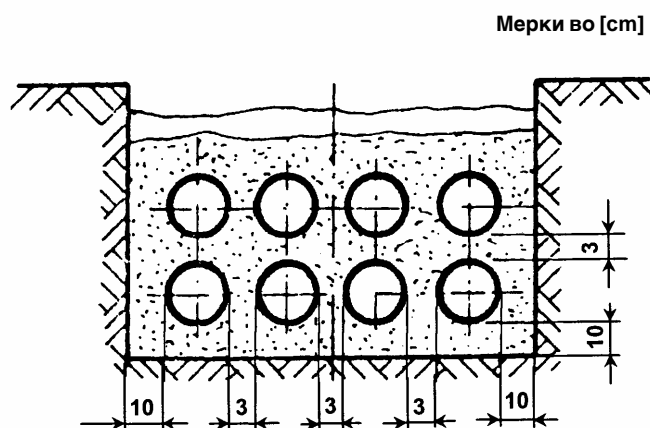
- 10.10 **После положувањето**, изработката на кабловските спојници и завршници, напонското испитување на комплетниот кабловски вод и затрупувањето, **кабловската траса се доведува во првобитна состојба**: се планира земјата, се одвозува вишокот на земја и материјал, се поправаат и асфалтираат сообраќајниците.



11 КАБЛОВСКА КАНАЛИЗАЦИЈА

- 11.1 **Кабловската канализација** се користи на премините под коловозите на улиците, патиштата, трамвајските колосеци, железничките пруги, колски премини, за воведување на кабловите во ТС 10(20)/0,4 kV (ТП-1а), низ дворови на згради, каде не може да се постигнат дозволените растојанија на кабелот во однос на другите подземни инсталации итн.
- 11.2 **Кабловската канализација се изработува од пластични цевки**, но дозволена е примена и на префабрикувани бетонски елементи (кабловици). Над цевките се поставуваат предупредувачки ленти.

На сл.11.2 прикажан е пример за изведување на кабловска канализација со користење на 8 пластични цевки.



Сл.11.2 Пример за изведување на кабловска канализација

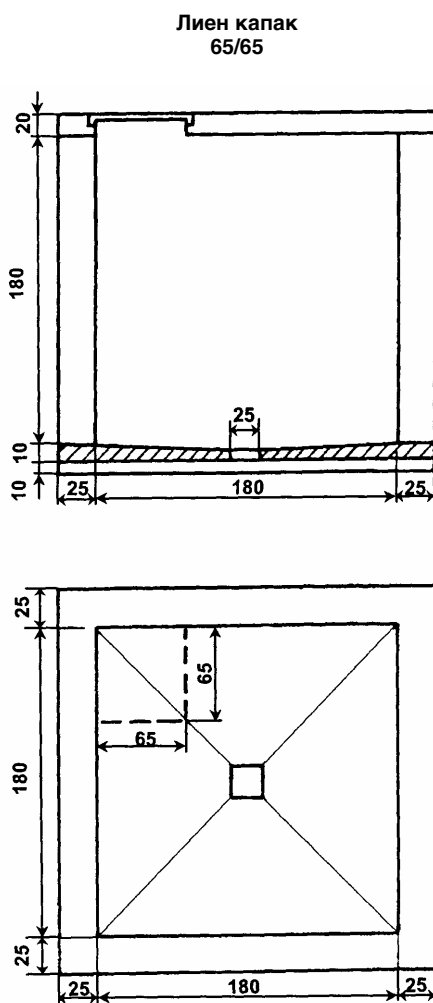
- 11.3 **Минималниот внатрешен дијаметар на цевките** мора да биде најмалку 1,5 пати поголем од надворешниот дијаметар на кабелот (трожилниот, односно снопот од три едножилни кабли). Внатрешниот ѕид на цевката мора да биде мазен.
- Ако цевките се продолжуваат, тогаш проширениот (“женски”) крај на цевката мора да биде видлив, а кабелот обавезно се провлекува од тој крај.
- 11.4 Кога се користат пластични цевки со поголеми должини (повеќе од 10 m) треба да се земе во предвид струјниот корекционен фактор (k_c) заради отежнатите услови на одведување на топлината, кој за практичните пресметки ги има вредностите:
- $k_c = 0,8$ ако во цевките се наоѓа повеќежилен кабел од типот XP00-ASJ, NPO 13-AS итн.;
 - $k_c = 0,85$ ако во цевките се наоѓа сноп од три едножилни кабли од типот XHE 49-A, NPHA 03-A итн.;
- 11.5 Се препорачува цевките да се поставуваат во најмногу две нивоа (сл.11.2), освен на излезот од ТС 110/10(20) kV кој посебно се проектира.
- 11.6 Ако во кабловската канализација се полложуваат кабли со различни напонски нивоа, тогаш кабловите со пониски напони се положуваат во повисокото ниво на канализацијата. Кабловите кои се положуваат порано ги завземаат најниските отвори во канализацијата
- 11.7 Отворите на цевките кои не се користат треба да се затворат со пластичен чеп или на сличен начин.

12 КАБЛОВСКО ОКНО (ШАХТА)

- 12.1 **Кабловското окно** се користи на места каде се врши промена на правецот или нивото на кабловската канализација, како и на прави делници на кабловската канализација која е подолга од 40 m.
- 12.2 **Кабловското окно се изведува во тротоарот, а исклучително и во коловозот на улицата.**
- 12.3 Кабловското окно, заедно со капакот, мора статички да ги поднесе сите оптоварувања кои се јавуваат на местото на вградување.
- 12.4 **Големината на кабловското окно** зависи од бројот на кабловите, условите на работа во окното, дозволеният радиус на свиткување на кабловите итн.

Минималниот влезен отвор, покривниот капак од лиено железо, треба да изнесува 0,65 m x 0,65 m. На дното од окното треба да има дренажен отвор. Страничните ѕидови на окното може да бидат од бетон или цигли.

На сл.12.4 прикажан е пример на изведување на кабловското окно.



Сл.12.4 Пример на изведување на кабловско окно



13 ПРИБЛИЖУВАЊЕ И ВКРСТУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКИ И ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОНИ КАБЛОВИ

13.1 **Дозволено е паралелно водење на енергетски и телекомуникационен кабел на меѓусебно растојание од најмалку (JUS N.CO.101):**

- 0,5 m за кабливи 1 kV, 10 kV и 20 kV;
- 1 m за кабливи 35 kV;

13.2 **Вкстувањето на енергетскиот со телекомуникациониот кабел се врши на растојание од најмалку 0,5 m. Аголот на вкстување треба да биде:**

- **во населени места:** најмалку 30° , по можност што поблизу до 90° ;
- **надвор од населени места:** најмалку 45° .

Енергетскиот кабел, по правило, се поставува под телекомуникациониот кабел.

13.3 Доколку не може да се постигнат растојанијата наведени во точките 13.1 и 13.2, на тие места енергетскиот кабел се провлекува низ заштитна цевка, но и тогаш растојанието не смее да биде помало од 0,3 m.

13.4 Растојанијата и аглите на вкстување према точките 13.1, 13.2 и 13.3 не се однесуваат на оптичките кабливи, но и тогаш растојанието не смее да биде помало од 0,3 m.

13.5 **Телекомуникационите кабливи кои служат исклучиво за потребите на електродистрибуциите може да се положуваат во ист ров со енергетските кабливи**, на најмало растојание кое со пресметка ќе се покаже како задоволително, но не помалку од 0,2 m.

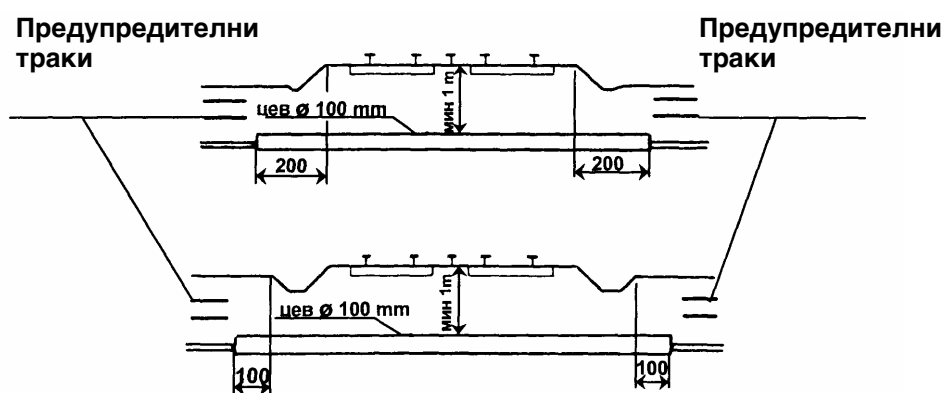
При положување на енергетски кабел за 35 kV напонско ниво се препорачува во истиот ров да се положи и телекомуникационен кабел за потребите на далечинско управување на трансформаторските станици кои ги поврзува кабелот.



