

Работни инструкции на ЕНЕРГО-ПРО Мрежи АД

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (КРМ)

WI 01-EPRG

Влиза в сила

От

26.03.2014г

Част КРМ СрН 1 на

EPRG

**НАРЪЧНИК ЗА СТРОИТЕЛСТВО НА КАБЕЛНИ РАЗПРЕДЕЛИТЕЛНИ МРЕЖИ
СРЕДНО НАПРЕЖЕНИЕ**

Настоящият наръчник е валиден за ЕНЕРГО-ПРО Мрежи АД

Работни инструкции на ЕНЕРГО-ПРО Мрежи АД

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (КРМ)

WI 01-EPRG

Влиза в сила

От

26.03.2014г

Част КРМ СрН 1 на

EPRG

ЧАСТ ПЪРВА - КРМ СрН

**ПЛАНИРАНЕ НА КАБЕЛНИ РАЗПРЕДЕЛИТЕЛНИ МРЕЖИ
СРЕДНО НАПРЕЖЕНИЕ**

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (КРМ)

Влиза в сила

От

26.03.2014г

Част КРМ СрН 1 на

EPRG

КРМ СрН 1- 01. Съдържание

КРМ СрН 1 планиране	Наименование	Страница	От дата
КРМ СрН 1-01	Съдържание	3	
КРМ СрН 1-02	Използвани съкращения	4	
КРМ СрН 1-03	Нормативна уредба за проектиране и изграждане на кабелна разпределителна мрежа	5÷7	
КРМ СрН 1-04	Принципи на планирането	7÷11	
КРМ СрН 1-05	Натоварване на кабелите	11÷13	
КРМ СрН 1-06	Трасиране и полагане	13÷14	
КРМ СрН 1-07	Пресичане и сближавания	14÷16	
КРМ СрН 1-08	Защита от пренапрежения	16÷20	
КРМ СрН 1-09	Качество на електрическата енергия	20÷22	
КРМ СрН 1-10	Изчисляване на тока на късо съединение	22÷30	

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (КРМ)

КРМ СрН 1-02. Използвани съкращения

- КРМ - кабелна разпределителна мрежа
- ТП - трансформаторен пост (трафопост)
- ПС - подстанция
- РУ - разпределителна уредба
- ВЛ - въздушна линия
- КЛ - кабелна линия
- ВН - високо напрежение
- СрН - средно напрежение
- НН - ниско напрежение
- ВО - вентилен отвод
- ОТ - обща точка на свързване
- е.д.н. - електродвижещо напрежение
- к.с. - късо съединение
- т.к.с. - ток на късо съединение
- з.с. - земно съединение

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Влиза в сила
От
26.03.2014г

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (KPM)

Част KPM CpH 1 на
EPRG

**KPM CpH 1-03. Нормативна уредба за проектиране и изграждане на кабелна
разпределителна мрежа**

За кабелни разпределителни мрежи за CpH важи актуалната нормативна уредба, наръчниците с технически указания, както и указанията в БДС:

ЗАКОНИ

- Закон за устройство на територията
- Закон за енергетиката

НАРЕДБИ

- НАРЕДБА № Из-1971 от 29.10.2009 г. за строително-технически правила и норми за осигуряване на безопасност при пожар;
- НАРЕДБА № 3 от 9.06.2004 г. за устройството на електрическите уредби и електропроводните линии;
- НАРЕДБА № 6 от 24 февруари 2014 г. за присъединяване на производители и клиенти на електрическа енергия към преносната или към разпределителните електрически мрежи;
- НАРЕДБА № 7 от 22.12.2003 г. за правила и нормативи за устройство на отделните видове територии и устройствени зони;
- НАРЕДБА № 7 от 23.09.1999 г. за минималните изисквания за здравословни и безопасни условия на труд на работните места и при използване на работното оборудване;
- НАРЕДБА № 8 от 28.07.1999 г. за правила и норми за разполагане на технически проводи и съоръжения в населени места;
- НАРЕДБА № 14 от 15.06.2005 г. за технически правила и нормативи за проектиране, изграждане и ползване на обектите и съоръженията за производство, преобразуване, пренос и разпределение на електрическа енергия;
- НАРЕДБА № 16 от 9.06.2004 г. за сервитутите на енергийните обекти и НАРЕДБА за изменение и допълнение на Наредба № 16 от 2004 г. за сервитутите на енергийните обекти (ДВ, бр. 88 от 2004 г.);
- НАРЕДБА № Из-2377 ОТ 15.09.2011 Г. за правилата и нормите за пожарна безопасност при експлоатация на обектите;
- ПРАВИЛНИК за безопасност и здраве при работа в електрически уредби на електрически и топлофикационни централи и по електрически мрежи (Загл. изм. - ДВ, бр. 19 от 2005 г.)

ПРАВИЛА НА ДКЕВР

Правила за управление на електроразпределителните мрежи от 18.06.2007г.
Показатели за качество на електроснабдяването от юни 2004г.

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Влиза в сила

От

26.03.2014г

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (KPM)

Част KPM CpH 1 на
EPRG

СТАНДАРТИ

- БДС EN 50160:2010 Характеристики на напрежението на електрическата енергия, доставяна от обществените електрически мрежи и СД CLC/TR 50422:2013 "Ръководство за прилагане на европейския стандарт EN 50160";
- БДС IEC 60038:2011 Стандартни напрежения на CENELEC (IEC 60038:2009);
- БДС EN 60099-4:2003 Вентилни отводи. Част 4: Метало-окисни вентилни отводи без разрядници за електрически системи за променливо напрежение.
- БДС EN 60099-5:2013 Вентилни отводи. Част 5: Препоръки за избор и приложение (IEC 60099-5:2013);
- БДС EN 60909-0:2010 Токове на късо съединение в трифазни системи за променливо напрежение. Част 3: Токове при две отделни едновременни къси съединения на фаза към земя и съставните токове на късо съединение, протичащи през земята (IEC 60909-3:2003);
- БДС EN 60909-3:2010 Токове на късо съединение в трифазни системи за променливо напрежение. Част 3: Токове при две отделни едновременни къси съединения на фаза към земя и съставните токове на късо съединение, протичащи през земята (IEC 60909-3:2003);
- БДС HD 620 S2:2010 Разпределителни кабели с екструдирана изолация за обявено напрежение от 3,6/6 (7,2) kV до 20,8/36 (42) kV;
- БДС EN 61442:2006 Методи за изпитване на принадлежности за силови кабели с обявени напрежения от 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) до 36 kV ($U_m = 42$ kV) (IEC 61442:2005, с промени);
- БДС HD 629.1 S2:2006 Изисквания за изпитване на аксесоари за използване със силови кабели с обявено напрежение от 3,6/6(7,2) kV до 20,8/36(42) kV. Част 1: Кабели с екструдирана изолация;
- БДС 2581:1986 Кабели силови за неподвижно полагане с изолация от полиетилен и химически омрежен полиетилен;
- БДС 904:1984 Жила токопроводими за кабели, проводници и шнуrowe;
- БДС EN 61238-1:2006 Пресоване и механични съединения за силови кабели за обявени напрежения до 36 kV ($U_m = 42$ kV). Част 1: Методи за изпитване и изисквания;
- БДС EN 50180:2010 Проходни изолатори над 1 kV до 52 kV включително и от 250 A до 3,15 kA за потопени в течност трансформатори;
- БДС EN 50181:2010 Проходни изолатори щепселен тип над 1 kV до 52 kV и от 250 A до 2,5 kA за съоръжения, различни от трансформатори, потопени в течност;
- БДС EN 61386-24:2010 Тръбни системи за полагане на кабели и проводници. Част 24: Специфични изисквания. Тръбни системи под земята (IEC 61386-24:2004);
- БДС EN 62329-1:2006 Термосвиваеми формовани детайли. Част 1: Термини и определения и общи изисквания.

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (KPM)

Технически изисквания на ЕНЕРГО - ПРО Мрежи АД: Кабели и кабелна арматура CpH

Стандартни напрежения на електроразпределителната мрежа средно напрежение в съответствие със стандарт БДС IEC 60038:2011:

- Номинално напрежение на системата – 10 и 20 kV, (напрежение, за което е проектирана системата);
- Най-висока стойност на напрежението, при нормални работни условия, по всяко време и във всяка точка на мрежата – 12 и 24 kV.

Регулирането на напрежението в електроразпределителната мрежа трябва да осигурява стойности на напрежението в местата на присъединяване към мрежата на потребителите на електрическа енергия с допустими толеранси, указани в таблица 9-1 на глава „Качество на електрическата енергия”.

KPM CpH 1-04. Принципи на планирането

1. Принципи на електроснабдяването

Електроразпределителните компании са задължени да доставят електрическа енергия на присъединените към техните мрежи потребители със стойности на показателите за качество, отговарящи на регламентираните в БДС EN 50160:2010.

Осигуреността на електроснабдяването на потребителите на електрическа енергия се определя в проекта на основание на нормативните и технологичните изисквания.

По осигуреност на електроснабдяването потребителите на електрическа енергия се разделят на четири категории - нулева, първа, втора и трета.

Потребителите от нулева, първа и втора категория се захранват с електрическа енергия от два независими взаимно резервиращи се източника на захранване, а само потребителите от нулева категория и от трети автономен независим източник.

За трети независим източник при електроснабдяване на потребителите от нулева категория и в качеството си на втори независим източник за потребителите от първа категория могат да се използват освен електроцентралите и предназначените за тази цел агрегати и системи за непрекъсваемо захранване, акумулаторните батерии и др.

Независим източник на захранване - източник на захранване, който в следващиен режим запазва напрежението си в определени граници при отпадане на напрежението на другия/другите източници на захранване.

2. Изграждане

Разпределителните електрически мрежи с напрежение до 35 kV (мрежи CpH) се захранват от уредбите на подстанциите 110/CpH и електрическите централи или от разпределителните уредби на генераторно напрежение на електрическите централи.

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Влиза в сила
От
26.03.2014г

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (KPM)

Част KPM CpH 1 на
EPRG

Разпределителните електрически мрежи за СрН се изпълняват за напрежение 20 kV. Допуска се използване на напрежение 10 kV само при разширение на съществуващи електрически мрежи 10 kV.

Видът на разпределителните електрически мрежи за СрН (въздушни, кабелни или смесени) се избира по архитектурни и/или технико-икономически съображения.

Към разпределителните мрежи за СрН се поставят изисквания за осигуряване на:

- надеждност на електроснабдяването и качество на напрежението;
- гъвкава, удобна и безопасна експлоатация;
- възможност линиите за резервиране да се намират постоянно под напрежение;

Резервни трансформатори се предвиждат само при доказана необходимост.

Електрическите мрежи за СрН се изграждат като:

- магистрални – с два и повече трафопоста включени по дължина на линията;
- радиални – всеки трафопост е свързан към отделна линия СрН;
- отворени пръстеновидни – започват и завършват в две различни подстанции (електрически централи) или в различни секции на една и съща подстанция (електрическа централа); пръстенът в нормален режим работи като две магистрали, разделени в токоразделна точка; мястото на разделяне се изменя по указание на оператора на мрежата. Електрическите мрежи за хранване на обществени и битови потребители в градовете, както и районните електрически мрежи за електроснабдяване на селските региони, се изграждат по отворена пръстеновидна схема.

Натоварването на началния участък при пръстеновидна схема в нормален режим се приема не по-голямо от половината на допустимия ток, с оглед на нагряването му. При прекъсване на началния участък на магистралата, всички трафопостове по нея се хранват от другата страна на пръстена в съответния начален участък се натоварва с целия допустим ток.

Възлови трафопостове и станции с повече от два извода, предназначени за осигуряване напречни връзки между магистралите, се изграждат при необходимост.

При хранване на отдалечени потребители от трета категория се допуска използване на нерезервирана магистрална схема.

Затворени електрически мрежи, които нормално работят със хранване от две или повече страни се проектират само след конкретна технико-икономическа обосновка.

Допуска се, когато източникът на хранване е един (подстанция или електрическа централа), отделните магистрали в нормален режим да се натоварват до 100% от допустимия ток, като резервирането на всяка от тях се осъществява от обща резервна линия, която нормално не носи товар и има аварийна връзка с края на всяка една от магистралите.

Сечението на проводниците на разпределителните мрежи СрН се проверява по условието за допустима загуба на напрежение.

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Влиза в сила

От

26.03.2014г

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (КРМ)

Част КРМ СрН 1 на

EPRG

Допустимите загуби на напрежение в отделните звена на мрежите са посочени в таблица 4-1.

Таблица 4-1

Вид на електрическите мрежи и режим на тяхната работа	Допустима максимална загуба, %	Забележка
1. Захранващи линии СрН за разпределителни (възлови) подстанции	2 ÷ 5	
2. Разпределителни мрежи СрН при нормален режим	5 ÷ 8	По т. 1 и 2 общо не повече от 10% при нормален режим
3. Разпределителни мрежи СрН при аварийен режим	7 ÷ 10	По т.1 и 3 общо не повече от 12% при аварийен режим

При проектиране и изграждане на кабелни линии се отчитат:

- перспективното развитие на електрическите мрежи;
- сигурността и предназначението им;
- особеностите на трасето;
- типът и начинът на полагане на кабелите.

3. Конфигурация на кабелната разпределителна мрежа СрН

В зависимост от вида на потребителите, категорията им и условията на околната среда се прилагат няколко характерни типа електрически мрежи.

- Отворени схеми без резервно захранване.
- Отворени схеми с ръчно включване на резервното захранване.
- Отворени схеми с автоматично включване на резервата.
- Схеми за захранване на разпределителни възли (възлови станции).

Изборът на конфигурация се заключава в избор на схема, отчитане на ситуацията и определяне на местата на електрическите съоръжения, а също така и на начина за изпълнение на кабелната електроразпределителна мрежа.

При избора на схема се отчитат условията на нейната работа (населеното място, плътността на товара, екологичните изисквания и др.) и категорията на потребителите, които следва да бъдат захранени. В зависимост от тези условия се подбира обикновено една от указаните по-горе типове схеми.

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Влиза в сила

От

26.03.2014г

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (KPM)

Част KPM CpH 1 на

EPRG

4. Заземяване на звездния център

Когато капацитивният ток при земно съединение е по-голям от 10 А в електроразпределителната мрежа средно напрежение се прилагат следните начини на заземяване на звездния център:

- с активно съпротивление в кабелни мрежи;
- с дъгогасителна бобина (реактор) във въздушни мрежи;
- комбинирано с дъгогасителна бобина (реактор) и активно съпротивление, което се включва автоматично с прекъсвач при еднофазно късо съединение в мрежи с въздушни и кабелни електропроводни линии.