14 ПРИБЛИЖУВАЊЕ И ВКРСТУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКИ КАБЛОВИ СО ЖЕЛЕЗНИЧКА И ТРАМВАЈСКА ПРУГА

- 14.1 На местото на вкрстување на кабловскиот вод со железничка пруга кабелот се положува во бетонски канал, односно во бетонска или пластична цевка вовлечена во хоризонтално издупчен отвор во насипот, така да е можна замена на кабелот без раскопување на долниот строј на пругата.
- 14.2 Вкрстувањето на кабловскиот вод со железничка или трамвајска пруга треба да се изведе под прав агол и тоа така да кабелот биде најмалку 1 m под горната ивица на шината. Местото на вкрстување треба видливо да се обележи со ознаки од бетон, пластика итн.

На сл.14.2 даден е пример за вкрстување на кабловски вод со железничка пруга.



Сл.14.2 Пример на вкрстување на енергетски кабел со железничка пруга

- 14.3 При паралелно водење на кабловски вод со трамвајска пруга или некое друго пружно построение на погон со едносмерна струја, треба да се земе во предвид негативното влијание на едносмерните струи (лутајучи) на кабелот. Во врска со овој проблем треба да се соработува со сопствениците на овие построенија заради примена на соодветни ефикасни заштити. Начелно треба да се превземат следните мерки:
- да се обезбеди сигурна галванска врска помеѓу шините на трамвајската пруга, односно пружното построение на погон со едносмерна струја, и што подобра изолираност на шините во однос на земјата;
 - да се примени барем една од следните мерки:
 - да се користи кабел со изолиран плашт (PP00-ASJ, XHE 49-A, NPHA 03-A итн);
 - да се обезбеди оддалеченост на кабелот од пругата од најмалку 2 m;
 - Кабелот да се положи низ пластична цевка.

15 ПРИБЛИЖУВАЊЕ И ВКРСТУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКИ КАБЛОВИ СО ЦЕВКИ НА ВОДОВОД И КАНАЛИЗАЦИЈА

- 15.1 Не е дозволено паралелно водење на енергетските кабли под или над водоводните и канализационите цевки.
- 15.2 Хоризонталното растојание на енергетскиот кабел од водоводните или канализационите цевки треба да изнесува најмалку 0,5 m за кабли 35 kV, односно најмалку 0,4 m за останатите кабли.
- 15.3 При вкрстувањето, енергетскиот кабел може да биде положен под или над водоводна или канализациона цевка на растојание најмалку 0,4 m за кабли 35 kV, односно најмалку 0,3 m за останатите кабли.
- 15.4 Доколку не може да се постигнат растојанијата према точките 15.2 и 15.3, на тие места енергетскиот кабел се провлекува низ заштитна цевка.
- 15.5 На местата каде се врши паралелно водење или вкрстување на енергетскиот кабел со водоводна или канализациона цевка, ровот се копа рачно (без да се употреби механизација).

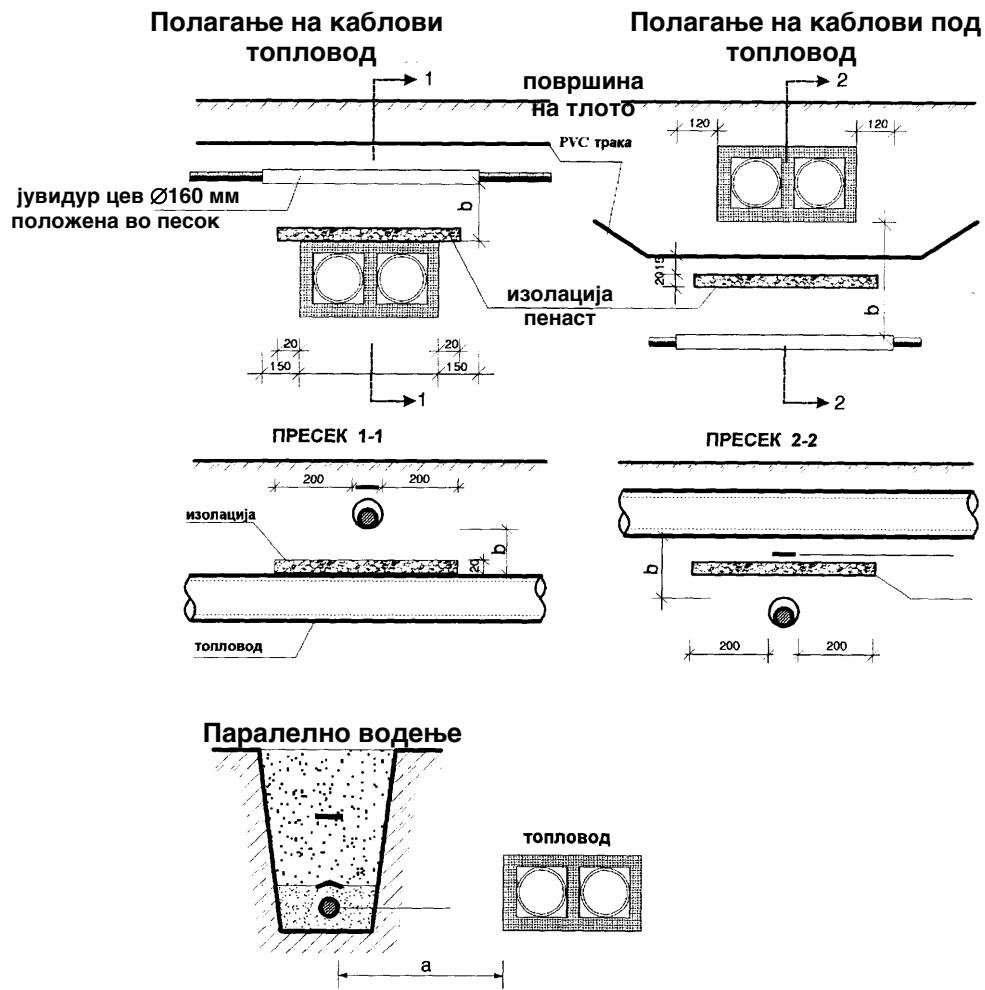
16 ПРИБЛИЖУВАЊЕ И ВКРСТУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКИ КАБЛОВИ СО ТОПЛОВОД

- 16.1 Не е дозволено паралелно водење на енергетските кабли под или над топловодот.
- 16.2 При вкрстувањето, енергетскиот кабел се монтира над топловодот, а исклучително и под топловодот (сл.16.2).

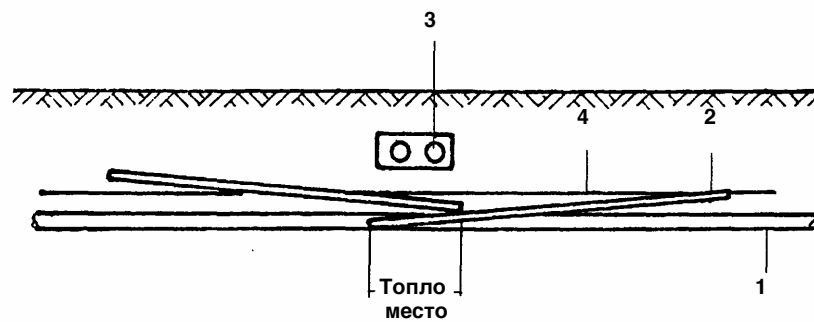
Помеѓу енергетскиот кабел и топловодот при вкрстувањето се поставува топлотна изолација од полиуретан, пенушав бетон итн.