Когато няма изведена неутрала, достъпна за заземяване, при необходимост мрежата се заземява през допълнително устройство за създаване на изкуствен звезден център.

При ток на земно съединение 50 А и по-голям се препоръчва най-малко два дъгогасителни реактора.

Прието е във всички разпределителни мрежи 20 kV токът на земно съединение (з.с.) да не надхвърля 300 А.

Заземяването на звездния център през активно съпротивление в смесените системи 20 kV намалява разрастването на повредите, защото веднага се изключват електропроводи, в които има повреди в кабел. Тъй като става изключване при всяко з.с., електропроводът се изключва и ако з.с. е във въздушната част. Тези з.с. биха се самоликвидирали, ако мрежата е с компенсиран звезден център. За да се съчетаят предимствата на двата режима, се използва методът на комбинирано заземяване на звездния център, който нормално е заземен през дъгогасителния реактор и системата работи като компенсирана. Ако се появи з.с. през дъга във въздушната част на мрежата, з.с. трябва да се самоликвидира и да не се предизвика изключване. Ако дъгата не самоизгасне или з.с. е станало в кабел след малко закъснение (1-2 s), прекъсвачът включва паралелно на индуктивността активно съпротивление. Токът на з.с. се увеличава, земната защита се задейства и предизвиква изключване на извода със з.с.

5. Използвани типове кабели:

NA2XSY (CAHEKT)

95, 185 RM 16, 25 mm²

NA2XS2Y / NA2XS(F)2Y / NA2XS(FL)2Y

95, 185 RM 16, 25 mm²**6. Основни параметри и характеристики на кабелите за CpH**

Номинално напрежение U_0/U , при което U_0 е номиналното напрежение между проводника и металната обвивка или земята, а U е номиналното напрежение между проводниците на

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Влиза в сила
От
26.03.2014г

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (KPM)

Част KPM CpH 1 на
EPRG

фазите и за трифазна система $U = \sqrt{3} \cdot U_0$. Данните за номиналното напрежение и максимално допустимо напрежение U_m за силови кабели са дадени в таблица 4-2.

Таблица 4-2

Номинални напрежения на кабелите, kV	Номинално линейно напрежение при трифазни системи, kV	Максимално допустимо линейно напрежение при трифазни системи, kV
12/20	20	24

Стойностите на описаните по-долу основни характеристики на използваните силови кабели са дадени в таблица 4-3.

Номинален ток – най-големият (допустимият) ток $I_{доп}$ при продължителен режим на работа.

Специфично съпротивление ρ_0 , $\Omega \cdot mm^2/m$ – зависи от температурата на жилата.

Активно съпротивление на проводниците r_0 , Ω/km при 20°C, като при променлив ток се отчита и въздействието на електромагнитните полета на проводниците при протичане на тока.

Индуктивно съпротивление на кабелите X_0 , Ω/km – зависи от конструкцията на кабелите, от разположението на жилата едно спрямо друго – в триъгълник или хоризонтално, от напрежението и честотата.

$$X_0 = L \cdot \omega, \Omega/km,$$

където L е индуктивността на кабела, mH/km; ω – ъглова честота (при 50Hz = 314).

Капацитетът на кабелите C , $\mu F/km$ – за фазов проводник, зависи от диелектричните качества на изолацията, конструкцията, размерите на жилата и напрежението на кабела.

Капацитетът обуславя капацитивната проводимост – при земно късо съединение възникват капацитивни токове $I_{зс}$, A/km.

Таблица 4-3

Номинално напрежение	Тип кабел	Макс. допустима температура	Сечение	Активно съпротивление		Индуктивно съпротивление		Капацитет на кабелите	Допустим ток за кабели в земя		Капацитивен ток
				r_0	X_0	C	$I_{доп}$		$I_{зс}$		
U		θ	A	r_0	X_0	C	$I_{доп}$	$I_{зс}$			
kV		°C	mm ²	Ω/km	Ω/km	$\mu F/km$	A	A/km			
20	NA2XSY NA2XS2Y	90	1x95	0.413	0.414	0.131	0.145	0.22	251	282	2.4

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Влиза в сила

От

26.03.2014г

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (KPM)

Част KPM CpH 1 на

EPRG

NA2XS(F)2Y		1x185	0.215	0.217	0.117	0.131	0.27	361	396	3
NA2XS(FL)2Y										

Забележка: Посочените стойности на r_0 , X_0 и $I_{доп}$ са за едножилни кабели положени групирано, като стойностите в първа колона са за кабели в сноп (триъгълник), а втора колона за положени в една равнина (линия).

KPM CpH 1-05. Натоварване на кабелите

За всяко избрано сечение на кабели CpH се дават стойностите в табличен вид за допустимия ток $I_{доп}$, който може да се пропусне през него, с отчитане начина на полагане (в земя, във въздух), колко жилни са кабелите, броят на паралелно полаганите кабели, температурата на околната среда и конфигурацията на полагането. Трябва: $I_{доп} \geq I_M$, където I_M е максималния продължителен ток при нормална работа.

Когато силовите кабели се полагат по трасета, които имат различни условия на охлаждане, сечението им се избира за участъка с най-неблагоприятно охлаждане, ако дължината му е повече от 10 m.

Претоварване на кабелни линии с напрежение 20 - 35 kV не се допуска.

Нормални работни условия за силови кабели, положени в изкоп:

- температура на земята на дълбочината на полагането: 20°C
- специфично земно топлинно съпротивление:
 - много влажна земя: 0.7 K.m/W
 - влажна земя: 1.0 K.m/W
 - суха земя: 2.0 K.m/W
 - много суха земя: 2.5 K.m/W
- свързване и заземяване на металните екрани на кабелите от двата края
- коефициент на натоварване: 0.7
- методи на полагане: три едножилни кабели в трифазна система, поставени в една равнина на разстояние 70 mm, или три едножилни кабели в трифазна система, поставени в сноп (триъгълник)

При отклонения от показателите за нормални работни условия трябва да се имат в предвид преизчислителните коефициенти дадени в таблици 5-1 и 5-2.

Таблица 5-1: Коефициенти за преизчисляване на допустимото токово натоварване за едножилни силови кабели, положени групирано, на кабелни лавици и стелажи в кабелни канали

Метод на инсталиране	Брой на кабелните	Брой на трифазните системи
----------------------	-------------------	----------------------------

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Влиза в сила

От

26.03.2014г

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (KPM)

Част KPM CpH 1 на
EPRG

Съоръжение, на което се полагат кабелите	Вид	лавици и стелажи	1	2	3
			Перфорирани кабелни лавици с не по-малко от 30% перфорация на общата повърхност	Хоризонтален / равнинен	1 2 3
	Вертикален / равнинен	1 2	0.96 0.95	0.86 0.84	/ /
Кабелни стелажи с опорна повърхност не повече от 10% на общата повърхност	Хоризонтален / равнинен	1	1	0.97	0.96
		2	0.98	0.93	0.89
		3	0.97	0.9	0.86
Перфорирани кабелни лавици с не по-малко от 30% перфорация на общата повърхност	Хоризонтален / триъгълник	1	1	0.98	0.96
		2	0.97	0.93	0.89
		3	0.96	0.92	0.86
	Вертикален / триъгълник	1 2	1 1	0.91 0.9	0.89 0.86
Кабелни стелажи с опорна повърхност не повече от 10% на общата повърхност	Хоризонтален / триъгълник	1	1	1	1
		2	0.97	0.95	0.93
		3	0.96	0.94	0.9

Забележка: Коефициентите за преизчисляване са за еднослойно групиране на едножилни кабели.

Посочените стойности на коефициентите в таблица 5-2 са валидни при следните условия:

- температура на земята: 20°C
- термично съпротивление на земята: 1.0 K.m/W
- разстояние между кабелите или кабелните системи: 70 mm

Таблица 5-2: Коефициенти за преизчисляване на допустимите токове за силови кабели CpH, положени в земя при различно натоварване на кабелите

Изоляция	Кабел	Номинално напрежение	Брой кабели или кабелни системи					
			1	2	4	6	8	10
коефициент на натоварване: 1								
XLPE	едножилен	0.6/1 до 18/30 kV	0.81	0.66	0.52	0.47	0.43	0.41

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Влиза в сила

От

26.03.2014г

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (KPM)

Част KPM CpH 1 на

EPRG

	многожилен		0,83	0,67	0,53		0,44	
коэффициент на натоварване: 0.7								
XLPE	едножилен	0.6/1 до 18/30 kV	---	0.85	0.7	0.63	0.58	0.56
	многожилен						0.59	

КРМ СрН 1-06. Трасиране и полагане

1. Трасиране

Кабелното трасе се избира по условието за минимален разход на кабел.

При избиране на кабелното трасе се избягват по възможност участъци с агресивна среда спрямо кабелните обвивки, опасност от механическо натоварване или вибрации, нагряване от странични източници на топлина. В случай, че няма възможност за избягването им се предвиждат защитни мерки.

2. Полагане

Методите и начините за полагане на силови кабели СрН са подробно описани в част КРМ СрН 3 „Технологии за изграждане на КРМ СрН” и следва да се имат в предвид при проектиране.

3. Защита на положените кабели

При необходимост от механична защита или предпазване от химически въздействия кабелите се защитават чрез полагане в тръби.

4. Пресичане и сближаване на силови кабели с:

- железопътни или трамвайни линии;
- улици или пътища от всякакъв вид;
- нефтопроводи или газопроводи;
- водоеми, реки и канали.

В тези случаи кабелите се изтеглят в тръби от трудногорим материал или в стоманени тръби.

5. Обозначаване на кабели и кабелни трасета

Всяка кабелна линия се означава с диспечерски номер и наименование.

Когато една линия включва няколко успоредни кабели, всеки от тях носи еднакъв номер или наименование, но с допълнителна собствена буква. Към кабелите се закрепват устойчиви на въздействието на околната среда маркировъчни табели (марки). На табелите към съединителните муфи се отбелязват датата на монтажа и номерът на муфата.

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (КРМ)

При преминаване на кабелното трасе през големи зелени площи, ниви и др. трасето се маркира с бетонни реперни стълбчета.

Кабелните трасета се нанасят на планове и схеми със съответните репери, включително и обозначение на муфите.

6. Съвместно полагане на кабели за различни напрежения

Когато се полагат успоредно няколко кабела с напрежение не по-високо от 20 kV, светлото разстояние между тях е най-малко 0,10 m.

КРМ СрН 1-07. Пресичания и сближавания

Допуска се при недостатъчно място намаляването на хоризонталните отстояния, както следва:

1. силови кабели с напрежение до 35 kV от съобщителни кабели - до 0,10 m при условие, че единият от двата вида кабели е положен в негорими тръби;
2. силови кабели с напрежение 110 kV от силови кабели за всички напрежения - до 0,30 m при условие, че единият от двата вида кабели е положен в негорими тръби или между тях са поставени вертикални негорими прегради (например базалтови плочи);
3. силови кабели за всички напрежения от топлопровод - до 0,50 m при условие, че топлоизолацията на топлопровода по целия участък на сближаване не допуска допълнително нагряване на почвата в зоната на кабелите, което да повиши температурата ѝ с повече от 5° C - за кабели с напрежение 20 kV;
4. силови кабели за всички напрежения от кабелни съоръжения - до допиране при условие, че кабелите са положени така, че не пречат при експлоатацията на съоръжението.

Допуска се при недостатъчно място намаляването на вертикалните отстояния, както следва:

1. силови кабели от топлопровод - до 0,25 m при условие, че топлоизолацията на топлопровода в участъка на пресичане и на 2 m от всяка негова страна не допуска допълнително нагряване на почвата в зоната на кабелите, което да повиши температурата ѝ с повече от 5° C - за кабели с напрежение 20 kV;

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (KPM)

2. силови кабели за всички напрежения до нефтопровод или газопровод - до 0,25 m при условие, че кабелите са положени в стоманена тръба на разстояние, равно на широчината на пресичането и по 2 m от всяка страна;

3. силови кабели за всички напрежения до кабелни съоръжения - до допиране при условие, че кабелите са положени в негорими тръби, така че не пречат при отваряне на съоръжението, ако това е необходимо.

Кабелите, полагани успоредно на трамвайна линия, отстоят от най-близката релса на разстояние най-малко 2 m или се полагат в неметални тръби.

Кабелите, полагани успоредно на пътища, отстоят на разстояние най-малко 1 m от външната страна на канавката, освен ако няма друго предписание на пътните служби.

Кабелите, полагани успоредно на електропроводи с напрежение 110 kV и по-високо, отстоят на разстояние най-малко 10 m от вертикалната равнина през крайния неотклонен проводник.

За пресичане на жп линии кабелите се полагат през цялата охранителна зона в тръби, кабелни канални системи, тунели или колектори съгласно нормативите на БДЖ. Мястото на пресичане отстои от мястото на стрелки или кръстовки на разстояние най-малко 5 m. Пресичането на пътищата се изпълнява най-малко на 1 m под повърхността на платната и най-малко на 0,5 m под дъната на отводнителните канавки (0,2 m, ако кабелите са защитени).

При преход от подземна кабелна линия във въздушна кабелът се извежда на повърхността най-малко на 3,5 m от отводнителната канавка или банкета на пътя.

При пресичане на пътни отклонения към дворове или гаражи кабелите се полагат така, че се избягва необходимостта от повторно разкопаване в случай на ремонт на кабелите.

При полагане на кабели в съседство с топлопровод при необходимост топлопроводът се изолира с допълнителна топлоизолация, но в никакъв случай не и кабелите.

KPM CpH 1-08. Защита от пренапрежения

Пренапреженията в електрическите мрежи са следствие от действието на мълнии или от комутации и са неизбежни. Икономичната и сигурна работа на мрежата изисква достатъчна защита на съоръженията от недопустимо въздействие на пренапреженията. При попадане на мълния във въздушен електропровод възниква пренапрежение, което се разпространява като блуждаещи вълни и може да предизвика повреда на присъединените кабели и трафопостове.

Преходът от ВЛ с напрежение 20 kV към кабелен участък се защитава от пренапрежения с метало-окисни (МО) вентилни отводи с основни характеристики дадени в таблица 8-1,

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**Влиза в сила
От
26.03.2014г

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (KPM)

Част KPM CpH 1 на
EPRG

монтирани на прехода „ВЛ – КЛ” непосредствено преди разединителя (фиг. 8-2). При това се изисква заземителните клеми на МО-ВО монтирани на трите фази, да бъдат присъединени посредством общ проводник към заземлението на стълба.

Метало-окисните вентилни отводи се избират така, че електрическите и механическите им характеристики да отговарят на условията, при които се експлоатират.