- 16.3 Хоризонталното растојание на енергетскиот кабел од надворешната ивица на каналот за топловод (сл.16.2) треба да изнесува најмалку $a = 0,7$ m за кабли 35 kV, односно најмалку $a = 0,6$ m за останатите кабли.
- 16.4 Доколку не може да се постигнат најмалите растојанија од точка 16.3 се применуваат **дополнителни заштитни мерки со кои се обезбедува температурното влијание од топловодот на кабелот да не биде поголемо од 20 °C**, како:
- зајакната изолација помеѓу топловодот и енергетскиот кабел;
 - примена на кабли со изолација од умрежен полиетилен (XP00-ASJ, XHE 49-A);
 - примена на метални екрани помеѓу кабелот и топловодот (сл.16.4);
 - примена на постелица од специјални мешавини за затрпување на топловодот и кабелот, на пример: мешавина на чакал и песок со додаток од 15 % мелен варовник, мешавина на песок и цемент итн.
- 16.5 При вкрстување и паралелно водење на енергетскиот кабел за јавно осветлување и топловод треба да се оствари растојание од најмаку 0,3 m.





Сл.16.2 Вкрстување и паралелно водење на енергетски кабел со топловод



(1) кабел; (2) метални цевки; (3) топловод; (4) предупредителна трака

Сл.16.4 Примена на метални екрани помеѓу кабелот и топловодот



17 ПРИБЛИЖУВАЊЕ И ВКРСТУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКИ КАБЛОВИ СО ГАСОВОД

- 17.1 Не е дозволено паралелно водење на енергетските кабли под или над гасоводот.
- 17.2 Растојанието помеѓу енергетскиот кабел и гасоводот при вкрстувањето и паралелното водење треба да биде најмалку:
- 0,8 m во населени места;
 - 1,2 m надвор од населени места;

Растојанијата може да се намалат до 0,3 m ако кабелот се положи во заштитна цевка со должина од најмалку 2 m од двете страни на местото на вкрстување или по целата должина на паралелното водење.

18 МЕЃУСЕБНО ПРИБЛИЖУВАЊЕ И ВКРСТУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКИТЕ КАБЛОВИ

Меѓусебното растојание на енергетските кабли (повеќежилни, односно на кабловскиот сноп со три едножилни кабли) во ист ров се одредува врз основа на струјното оптоварување, но не смее да биде помало од 0,07 m при паралелно водење, односно 0,2 m при вкрстување

За да се обезбеди во ровот кабловите меѓусебно да не се допираат, помеѓу кабловите може по целата должина на трасата да се постави ред од цигли, кои се монтираат на меѓусебно растојание од 1 m.

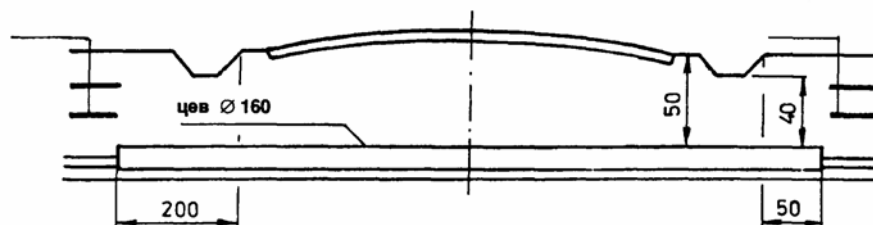
19 ВКРСТУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКИ КАБЕЛ СО ПАТ НАДВОР ОД НАСЕЛЕНО МЕСТО

- 19.1 Вкрстувањето на кабловскиот вод со пат надвор од населено место се врши така што кабелот се положува во бетонски канал, односно бетонска или пластична цевка вовлечена во хоризонтално избушен отвор, така да е можна замена на кабелот без да се раскопува патот.

Вертикалното растојание помеѓу горната ивица на кабловската канализација и површината на патот треба да изнесува најмалку 0,8 m (сл.19.1).

Предупредителна трака

предупредителна трака



Сл.19.1 Вкрстување на кабел со пат надвор од населено место

- 19.2 Растојанието на кабловскиот вод од пат надвор од населено место при паралелно водење, односно приближување, изнесува:
- за автопат и пат од I ред: најмалку 5 m за паралелно водење и најмалку 3 m за приближување;
 - за патишта над I ред: најмалку 3 m за паралелно водење и најмалку 1 m за приближување;

20 ВКРСТУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКИ КАБЕЛ СО ВОДОТЕК

- 20.1 **Вкрстувањето на енергетскиот кабел со водотек (река, канал итн.)** се изведува со положување преку мостови (поглавје 21).

Исклучително, вкрстување со водотекот може да се изведе со положување на кабелот на дното или под дното на водотекот.

- 20.2 **Полагањето на енергетскиот кабел на дното на водотекот** се изведува на место каде брзината на водата е најмала и каде не постои можност на поголеми одрони на земја или насипување на нанос.

Кабловите за овакво полагање мора да бидат зајакнати со арматура од челични жици, на пример кабел тип ХНЕ 49/84-А.

- 20.3 **Положувањето на енергетските кабли под дното на водотекот** се изведува со провлекување низ цевка на длабочина од најмалку 1,5 m под дното на водотекот.

21 ПОЛОЖУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКИ КАБЛОВИ ПРЕКУ МОСТОВИ

- 21.1 **За положување преку мостови се препорачува користење на кабли со полимерна изолација и полимерен плашт (XP00-AS, ХНЕ 49-А итн.)**

За положување на среднапонските кабли преку мостови со интензивни вибрации се препорачува користење на трожилни кабли тип ХНЕ 49/84-А. Тоа е кабел кој се состои од три едножилни кабли ХНЕ 49-А упредени во вид на јаже, кој е армиран со округла поцинкувана жица и заштитен со полиетиленски плашт.

- 21.2 За положување преку мостови дозволено е користење на кабли со изолација од импрегнирана хартија и со алуминиумски плашт, тип NPHА 03-А.

Не е дозволено положување на енергетски кабли со оловен плашт (NPO 13-AS итн.) преку челично-решетки мостови.

- 21.3 **Се препорачува** положување на енергетските кабли под пешачките патеки во канали или цевки. Овие канали (цевки) не смее да служат за одведување на атмосферска вода, а мора да биде овозможено природно ладење на кабловите. Кај поголем мост вообичаено е во неговара внатрешност да се предвиди посебен тунел со конзоли или испусти за носење на кабловите.

Дозволено е и слободно положување на конструкцијата на мостот ако енергетските кабли се непристапни за нестручни лица и ако се заштитени од директно зрачење на сонце.

- 21.4 Секаде каде е можно, **енергетските кабли треба да се положуваат без спојници на мостот.** Се препорачува кабловските спојници да бидат оддалечени најмалку 10 m од краевите на мостот.

Ако поставувањето на кабловските спојници на мостот е изнудено решение, спојницата треба да се монтира на носилен столб или на некое друго стабилно место.

- 21.5 Треба да се избегнува положување на кабли преку дрвени мостови. Во спротивно, кабловскиот вод се положува низ пластична или метална цевка.

- 21.6 На местата на премин на енергетскиот кабел од челичната конструкција на мостот на крајбрежните потпирачи на мостот, како и на премините преку дилатационите делови на мостот, треба се предвиди соодветна резерва од кабелот.

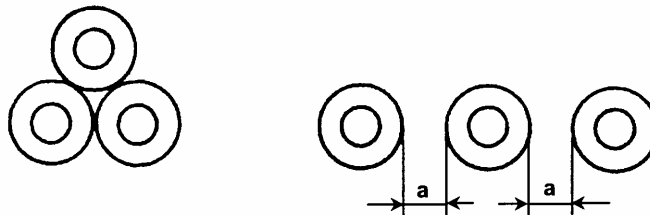


22 ПОЛОЖУВАЊЕ НА ЕДНОЖИЛНИ ЕНЕРГЕТСКИ КАБЛОВИ

- 22.1 Се препорачува положување на едножилните кабли (ХНЕ 49-А, НРНА 03-А итн) во триаголност снот (сл.22.1б).

Се препорачува, на кратки делници положувањето на паралелните кабли да се изведува на растојание од 0,07 m.