По принцип вентилните отводи се състоят от две части: активна част, съставена от един или повече поставени един над друг МО-резистори и изолационен корпус, който осигурява освен изолацията и механична якост.

Препоръките за избор на вентилните отводи се описват в БДС EN 60099-5, а конкретно метало-окисни вентилни отводи без разрядници в БДС EN 60099-4.

1. Параметри, характеризиращи МО-вентилни отводи:

Максимално трайно работно напрежение U_c , kV – това е най-високата ефективна стойност на напрежението с промишлена честота, при която отвода може да работи неограничено дълго време – т.е. за целия си експлоатационен срок.

Оразмерително напрежение U_r , kV – това е най-високата ефективна стойност на напрежението с промишлена честота, за което отвода е оразмерен да работи кратко време (в условията на временни пренапрежения): за около 10 s.

Номинален разряден ток I_n , kA – това е амплитудната стойност на токов импулс с форма на вълната 8/20 μ s, който отвода може многократно да издържи през целия си експлоатационен срок.

Остатъчно напрежение U_p , kV – това е амплитудната стойност на напрежението между изводите на отвода, когато през него протича номиналният разряден ток.

Енергиен капацитет E , kJ/kV U_c – способността на отвода да поема енергия при определени условия на изпитването му.

Таблица 8-1

МО Вентилен отвод без разрядник	
Работно напрежение (U_c)	24 kV
Оразмерително напрежение (U_r)	30 kV
Номинален разряден ток (I_n)	10 kA
Граничен отвеждащ ток за вълна 4/10 μ s	100 kA
Способност за поглъщане на енергия при стръмен токов импулс 100 kA, 4/10 μ s	≥ 3 kJ/kV U_c

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Влиза в сила

От

26.03.2014г

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (KPM)

Част KPM CpH 1 на

EPRG

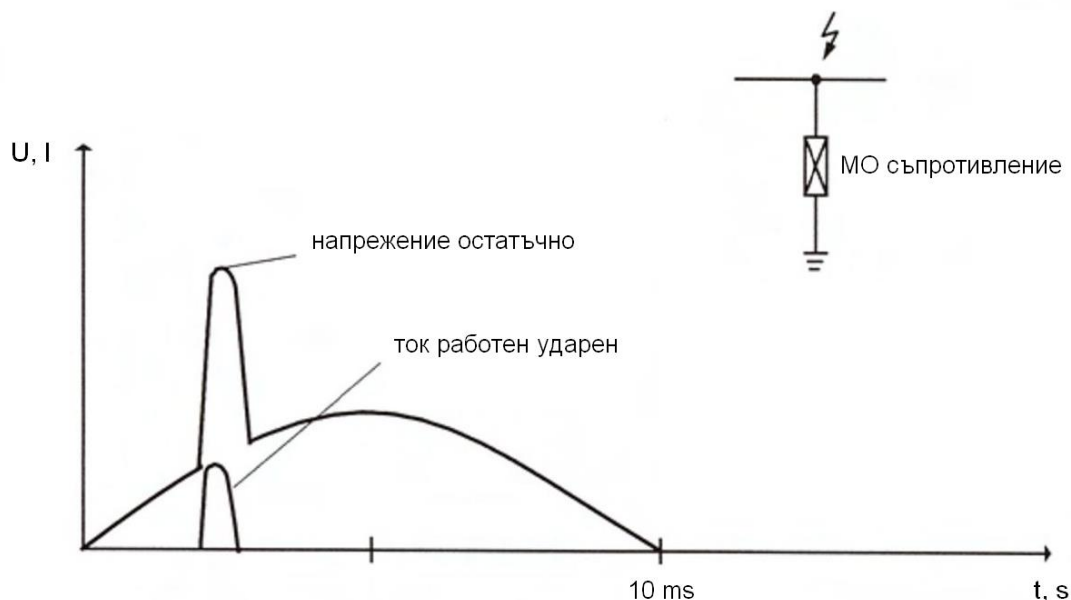
Максимално остатъчно напрежение (U_p) при токов импулс 8/20 μ s	≤ 80 kV
--	--------------

2. Поведение на вентилните отводи при претоварване

Всеки вентилен отвод в определени случаи може да бъде претоварен. Причина за това са изключително високи токове на мълния, голям брой последователни мълнии, или така нареченото прехвърляне на напрежение (под това се разбира късо съединение между две различни по напрежение нива). Напрежението на отводите от по-ниското напреженово ниво тогава надхвърля допустимата гранична стойност. При претоварване от единия или другия вид, резисторите се пробиват вътрешно или по повърхността. В отвода възниква дъга, чийто ток се определя от мощността на късо съединение на мрежата. При силиконовите отводи не съществува опасност от пръсване на отвода. Между активната част и силиконовата изолация няма въздушно пространство, в което да се създаде свръхналягане. При такъв процес се образуват много отвори в обвивката, през които веднага следва запалването на външен повърхностен разряд.

3. Работен процес на ВО и принципна схема

Метало-окисен вентилен отвод



**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Влиза в сила

От

26.03.2014г

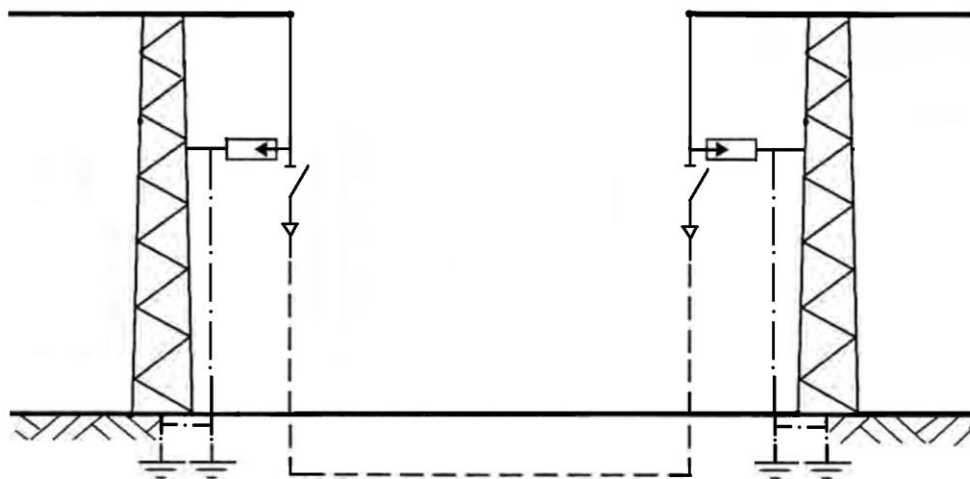
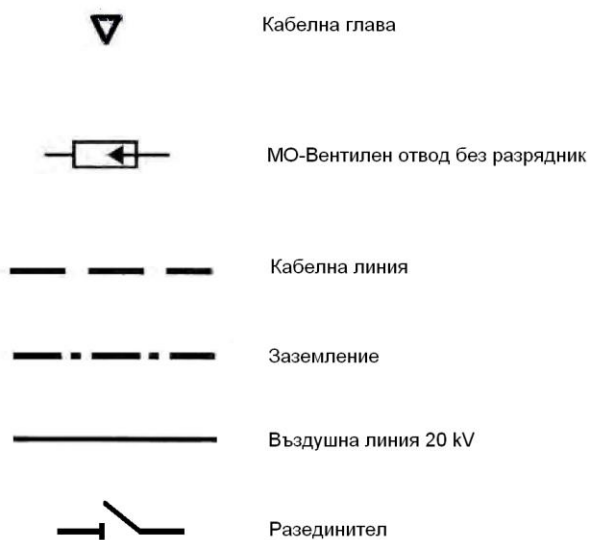
Планиране на кабелни разпределителни мрежи (КРМ)

Част КРМ СрН 1 на

EPRG

Фиг. 8-1

Обхват на защита на вентилен отвод



**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Влиза в сила

От

26.03.2014г

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (KPM)

Част KPM CpH 1 на
EPRG

Фиг. 8-2

KPM CpH 1-09. Качество на електрическата енергия

Нормите на показателите за качество на електрическата енергия за електроразпределителни мрежи ниско и средно напрежение регламентирани в БДС EN 50160 са посочени в Таблица 9-1.

Таблица 9-1

№	Характеристика	Мрежи ниско напрежение	Мрежи средно напрежение
1	Честота	49.5-50.5 Hz (за 99,5% от годишен период) или 47-52 Hz (целогодишно)	49.5-50.5 Hz (за 99,5% от годишен период) или 47-52 Hz (целогодишно)
2	Отклонение на напрежението	Ун ±10% (за всеки период от една седмица, 95% от средната ефективна стойност на напрежението за 10 мин.) Ун +10/-15% (за всеки период от една седмица, всички средни ефективни стойности на напрежението за 10 мин)	Ун ±10% (за всеки период от една седмица, 95% от средната ефективна стойност на напрежението за 10 мин.) Ун +10/-15% (за всеки период от една седмица, всички средни ефективни стойности на напрежението за 10 мин)
3	Бързи изменения на напрежението	не по-големи от 5% Ун; изменения до 10% Ун с малка продължителност могат да настъпват няколко пъти на ден при някои условия. Фликер: Plt ±1 (за 95% от период една седмица)	не по-големи от 4% Ун; изменения до 6% Ун с малка продължителност могат да настъпват няколко пъти на ден при някои условия. Фликер: Plt ±1 (за 95% от период една седмица)

Строителство на кабелни разпределителни мрежи средно напрежение

Влиза в сила

От

26.03.2014г

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (KPM)

Част KPM CpH 1 на
EPRG

4	Несиметрия на напрежението	95% от средната ефективна стойност на напрежението с обратна последователност за 10 мин. трябва да бъде в граници от 0 до 2% U_n от правата последователност за всеки период от една седмица. В някои райони на мрежата могат да имат място стойности до 3% U_n	95% от средната ефективна стойност на напрежението с обратна последователност за 10 мин трябва да бъде в граници от 0 до 2% U_n от правата последователност за всеки период от една седмица. В някои райони на мрежата могат да имат място стойности до 3% U_n
5	Несинусоидалност на напрежението	95% от средната ефективна стойност на всяка една от хармоничните съставлящи на напрежението за 10 мин. за всеки период от една седмица трябва да бъде: $U_3 \pm 5\%$, $U_5 \pm 6\%$, $U_7 \pm 5\%$, $U_{11} \pm 3.5\%$, $U_{13} \pm 3\%$; общо изкривяване $\pm 8\%$	95% от средната ефективна стойност на всяка една от хармоничните съставлящи на напрежението за 10 мин. за всеки период от една седмица трябва да бъде: $U_3 \pm 5\%$, $U_5 \pm 6\%$, $U_7 \pm 5\%$, $U_{11} \pm 3.5\%$, $U_{13} \pm 3\%$; общо изкривяване $\pm 8\%$
6	Краткотрайно спадане на напрежението	Очакваният брой може да бъде от няколко десетки до хиляда за период от една год.	Очакваният брой може да бъде от няколко десетки до хиляда за период от една год.
7	Краткотрайни прекъсвания	Показания: от няколко десетки до няколко стотици	Показания: от няколко десетки до няколко стотици
8	Продължителни прекъсвания	Показания: (прекъсване над 3 мин.) годишна честота от 10 до 50, в зависимост от района	Показания: (прекъсване над 3 мин.) годишна честота от 10 до 50, в зависимост от района

1. Непрекъснатост на снабдяването с електрическа енергия

Показателите за непрекъснатост се определят за даден период от време (месец, полугодие, година) по регистрираните данни за мрежата.

Прекъсванията на захранването на потребителите биват

- **планирани**, за които потребителите са предварително информирани от

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Влиза в сила
От
26.03.2014г

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (KPM)

Част KPM CpH 1 на
EPRG

електроснабдителното предприятие;

- **случайни (непланирани)**, които са по причина на устойчиви или преходни откази на съоръжения, неправилни манипулации и др., и за които не е възможно потребителите да бъдат предварително информирани.

Непланираните прекъсвания на електроснабдяването според тяхната продължителност се разделят на две групи:

- краткотрайни;
- продължителни.

За краткотрайни се приемат прекъсванията с продължителност по-малка от 3 минути, а тези с по-голяма продължителност - за продължителни.

За показателите не се задават стандартни стойности.

2. Поддържане на напрежението като критерий за планиране

Границите или стойностите на характеристиките на захранващото напрежение на потребителите със средно и ниско напрежение при нормални условия на работа на електроразпределителната мрежа трябва да съответстват на изискванията на БДС EN 50160.

Характеристиките на напрежението за мрежи ниско и средно напрежение са идентични, но се различават по нормативните си стойности.

Характеристиките на напрежението се отнасят за местата на присъединяване на потребителите към електроразпределителната мрежа.

В етапа на проектиране се приемат мерки за гарантиране на нормативните стойности на: изменение на захранващото напрежение, бързите изменения на напрежението, временните пренапрежения с промишлена честота между проводници под напрежение и земя и преходните пренапрежения между проводници под напрежение и земя.

Мерките за спазване на нормативните стойности на останалите характеристики се приемат при разглеждане на исканията за проучване на условията за присъединяване на потребителите и в процеса на експлоатация на мрежата.

Изборът на номиналните технически характеристики на съоръженията (оразмеряване на съоръженията) трябва да се извършва с прогнозни стойности на потреблението, електрическите товари и токовете на късо съединение за предстоящ етап 5 – 10 години или повече в зависимост от степента на определеност.

KPM CpH 1-10. Изчисляване на тока на късо съединение

Изчисляването на тока на късо съединение се регулира в БДС EN 60909.