Снопот се формира со провлекување на кабловите низ соодветна матрица при одмотувањето од три калема. Формираниот сноп на секој 1 m до 2 m се омотува со обујмица, самолеплива трака итн.



а) во триаголен сноп

б) во хоризонтална рамнина

Сл.22.1 Положување на едножилни кабли

- 22.2 Дозволено е поединечно провлекување на едножилните кабли низ цевка од неферомагнетен материјал, под услов цевката да не е подолга од 20 m.

Низ челична цевка дозволено е провлекување на сноп кој го сочинуваат едножилни кабли на сите три фази.

- 22.3 За прицврстување на едножилните кабли може да се користат само обујмици од неферомагнетни материјали (бакар, алуминиум, пластика итн.).

- 22.4 На двата краја на кабловскиот вод треба галвански да се поврзат металните плаштови или електричните заштити на сите три едножилни кабли и овој спој да се заземји.

Исклучително, ако UPE кабелот 10 kV и 20 kV (ХНЕ 49-А итн.) поврзува ТС 110/10(20) kV со само една ТС 10(20)/0,4 kV, а со пресметка или мерење се докаже дека постои опасност од изнесување на потенцијал од ТС 110/10(20) kV, тогаш електричните заштити на UPE кабловите може да останат изолирани во однос на заземјувањето на ТС 110/10(20) kV (види поглавје 7 во ТП-7).



23 КАБЛОВСКИ ПРИБОР

- 23.1 **Кабловскиот прибор** служи за затварање на краевите на кабелот за да спречи продирање на влага, што се остварува со помош на кабловски завршници (глави) за внатрешна и надворешна монтажа и кабловски спојници.

Се препорачува користење на топлособирачки и ладнособирачки кабловски прибор.

Производителот, односно испорачателот на енергетскиот кабел, обврзан е да го обезбеди целокупниот материјал, алат и прибор за изработка на кабловски спојници и завршници, како и да издаде детални упатства за нивната монтажа.

- 23.2 **За спојување на проводниците се препорачува постапка на пресување (JUS N.F4.101), но е дозволено е користење и на специјални стегалки со завртки.**

- 23.3 **Стегалките со завртки** се користат во рачкастите спојници ("Т" или "У" приклучоци), како и за приклучување на краевите на енергетските кабли од низок напон на собирниците на разводната табла во трансформаторските станици (ТП-1а) или кабловските приклучни кутии (Додаток 2 ТП-13).

Поврзувањето на одвојниот кабел во рачкастата спојница се изведува без сечење на проводниците на главниот вод.

- 23.4 За секој тип преса или стегалка со завртки, како и за целокупниот материјал за пресување, мора да се обезбеди атест од овластена независна институција.

- 23.5 **За нисконапонските кабли (PP00-ASJ, XP00-AS итн.) се користат кабловски спојници и завршници од топлособирачки или ладнособирачки елементи или со наливни системи од епоксид или полиуретан.**

- 23.6 **За среднонапонските кабли (XHE 49-A, NPO 13-AS итн.) се препорачува да се користат кабловски спојници и завршници од топлособитачки, ладнособирачки или префабрикувани елементи.**

За кабловите со изолација од хартија (NPO 13-AS итн.) е дозволено е користење на класичен кабловски прибор.

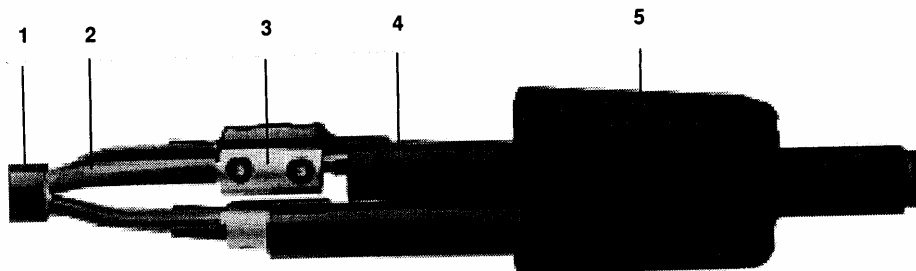
- 23.7 **Кабловските спојници и завршници треба да ги монтираат стручно обучени работници** кои доследно ги применуваат сите упатства и барања на производителите посебно во врска со технолошката чистота, непрекидноста на електричната заштита, слабопроводните слоеви и плаштот на среднонапонските кабли итн.

- 23.8 **Кабловската завршница на среднонапонскиот кабел мора да има прибор (стегалка, плетеница за заземјување итн.) за едноставно приклучување на металниот плашт и арматурата, односно електричната заштита на кабелот, на заземјувачот на трансформаторската станица или столбот.**

Кабловската спојница посебно не се заземјува, независно од тоа дали е од изолационен материјал или метална.

- 23.9 При изработка на кабловската завршница задолжително е да се применат подолжни заптивни стопици (папучици).

- 23.10 На сл.23.10 дадени се примери за изведување на кабловскиот прибор. и тоа:
- сл.23.10а: топлособирачка спојница за НН UPE или PVC кабел;
 - сл.23.10б: топлособирачка завршница за надворешна монтажа за среднонапонски едножилен UPE кабел;
 - сл 23.10в: топлособирачка спојница за среднонапонски едножилен UPE кабел.

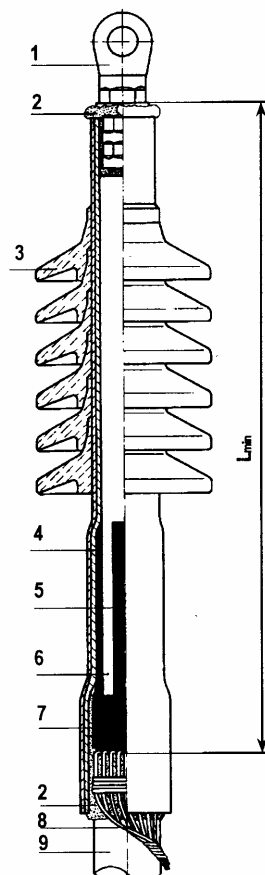


(1) надворешен плашт на кабелот; (2) жила на кабелот; (3) спојна чаура за пресување; (4) топлособирачка цевка за жилата на кабелот; (5) надворешна топлособирачка цевка.

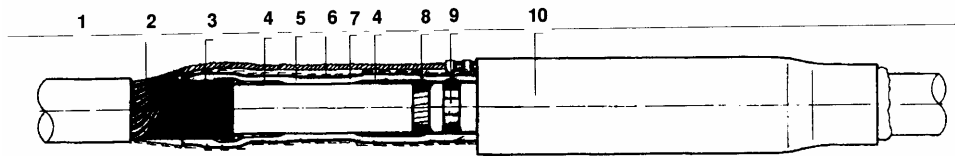
Сл.23.10а: Топлособирачка кабловска спојница за НН кабел

Кабел	L_{min} (m)
10 kV	0,55
20 kV	0,58
35 kV	0,68

- (1) кабловска папуча;
 (2) гума трака за испуна и затнување;
 (3) изолациони делови;
 (4) двослојна композитна топлособирачка цевка;
 (5) марамица за регулирање на полето;
 (6) изолација на кабелот
 (7) слабопроводен слој;
 (8) бакарен екран за заземјување;
 (9) надворешен плашт на кабелот.



Сл.23.10б Топлособирачка кабловска завршница за СН кабел



- (1) надворешен плашт на кабелот; (2) бакарен екран; (3) слабопроводен слој; (4) марамица за регулација на електричното поле; (5) двослојна композитна топлособирачка цевка; (6) бакарна мрежеста лента; (7) изолација на кабелот; (8) слабопроводна лента; (9) надворешна чаура за пресување; (10) надворешна заштитна топлособирачка цевка.

Сл.23.10в: Топлособирачка кабловска спојница за СН кабел

24 ИСПИТУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКИТЕ КАБЛОВИ И КАБЛОВСКИОТ ПРИБОР

- 24.1 Испитувањето на енергетскиот кабел со изолација од хартија (NPO 13-AS, NPNO 13-A, NPNA 03-A итн.) се врши според JUS N.C5.025.

Испитувањето на енергетскиот кабел со изолација од полимерни материјали (XP00-ASJ, PP00-AS, XHE 49-A итн.) се врши според JUS N.C5.225, JUS N.C5.235 и JUS IEC 60502.

Испитувањето на кабелот и кабловскиот прибор се врши како задолжително (поединечно) испитување, испитување на типот, специјално (посебно) испитување и приемно испитување.

Кабловите и кабловскиот прибор мораат да поседуваат атест од овластена институција.

- 24.2 **Задолжителното (поединечно) испитување** е испитување кое се врши на секоја произведена должина на кабел или на секој елемент од кабловскиот прибор. со кое е опфатено:
- мерење на електричниот отпор на проводниците (JUS N.C0.035);
 - задолжителните напонски испитувања, табели 24.6 и 24.7;
 - мерење на факторот на дијалектрични загуби за кабловите со изолација од хартија со назначен напон 12/20 kV и 20/35 kV (NPNO 13-A, NPZO 13-A);
 - испитување на парцијалните празнења за среднонапонските кабли со полимерна изолација (XHE 49-A итн.).
- 24.3 **Специјалните испитувања се** вршат за да се провери дали кабелот ги исполнува барањата од стандардот по кој е произведен, и се предмет на посебен договор помеѓу производителот и корисникот, а со кои се опфатени:
- проверка на конструкцијата (димензиите) на проводниците, изолацијата и заштитните слоеви;
 - напонско испитување за среднонапонските кабли и тоа:
 - четиричасовно за кабловите со полимерна изолација, со трикратна вредност на фазниот напон;
 - 15 минутно за кабли со изолација од хартија, со вредности на наизменични (едносмерни) испитни напони зголемени за 1,6 пати (2,4 пати) во однос на вредноста дадена во табела 24.6.
- 24.4 **Испитување на типот** е испитување кое го врши производителот на нов тип на кабел, спојници или завршници, како претставник на други исти или слични типови.

Испитувањето на типот по правило не се врши ако производителот на кабелот или кабловскиот прибор приложи атест за ова испитување од претставникот на тој тип.

- 24.5 **Приемното испитување** е испитување кое се обавува во присуство на корисникот (купувачот) и по правило ги опфаќа барањата на задолжителното испитување, а по договор и барањата на специјаните испитувања.

Приемното испитување се изведува на најмалку 10 % од вкупната должина на кабелот или на договорно утврден број спојници или завршници.

- 24.6 **Напонското испитување на енергетскиот кабел со изолација од хартија (NPO 13-AS, NPHO 13-A, NPHA 03-A итн.)** се врши со едносмерен или наизменичен напон, но се препорачува испитување со едносмерен напон.

Испитниот напон се приклучува помеѓу една жила и металниот плашт, при што кај трожилиниот кабел преостанатите две жили се врзуваат за металниот плашт. **Вредностите на испитните напони** дадени се во табела 24.6.

Табела 24.6: Испитни напони за каблови со изолација од хартија

Назначен напон на кабелот (U_0/U)	Испитен напон (kV)	
	Наизменичен	едносмерен
6/10 kV	14	33,6
12/20 kV	21	50,4
20/35 kV	35	84,0
Траење на испитувањето: 5 min		

- 24.7 **Напонското испитување на енергетските каблови со изолација од полимерни материјали (XP00-ASJ, PP00-AS, XHE 49-A итн.)** се врши со наизменичен напон кај среднонапонските каблови, и со наизменичен или едносмерен напон кај нисконапонските каблови.

Вредностите на испитните напони и должината на траење на испитувањето дадени се во табела 24.7. Испитниот напон се приклучува помеѓу жилата и електричната заштита кај среднонапонските каблови, односно помеѓу една жила и преостанатите жили врзани на кусо меѓусебно и со земјата.

Табела 24.7: Испитни напони за кабловите изолирани со PVC и UPE изолација

Назначен напон на кабелот (U_0/U)	Испитни напони за PVC и UPE каблови (kV)		
	Наизменичен		Едносмерен (15 мин)
	(5 min)	(24 h)	
0,6/1 kV	1,0	0,6	6,0
6/10 kV	10,0	6,0	-
12/20 kV	20,0	12,0	
20/35 kV	35,0	20,0	

- 24.8 **Напонско испитување на плаштот на среднонапонскиот кабел** се врши ако плаштот е изработен од PVC или полиетилен.

Испитувањето се врши со едносмерен напон кој се приклучува помеѓу електричната заштита или арматура или металниот плашт и земјата.

Висината на едносмерниот испитен напон изнесува 5 kV.
Времето на испитување на плаштот на кабелот изнесува 1 min.

- 24.9 **После полагањето, спојувањето и завршувањето на кабелот, се врши напонско испитување на кабловскиот вод.** Напонското испитување се врши и после поправките на среднонапонскиот кабел.

Напонското испитување после положувањето се врши према точка 24.6 за NPO каблови и точка 24.7 за UPE каблови.

Испитувањето на PVC кабловите 0,6/1 kV после положувањето се врши со наизменичен напон 2,5 kV или едносмерен напон 4,5 kV. Времето на испитување изнесува 15 min

25 ДОЗВОЛЕНО СТРУЈНО ОПТОВАРУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКИОТ КАБЕЛ

25.1 **Струјното оптоварување на енергетскиот кабел** треба да биде ограничено така да топлината произведена во кабелот да биде одведена во околината и да не се пречекори максималната дозволена температура на проводниците во нормален погон и во куса врска.

25.2 **Дозволеното струјно оптоварување на кабловскиот вод** се пресметува према изразот:

$$I_{doz} = k_{op} \cdot k_{\theta t} \cdot k_{\rho t} \cdot k_{bk} \cdot I_{nd}$$

Каде е:

I_{doz} = Дозволено струјно оптоварување на кабловскиот вод во (A);

k_{op} = Коефициент на промената на дозволеното струјно оптоварување на кабловскиот вод од факторот на оптоварување m , и изнесува: $k_{op}=0,75$ за стално (индустриско) оптоварување (фактор на оптоварување: $m=1$) и $k_{op} = 1$ за променливо (дистрибутивно) оптоварување (фактор на оптоварување: $m=0,7$);

$k_{\theta t}$ = Коефициент на промена на дозволеното струјно оптоварување на кабловскиот вод од температурата на тлото θ_t на длабочина на положување на кабелот, и во во границите $+5^{\circ}\text{C} < \theta_t < +40^{\circ}\text{C}$ се пресметува према изразот:

$$k_{\theta t} = 1 + 0,007 \cdot (20 - \theta_t);$$

$k_{\rho t}$ = Коефициент на промена на дозволеното струјно оптоварување на кабловскиот вод од специфичната топлотна отпорност на тлото ρ_t и се добива од табелата 25.2.1;

k_{bk} = Коефициент на промена на дозволеното струјно оптоварување на кабловскиот вод од бројот на положени водови b_k во ровот и меѓусебната оддалеченост на кабловските водови "а", и се добива од табела 25.2.2;

I_{nd} = Назначена вредност на дозволеното струјно оптоварување на кабловскиот вод во ампери (A) која ја дава производителот на кабелот - за практични пресметки може да се користат податоци од табелата 25.2.3а и 25.2.3б, за референтни услови кои се дадени во истатите табели: температура на тлото $\theta_t=20^{\circ}\text{C}$, специфична топлинска отпорност на тлото $\rho_t=1\text{K}\cdot\text{m}/\text{W}$, длабочина на положување $h=0,7\text{ m}$ ($h=1\text{ m}$ за кабел 35 kV), дистрибутивно оптоварување ($k_{op}=1$), еден кабловски вод во ровот.

25.3 За одреден тип енергетски каблови и различните услови на положување, во нашите стандарди се дадени вредностите на коефициентите (корекционите фактори) $k_{\theta t}$, $k_{\rho t}$ и k_{bk} . Вредностите на овие коефициенти преку изразите и табелите во точка 25.2 прилагодени се за практични пресметувања, така да се добиваат вредности со најголема грешка од $\pm 5\%$

Измената на длабочината на положување на кабелот или геометриските карактеристики на кабелот имаат релативно мало влијание на дозволеното струјно оптоварување на кабелот.

25.4 **Факторот на оптоварување m** е однос помеѓу средното и максималното оптоварување и изнесува $m = 1$ за стално (индустриско) оптоварување, додека за променливо (дистрибутивно) оптоварување изнесува околу $m = 0,7$ и тоа приближно одговара на дневниот дијаграм на оптоварување со циклични смалувања на максималното оптоварување во траење од 9 часа, со оптоварување во висина 60 % од максималното оптоварување во наредните 15 часа.