1. Параметри и изчисляване на тока на късо съединение

Строителство на кабелни разпределителни мрежи средно напрежение

Влиза в сила

От

26.03.2014г

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (КРМ)

Част КРМ СрН 1 на

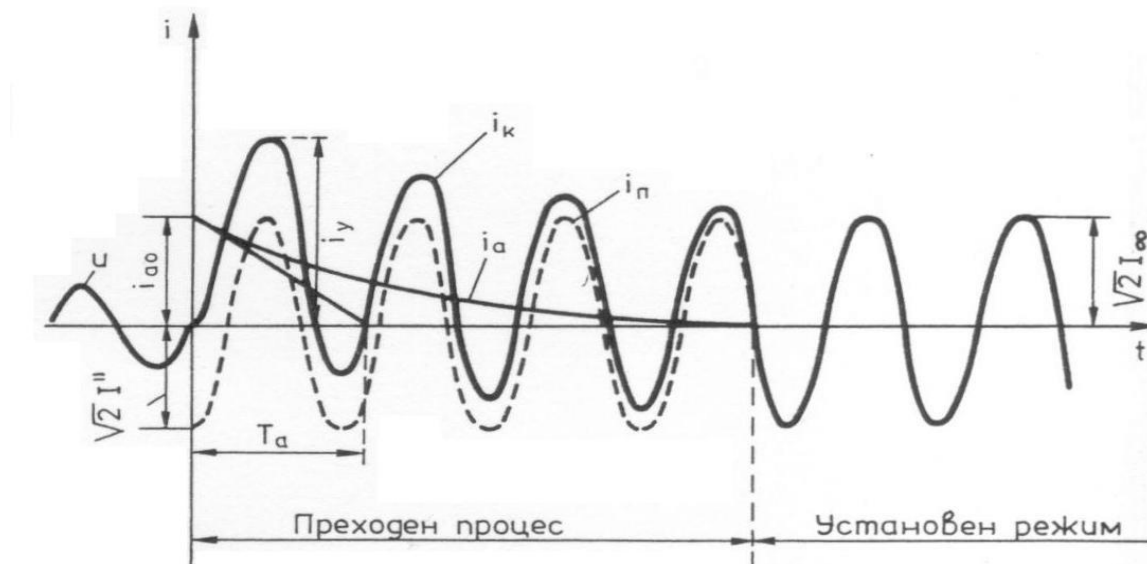
EPRG

При к.с. в част от мрежата възниква преходен процес, при който токът в началния момент достига една върхова стойност (i_y), след което бързо намалява и се установява на една трайна стойност (I_∞), както е показано на фиг.10-1.

Ударен ток (i_y) се нарича максималната стойност на тока на к.с., достигана в първия полупериод от възникването на к.с. От фиг.10-1 се вижда, че i_y се получава от наслагването на двете съставки на т.к.с. – апериодичната (i_a) и периодичната (i_n).

Началната стойност на периодичната съставка на т.к.с. (i_n'') се нарича свръхпреходен ток.

В случая, отразен на фиг.10-1, $i_n'' = \sqrt{2} I_n''$ е максималната стойност на периодичната съставка, а I_n'' е ефективната ѝ стойност. От същата фигура се вижда, че апериодичната съставка след време затихва. Скоростта на затихването се определя от времеконстантата на затихването T_a . След затихване на i_a т.к.с. получава една установена ефективна стойност - I_∞ или т.нар. траен ток на к.с.



Фиг.10-1. Изменение на тока на к.с. във верига, захранвана от източник с неограничена мощност

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Влиза в сила

От

26.03.2014г

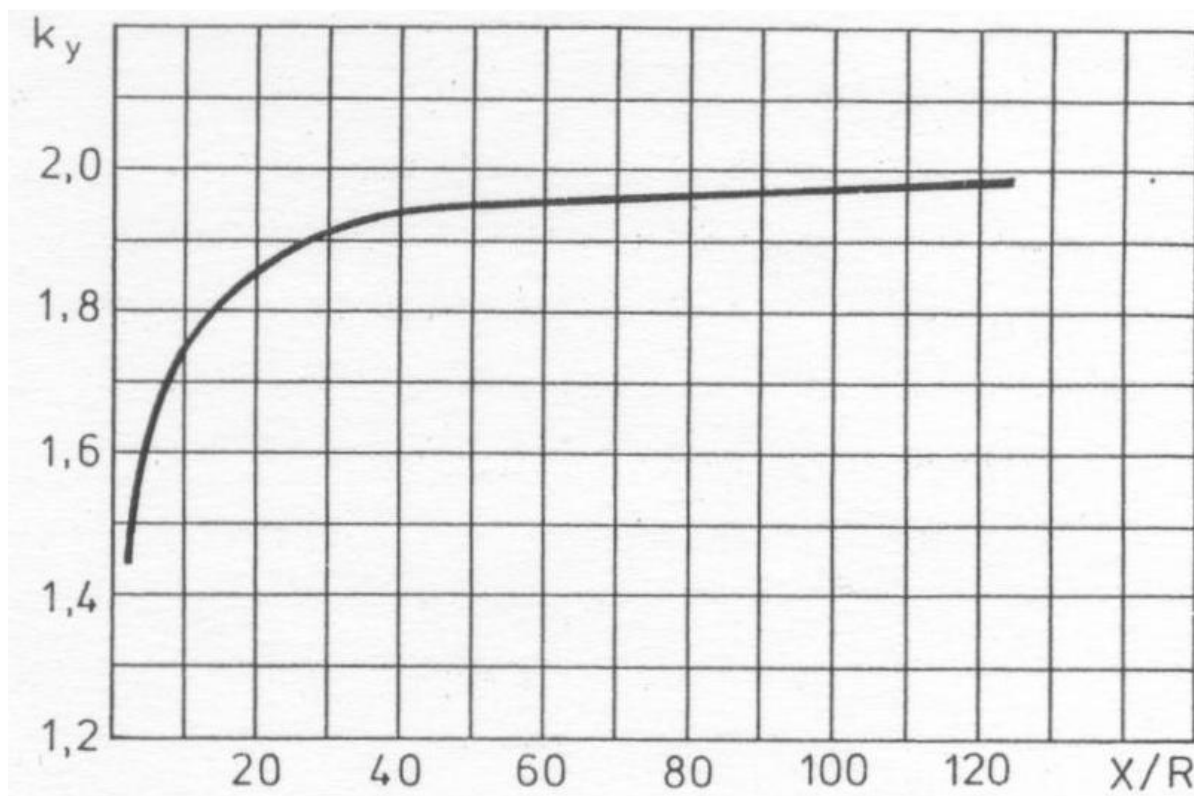
Планиране на кабелни разпределителни мрежи (KPM)

Част KPM CpH 1 на

EPRG

Трябва да се отбележи, че на фиг.10-1 е илюстриран частен случай, когато к.с. се захранва от система с безкрайно голяма мощност. Приема се, че захранващият източник е с безкрайно голяма мощност, когато при всяко изменение на тока в захранваната от него верига напрежението на изводите му остава постоянно. Това означава, че периодичната съставка на т.к.с. не се изменя и $\dot{I}'' = I_0$. Обикновено при изчисляване на токовете на к.с. в електроразпределителните мрежи се прави точно такава приемане, понеже съпротивлението на елементите на електрическата мрежа е много по-голямо от съпротивлението на захранващата система. На фиг.10-1 $i_{a0} = \sqrt{2} \dot{I}''$, тъй като е прието, че к.с. е станало в момент когато $u = 0$ и при $\cos\varphi = 1$, т.е. $i_0 = 0$.

Ударния ток се изчислява по формулата: $i_y = k_y \sqrt{2} \dot{I}''$, където k_y е ударен коефициент. От своя страна k_y може да бъде изчислен по формулата: $k_y = (1 + e^{-0.01/T_a})$ или да бъде отчетен от графиката на фиг.10-2, като се знае, че $T_a = \frac{X_\Sigma}{\omega R_\Sigma}$, където X_Σ и R_Σ са сумарните съпротивления до точката на к.с., а $\omega = 2\pi f$ е ъгловата честота.

Фиг.10-2. Графика за определяне на ударния коефициент k_y

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**Влиза в сила
От
26.03.2014г

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (KPM)

Част KPM CpH 1 на
EPRG

Ориентировъчно може да се приеме: $T_a = 0,05$ s; $k_y = 1,8$ – за събирателни шини 20 kV на ПС и ТП.