- 25.5 **Специфичната топлотна отпорност на тлото** ρ_t зависи од врстата на тлото (чакал, песок, земја од откоп итн.) и од содржината на влагата во тлото во текот на годината. Во време на максималното годишно оптоварување на дистрибутивниот конзум (зимскиот период) се пресметува со нормална влажност на тлото под слободни и асфалтирани површини во кои се наоѓа кабелот, така да за практични пресметувања и просечни услови на работа на дистрибутивните мрежи и положување во склад со овие препораки може да се усвои: $\rho_t = 1 \text{ K} \cdot \text{m/W}$ ($k_{pt} = 1$), освен за доминантно песковито тло кога може да се усвои: $\rho_t = 1,5 \text{ K} \cdot \text{m/W}$ и тогаш е $k_{pt} = 0,86$.
- 25.6 **Кога во ист ров се положува голем број енергетски кабли**, на пример на излезот од ТС 110/X kV и ТС X/0,4 kV, вредноста на коефициентот k_{bk} (табела 25.2.2) може да биде многу мала и преносната моќ на кабловите значително смалена. Таквите случаи треба посебно да се анализираат.
- Проблемот се решава со:**
- усвојување на поголем пресек на проводниците на водот (точка 8.1);
 - примена на кабли со изолација од умрежен полиетилен тип XP00-ASJ, XHE 49-A итн.;
 - примена на постелица од специјална мешавина, на пример: мешавина од чакал и песок со додаток до 15 % мелен варовник, мешавина од песок и цемент итн.
- 25.7 **Распоредот на кабловите при положување во ист ров** може да биде во едно или во две нивоа ("пакет" кабли). Корекционите фактори во овие два случаи приближно се еднакви за еднаков број кабли во ровот. Затоа положувањето во два нивоа се препорачува таму каде просторот за сместување на кабловите е мал и каде постојат услови за сигурно откривање на дефектот во кабелот и неговата поправка.
- 25.8 **Дозволеното струјно оптоварување на кабловите во зимскиот период** I_{dozZ} (времето на максималното годишно оптоварување на дистрибутивниот конзум), **односно во летниот период** I_{dozL} , еден кабел во ров, и останатите услови кои се карактеристични за конзумното подрачје на овие простори, се пресметуваат од односот:

$$I_{dozZ} = 1,105 \cdot I_{nd} \quad \text{и} \quad I_{dozL} = I_d = 0,9 \cdot I_{dozZ}$$

Каде I_{nd} е назначена вредност на дозволено струјно оптоварување на кабелот чии вредности се дадени во табелите 25.2.3а и 25.2.3б.

Коефициенти на промена на дозволените струи на енергетските кабли:

Коефициентот на промена на струјното оптоварување на кабловскиот вод од температурата на тлото θ_t :

$$K_{\theta t} = 1 + 0,007 \cdot (20 - \theta_t)$$

Табела 25.2.1: Коефициент на промена на дозволеното струјно оптоварување на кабловскиот вод од специфичната топлотна отпорност на тлото ρ_t

ρ_t (K·m/W)		0,7	1,00	1,20	1,50	2,00	2,50	3,00
$k_{\rho t}$	NPO	1,12	1,00	0,94	0,87	0,78	0,71	0,66
	UPE, PVC	1.14	1,00	0,93	0,85	0,75	0,68	0,62

Табела 25.2.2: Коефициент на промена на дозволеното струјно оптоварување на кабловскиот вод од бројот на кабловите b_k положени во ровот

Број на кабли во ровот b_k		2	3	4	5	6	7	8	10
k_{b_k}	$a=0,07$ m	0,82	0,72	0,66	0,62	0,59	0,57	0,55	0,52
	$a=0,20$ m	0,86	0,77	0,73	0,69	0,67	0,65	0,63	0,61

a – меѓусебно растојание на кабловските водови во ровот

Табела 25.2.3а: Назначена вредност на дозволени струјни оптоварувања на НН кабли за променливо (дистрибутивно) оптоварување

Назначен пресек на кабелот (mm^2)	Назначена вредност на дозволената струја I_{nd} (A)			
	PVC кабел		UPE кабел	
	Cu	Al	Cu	Al
50	185	142	205	157
95	275	211	303	233
150	353	270	390	300

$\theta_t = 20^\circ\text{C}$; $\rho_t = 1 \text{ K} \cdot \text{m/W}$; $k_{op} = 1$; $h = 0,7 \text{ m}$; $b_k = 1$

Табела 25.2.3б: Назначена вредност на дозволени струјни оптоварувања на СН кабли за променливо (дистрибутивно) оптоварување

Назначен пресек на кабелот (mm^2)	Назначена вредност на дозволената струја I_{nd} (A)							
	PVC кабел				UPE кабел			
	10 kV и 20 kV		35 kV		10 kV и 20 kV		35 kV	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
50	250	190	240	185	337	262	325	253
95	320	250	305	235	427	333	412	321
150	420	325	390	305	555	436	534	419

$\theta_t = 20^\circ\text{C}$; $\rho_t = 1 \text{ K} \cdot \text{m/W}$; $b_k = 1$; $k_{op} = 1$;
 $h = 0,7 \text{ m}$ ($h = 1 \text{ m}$ за кабел 35 kV)
 NPO кабел: трожилен (NPO 13-AS, NPZO 13 –A итн.)
 UPE кабел: три едножилни во сноп (XHE 49-A итн.)

Пример: Пресметување на дозволеното струјно оптоварување на кабелот

Која моќност, во наши услови, можат да ја пренесат поединечно положени енергетски кабли на територијата на “стар” Белград и Нов Белград:

- а) во очи на Нова година (време на максимално годишно оптоварување на конзумот);
- б) во летните месеци;
- ц) да се изберат НН кабли со кои треба да се пренесе максималната расположива моќност на ЕТ во ТС X/0,4 kV и инсталирана моќност 630 kVA.

Решение:

- а) Просечната дневна температура на тлото во очи на Нова Година изнесува $\Theta_t = 5^{\circ}\text{C}$ што одговара на обавените долгогодишни мерења на длабочини кои се на приближна длабочина на положување на енергетските кабли (0,7 m до 1 m), па коефициентот на промена на дозволеното струјно оптоварување на кабловскиот вод од температурата на тлото Θ_t изнесува:

$$k_{\Theta t} = 1 + 0,007 \cdot (20 - \Theta_t) = 1 + 0,007 \cdot (20 - 5) = 1,105$$

Специфичната топлинска отпорност на тлоти ρ_t зависи од врстата на тлото (чакал, песок, земја од откоп итн.) и од содржината на влага во тлото во текот на годината. **Во зимските месеци**, кога е и максималното оптоварување во дистрибутивниот конзум, **се пресметува со нормална влажност на тлото**, кое е поволно од аспект на дозволеното струјно оптоварување.

Во “стариот” дел на Белград ρ_t се движи од $\rho_t = 0,7 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$ до $\rho_t = 1,0 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$, па према табела 25.2.1 коефициентот на промена на дозволеното струјно оптоварување изнесува $k_{\rho_{tsB}} = 1,12$ до $k_{\rho_{tsB}} = 1$. За понатамошно пресметување усвојуваме $k_{\rho_{tsB}} = 1$, што може да се користи и како просечна годишна вредност за целата територија. Специфичната топлинска отпорност за Нов Белград (песок) се движи од $\rho_t = 1,5 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$, во време на максималното годишно оптоварување на дистрибутивниот конзум (во зима) до $\rho_t = 2,5 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$ во лето, па према табела 25.2.1 го добиваме следниот коефициент $k_{\rho_{tsB}} = 0,86$ во зима и $k_{\rho_{tsB}} = 0,7$ во лето.

Назначените вредности на дозволените струјни оптоварувања I_{nd} за променливо (дистрибутивно) оптоварување ($k_{op} = 1$ и $m = 0,7$) дадени се во табела 25.2.3, додена за постојано (индустриско) оптоварување соодветните вредности од тие табели треба да се помножат со факторот $k_{op} = 0,75$ ($m = 1$).

Према тоа, дозволеното струјно оптоварување на кабловскиот вод за дистрибутивно оптоварување во зимскиот период на територијата на “стариот” Белград (тоа е и просек за целата територија) I_{dozZsB} и Нов Белград I_{dozZNB} ќе биде:

$$I_{dozZsB} = k_{op} \cdot k_{\Theta t} \cdot k_{\rho_{tsB}} \cdot k_{bk} \cdot I_{nd} = 1 \cdot 1,105 \cdot 1 \cdot 1 \cdot I_{nd} = 1,105 I_{nd}$$

$$I_{dozZNB} = k_{op} \cdot k_{\Theta t} \cdot k_{\rho_{tsNB}} \cdot k_{bk} \cdot I_{nd} = 1 \cdot 1,105 \cdot 0,86 \cdot 1 \cdot I_{nd} = 0,95 I_{nd}$$

На пример: кабел NPO 13-AS, 10 kV, 3x150 mm² Al во очи на Нова година просечно може да се оптовари (табела 25.2.36):

$$I_{dozZsB} = 1,105 \cdot I_{nd} = 1,105 \cdot 250 = 276 \text{ A (4,8 MVA)}$$

Додека во услови на полоши специфични топлински отпорности на тлото (нормално влажен песок, тло под асфалтирани или слободни површини на територијата на Нов Белград) може да се оптовари со:

$$I_{dozZsB} = 0,95 \cdot I_{nd} = 1,105 \cdot 250 = 238 \text{ A (4,1 MVA)}$$

Во табелата Пр.25.2а дадени се резултатите од пресметката на дозволените струјни оптоварувања (моќност) на кабловите во време на максималните годишни оптоварувања во дистрибутивниот конзум - зимски период ($I_{dozZ} = 1,105 I_{nd}$), за кабловите со алуминиумски проводници кои за “просечни” карактеристики на тлото ($\rho_t = 1 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$) се користат во дистрибутивните мрежи.

Во случај на напојување на потрошувачи со постојано оптоварување (индустријата), вредностите од табела Пр.25.2а треба да се помножат со фактор $k_{op} = 0,75$.

Табела Пр.25.2а: Дозволеност струјни оптоварувања (моќност) на кабловите со АI проводници во зимски период (*Cos $\varphi = 0,95$)

Изолација на кабелот	Пресек АI проводниците (mm^2)	дозволена струја ; дозволена моќност			
		0,6/1 kV (A) ; (kW*)	6/10 kV (A) ; (MVA)	12/20 kV (A) ; (MVA)	20/35 kV (A) ; (MVA)
PVC	95	233; 153	-	-	-
	150	298; 196	271; 4,7	-	-
	240	392; 262	348; 6,0	-	-
NPO	95	-	210; 3,6	210; 7,2	204; 12,4
	150	-	276; 4,8	276; 9,6	260; 15,7
	240	-	359; 6,2	359; 12,4	337; 20,4
UPE	95	257; 169	290; 5,0	290; 10,0	280; 17,0
	150	331; 218	368; 6,4	368; 12,8	355; 21,5
	240	420; 276	482; 8,3	482; 16,6	463; 28,0

$\Theta_t = 5^\circ\text{C}$; $\rho_t = 1,0 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$; $h = 0,7 \text{ m}$ до 1 m ; $b_k = 1$; $k_{op} = 1$ (дистрибутивен конзум)

- б) Врз основа на изведените мерења, усвојуваме средната дневна температура на тлото во летниот период да изнесува $\Theta_t = 20^\circ\text{C}$, па коефициентот на промена на дозволеното струјно оптоварување на кабловскиот вод од температурата на тлото Θ_t изнесува: $k_{\Theta t} = 1$, додека коефициентите : $k_{\Theta t}$, k_{bk} и k_{op} имаат вредности дадени под а).

Према тоа, дозволеното струјно оптоварување на кабловскиот вод во летниот период на територијата на “стар” Белград (тоа е и просек за целата територија) I_{dozLSB} и на Нов Белград I_{dozLNB} ќе бидат:

$$I_{dozLSB} = k_{op} \cdot k_{\Theta t} \cdot k_{\rho tSB} \cdot k_{bk} \cdot I_{nd} = I_{nd} = 0,9 I_{dozZsB}$$

$$I_{dozLNB} = k_{op} \cdot k_{\Theta t} \cdot k_{\rho tNB} \cdot k_{bk} \cdot I_{nd} = 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot I_{nd} = 0,7 \cdot I_{nd} = 0,74 I_{dozZNB}$$

На пример: кабел NPO 13-AS, 10 kV, $3 \times 150 \text{ mm}^2$ АI во летните месеци просечно може да се оптовари: $I_{dozLSB} = I_{nd} = 250 \text{ A}$ (=4,3 MVA)

додека во услови на лоши специфични топлински отпорности на тлото (сув песок во лето, на територија на Нов Белград) може да се оптовари :

$$I_{dozLNB} = 0,7 \cdot I_{nd} = 0,7 \cdot 250 = 175 \text{ A} (= 3 \text{ MVA}).$$

Според тоа, за “просечни” карактеристики на тлото ($\rho_t = 1 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$) дозволеното струјно оптоварување на кабелот во летниот период е: $I_{dozL} = I_{nd}$ и се добива од табелата 25.2.3а и 25.2.3б.

- ц) Дозволеното струјно оптоварување на ЕТ во време на максималното годишно оптоварување на дистрибутивниот конзум - во зимскиот период I_{dozET} изнесува (види го Додатокот “В” ТП-11:

$$I_{dozET} = 1,3 \cdot I_n = 1,3 \cdot 630 = 819 \text{ kVA}$$

Во ТС X/0,4 kV има 8 НН извода (ТП-1а), па секој кабел треба да пренесе во просек по 102 kVA, односно струја: $I_1 = 156 \text{ A}$ во системот на напојување 3x220/380 V или $I_1 = 148 \text{ A}$ во системот на напојување 3x230/400 V. Од табелата Пр.25.2а се гледа дека овие струи поединечно може да ги пренесат и кабловите со PVC изолација со пресек $95 \text{ mm}^2 \text{ Al}$. Меѓутоа заради положување на повеќе каблови во ист ров на излезот од ТС, понатамошната анализа ќе ја изведеме за кабловите со изолација од PVC и UPE, со типски пресек $150 \text{ mm}^2 \text{ Al}$. Оваа анализа ќе покаже, табела Пр.25.2в, дека пресекот на проводникот од $150 \text{ mm}^2 \text{ Al}$ овозможува максималната моќност на ЕТ дз може да се изнесе од ТС и под најтешки реални услови ако сите 8 НН каблови се положат во ист ров ($b_k = 8$; $k_{bk}=0,55$; $I_{dozZ} = 164 \text{ A} > I_1$). Меѓутоа вредностите на назначените струи на НВ осигурувачите се избираат според дозволените струи на водот, така да се создадени услови преку овие водови делумно се резервираат и потрошувачите од соседните ТС.

Како илустрација го наведуваме примерот кога кабловите по излегувањето од ТС се разгрануваат во два смера, така да во ист ров $b_k = 4$ кабла, што може да се третира како "типско" решение. Од табелата 25.2.2 добиваме дека коефициентот k_{bk} изнесува најмалку $k_{bk} = 0,66$ така да дозволеното струјно оптоварување I_{dozZ4} на секој од 4-те каблови во ровот, во однос на соодветното дозволено струјно оптоварување на поединечно положениот кабел I_{dozZ1} кое сме го пресметале под а) – табела Пр.25.2а, за кабел со пресек $150 \text{ mm}^2 \text{ Al}$ изнесува најмалку :

$$I_{dozZ4} = k_{bk} \cdot I_{dozZ1} = 0,66 \cdot 298 = 197 \text{ A за PVC кабел и } I_{dozZ4} = 218 \text{ A за UPE кабел.}$$

НВ осигурувачот може трајно да ја пренесува струјата чија вредност за најмалку 10% е поголема од назначената струја. Меѓутоа, бидејќи при полагањето на 4 каблови во ист ров може реално да се обезбеди растојание помеѓу кабловите поголемо од 7 см, кое ќе даде вредност на коефициентот k_{bk} нешто поголема од 0,66 и затоа во двата случаи избираме НВ осигурувач $I_{no} = 250 \text{ A}$, на излезот од ТС треба да користиме каблови со UPE изолација и постелица од специјална мешавина (на пример: мешавина од чакал и песок со додаток од 15% мелен варовник, мешавина од песок и цемент итн.).

Резултатите од пресметката дадени се во табела Пр.25.2в. За различни услови на расплет на НН кабловите (бројот на каблови b_k во ровот), со користење на стандардна кабловска постелица ($\rho_{fst} = 1,0 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$; $k_{pt} = 1$) или постелица од специјална мешавина ($\rho_{fsp} = 0,7 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$; $k_{pt} = 1,14$), во табелата се даваат вредностите на дозволените струјни оптоварувања на кабловите I_{dozZ} во време на максималните годишни оптоварувања како и соодветните вредности на назначените струи на топливите влошки на НВ осигурувачите (I_{no}) во расклопниот НН блок во ТС.

Резултатите од пресметката и изведената анализа овозможуваат да заклучиме дека, **од аспект на термичките напрегања, максималното годишно едновремено оптоварување на ЕТ со моќност 630 kVA може да се изнесе од ТС и со 6 кабловски водови:** секој кабел во просек ќе пренесе околу 137 kVA, односно струја: $I_1 = 208 \text{ A}$ во системот на напојување 3x220/380 V или $I_1 = 197 \text{ A}$ во во системот на напојување 3x230/400 V. Ако појдеме од реалната претпоставка дека по излегувањето од ТС кабловските водови се разгрануваат барем во два смера со по три вода во ист ров, се гледа дека секогаш $I_{dozZ} > I_1$.

Врз основа на предходните пресметки и анализи може да ги извлечеме следните заклучоци: **како типско решение за изведување на расплетите на НН кабловските водови од ТС X/0,4 kV со моќност 630 kVA се препорачува да се користат:**

- каблови со изолација од UPE тип XP00-ASJ со пресек $3 \times 150 + 70 \text{ mm}^2$;
- постелица од специјални мешавини од ТС до местото на разгранување на кабловските траси во повеќе правци;
- НВ осигурувачи со топливи влошки најмногу со $I_{no} = 250 \text{ A}$.

Табела Пр.25.2в: Избор на НВ осигурувачи во ТС X/0,4 kV со моќност 630 kVA

b _k	k _{bk}		PVC кабел		UPE кабел	
			$\rho_{tst} = 1,0$	$\rho_{tsp} = 0,7$	$\rho_{tst} = 1,0$	$\rho_{tsp} = 0,7$
1	1	I _{dozZ} (A)	298	340	331	377
		I _{no} (A)	250	315	315	315
2	0,82	I _{dozZ} (A)	244	279	271	309
		I _{no} (A)	250	250	250	250
3	0,72	I _{dozZ} (A)	215	245	238	271
		I _{no} (A)	200	250	200	250
4	0,66	I _{dozZ} (A)	197	224	218	249
		I _{no} (A)	200	200	200	250
6	0,59	I _{dozZ} (A)	176	201	195	222
		I _{no} (A)	160	200	200	200
8	0,55	I _{dozZ} (A)	164	187	182	207
		I _{no} (A)	160	160	160	200



26 ТРАНСПОРТ И ОДМОТУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКИТЕ КАБЛОВИ

- 26.1 Енергетските кабли се транспортираат на калем. Исклучително, куси парчиња кабли може да се транспортираат во намотани катури, под услов да не се пречекорат дозволените радиуси на свиткување (точка 9.8).
- 26.2 За истовар на кабловите се користи дигалка, виљушкар, рампа итн.
- 26.3 Калемот со кабелот мора да се постави во вертикална положба користејќи соодветни подметнувачи и да е осигуран од надворешно задвижување.
- 26.4 Тркалање на дрвените калем не е дозволено, освен на куси делници (на пример при истовар). **Тркалање е дозволено само во правец на стрелката на надворешната страна на калемот.**
- 26.5 За одмотување, калемот треба да се подигне на цврста подлога (сталак).

Кабелот се одмотува со рамномерно повлекување од горната страна, така да смерот на одмотување е спротивен од смерот на стрелката на надворешната страна на калемот.

27 ЕНЕРГЕТСКИ КАБЛОВИ И ПРОБЛЕМАТИКА НА ЗАЗЕМЈУВАЊЕ

- 27.1 Кабловите со проводен плашт (тип NPO 13-AS, NPZO 13-A итн.) непосредно делуваат како заземјувач, а во дистрибутивните мрежи најчесто се јавува во два случаја:
- “кус” кабел (на пример за приклучок на надземна високонапонска мрежа);
 - “долг” кабел, кој работи во разгранета кабловска среднонапонска мрежа (градски конзум).

“Кусиот” кабел, во смисол на заземјувач, се однесува како тракаст заземјувач чија отпорност на распростирање за просечна вредност на пресекот на кабловите кои се користат во дистрибутивните мрежи и длабочина на положување на кабелот околу 0,7 m се пресметува според изразот:

$$R_{kk} = 0,318 \cdot [I_n (6 \cdot L_k) / L_k] \cdot \rho$$

Должината до која кабелот, во смисол на заземјувач, се однесува како “кус” се пресметува според изразот:

$$L_k = 10 \cdot \epsilon_p$$

Ако трансформаторската станица 10(20)/0,4 kV работи во разгранета кабловска високонапонска мрежа (градски конзум), кабелот приклучен на трансформаторската станица се однесува како **“долг” кабел, во смисол на заземјувач,** и има постојана вредност на отпорност на распростирање која се пресметува според изразот:

$$R_k = 0,075 \cdot \epsilon_p$$

Во оваа точка ознаките во дадените изрази го имаат следното значење:

R_{kk} = отпорност на распростирање на “кус” кабел како заземјувач, во Ω ;

ρ = специфична електрична отпорност на тлото, во Ωm ;

L_k = дел од вкупната должина на “кусиот” кабел кој е во непосреден контакт со тлото, а се наоѓа надвор од површината која ја зафаќа заземјувачот на трансформаторската станица, во метри (m).

R_k = отпорност на распростирање на “долгиот” кабел



- 27.2 **Кабел со непроводен плашт (тип ХНЕ 49-А, ХНР 48 итн.) посредно делува како заземјувач** бидејќи со помош на електричната заштита ги поврзува заземјувачите на соседните трансформаторски станици.

Ако трансформаторската станица 10(20)/0,4 kV работи во разгранета високонапонска мрежа (градски конзум), секоја трансформаторска станица е поврзана со повеќе трансформаторски станици, така да преку електричната заштита галвански се поврзани и заземјувачите на тие трансформаторски станици.

Вредноста на отпорноста на распростирање на кабелот (R_k) како заземјувач во трансформаторската станица, кога кабелот поврзува две или повеќе трансформаторски станици, при $\rho < 100 \Omega m$ изнесува приближно:

- $R_k = 1 \Omega$, ако кабловскиот вод поврзува трансформаторски станици со заземјувачи со отпорност на распростирање од 2Ω до 4Ω ;
- $R_k = 0,5 \Omega$, ако кабловскиот вод поврзува трансформаторски станици со заземјувачи со отпорност на распростирање околу 1Ω ;

За да се пресмета ефектот на смалување на импедансата на системот за заземјување на трансформаторската станица заради влијанието на заземјувачите на соседните трансформаторски станици, **по должина на целиот кабловски вод мора да биде обезбедена доверлива галванска врска на електричните заштити** на соседните делници на водот на кабловските спојници, завршници и во трансформаторските станици.

Галванската врска на електричните заштити се проверува после завршената монтажа на кабловските спојници или завршници, а во текот на експлоатацијата најмалку еднаш на 10 години.

- 27.3 **Детално за ефектите на кабловите како заземјувачи и за проблемот на изнесување на потенцијалот од ТС 110/10(20) kV види во ТП-7 и Коментарот на ТП-7.**

Литература

1. Југословенски стандарди за енергетски кабли
2. Зборници на трудови од симпозиумите за енергетски кабли на Студијскиот комитет 21 ЈУКО CIGRE
3. Борислав Лалевиќ: "Електроенергетски кабли", 1993.
4. Проспекти од домашни произведувачи на кабли
5. Технички препораки на ЕД Србија