За нуждите на проектирането, когато става въпрос за избор на тоководещи части и апарати, изчислението се провежда, като предварително се приемат редица опростявания. Във всички случаи изчисленията се правят за трифазни к.с., които са симетрични. Токът на к.с. както всеки ток в една електрическа верига може да бъде изчислен по закона на Ом. Затрудненията идват от това, че електрическата мрежа, за която трябва да се изчислят токовете на к.с., е част от сложна електрическа система с неколккратно трансформиране на напрежението. За целта всички съпротивления се привеждат към номиналното напрежение в мястото на изчисляване на т.к.с. (метод на действителните единици) или се задават в относителни единици при базисни условия (метод на относителните единици).

Изчислението се извършва в следния ред:

1. Съставя се изчислителна схема, на която са показани всички елементи, чиито характеристики могат да дадат отражение върху изследвания т.к.с. На същата схема се показват и изчислителните точки на к.с. (фиг.10-4).
2. Съставя се заместваща схема (фиг.10-5), в която всеки елемент е представен чрез своето съпротивление.

Съпротивленията могат да бъдат изразени в омеги или в относителни единици при базисни условия, за изчисляване съответно по метода на действителните или относителните единици.

С достатъчна за практиката точност се работи само с реактивните съпротивления, определяни по формулите:

Линия: $X_L = x_0 \cdot l$; по метода на действителните единици

$$X_{L*} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}}^2}; \text{ по метода на относителните единици}$$

Трансформатор: $X_T = \frac{u_K \%}{100} \cdot \frac{U_H^2}{S_{HT}}$; по метода на действителните единици

$$X_{T*} = \frac{u_K \%}{100} \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{S_{HT}}; \text{ по метода на относителните единици,}$$

Където: U_H , kV – номиналното напрежение;

S_{HT} , MVA – номинална мощност на трансформатора;

x_0 , Ω/km – индуктивно съпротивление на линията;

$u_K \%$ - напрежение на к.с. на трансформатора в проценти от номиналното;

$S_{\bar{\sigma}}$, MVA – базисна мощност (избира се произволно, обикновено за удобство 100, 1000 или 10000 MVA);

$U_{\bar{\sigma}}$, kV – базисно напрежение, равно на номиналното в съответната част на мрежата.

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Влиза в сила

От

26.03.2014г

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (KPM)

Част KPM CpH 1 на

EPRG

След като заместващата схема е съставена и са определени съпротивленията, тя се преобразува с цел да се сведе до най-простия вид, при който всички участващи съпротивления се свеждат към едно еквивалентно съпротивление спрямо разглежданата точка на к.с. (фиг.10-5). При опростяването се използват правилата за намиране на еквивалентно съпротивление на последователно и паралелно свързани съпротивления, а при по-сложни схеми – за преобразуване на триъгълник в звезда и обратно.

3. Изчислява се токът на к.с. I'' за всяка от избраните точки, след което се определя ударния ток i_y .

По метода на действителните единици: Токът I'' в дадена точка се изчислява направо по

$$\text{формулата: } I'' = \frac{E_* \cdot U_H}{\sqrt{3} \cdot \Sigma X_{(U_H)}}, \text{ kA}$$

където: U_H , kV – номиналното напрежение в изчислителната точка;

$\Sigma X_{(U_H)}$, Ω – сумата от съпротивления до к.с., изчислени за напрежение U_H ;

E_* - е.д.н. в относителни единици (взема се точно, ако в схемата участва и съпротивлението на генератора, за останалите случаи се приема средно $E_* = 1,05$).

По метода на относителните единици: При този метод съпротивленията се определят еднократно и не се налага да се привеждат към други напрежения.

Избира се произволна базисна мощност S_6 и за всяка от избраните точки при $U_6 = U_H$ се

$$\text{изчислява базисният ток: } I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}.$$

С избраната S_6 съпротивленията се определят в относителни единици и за дадената точка се изчислява първо токът на к.с. в относителни единици:

$$I_*'' = \frac{E_*}{\Sigma X_*}, \text{ където } E_* \text{ е е.д.н. в относителни единици; } \Sigma X_* \text{ - сумата от}$$

съпротивленията до к.с. в относителни единици (базисни).

Действителния ток на к.с. I'' за съответната точка е $I'' = I_*'' \cdot I_6$, където I_*'' и I_6 са изчислени за същата точка.

2. Топлинен импулс и оразмеряване на проводниците

При к.с. електрическите тоководещи части апаратите се подлагат на топлинното действие на установения ток на к.с., който е многократно по-голям от нормалния работен ток. Тъй като това е краткотрайно действие, допустимите температури са значително по-високи от тези при продължително нагриване. Топлинното действие на тока на к.с. може да се изрази чрез т.нар. топлинен импулс на тока W_k :

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Влиза в сила

От

26.03.2014г

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (KPM)

Част KPM CpH 1 на

EPRG

$$V_k = \sum_{j=1}^{j=t} i_j^2 \Delta t_j, \text{ kA}^2 \cdot \text{s}, \text{ където } i \text{ е моментната стойност на т.к.с., kA};$$

t – продължителността на к.с., s.

В зависимост от мястото на к.с. топлинния импулс се изчислява по различен начин. Когато к.с. е отдалечено от източника, т.е във всички ПС и във веригите за ВН в електрическите централи, V_k може да се изчисли по следната приблизителна формула: $V_k = I''^2(t + T_a)$, $\text{kA}^2 \cdot \text{s}$,

където I'' е ефективната стойност на свръхпреходния ток на к.с., kA;

t – времето за изключване на к.с., формирано от времето на задействане на релейната защита и времето за задействане на прекъсвача, s;

T_a – времекопстантата на затихване на апериодичната съставка на т.к.с., s.

Когато к.с. е близо до източника, определянето на V_k е по-сложно, но с достатъчно добро приближение може да се използва и същата тази формула.

На основата на топлинния импулс се определя и температурата θ_k , която тоководещите части, респ. проводниците, достигат в режим на к.с.

Оразмеряването на проводниците и другите тоководещи части по термична устойчивост при к.с. означава да бъде изпълнено условието:

$\theta_k \leq \theta_{\text{кд}}$, където $\theta_{\text{кд}}$ е пределно допустимата краткотрайна температура при к.с. за дадения вид тоководеща част, обусловена от последващото намаляване на механичната якост на проводниковия материал и електрическата якост на изолацията.

Температурата θ_k се отчита от графиките на фиг.10-3 за

$$A_k = A_n + \frac{V_k \cdot 10^6}{s^2}, \text{ където } V_k \text{ е топлинния импулс, kA}^2 \cdot \text{s}; s \text{ – сечението на}$$

проводника, mm^2 ; A_n – величина, пропорционална на началното количество топлина в проводника в проводника към момента на изключване на к.с., $\text{A}^2 \cdot \text{s}/\text{mm}^4$.

Величината A_n се отчита за началната температура θ_n от кривите на фиг.10-3, изчислява се величината A_n и от същите криви за A_k се отчита крайната температура на проводника при к.с. θ_k .

Температурата θ_n зависи от продължителното токово натоварване до възникване на к.с.: θ_n

$$= \theta_0 + \left(\frac{I}{I_d} \right)^2 \cdot (\theta_d - \theta_0),$$

където:

θ_0 е температурата на околната среда, °C;

θ_d – допустимата продължителна температура, °C;

I_d – допустимият продължителен ток, A;

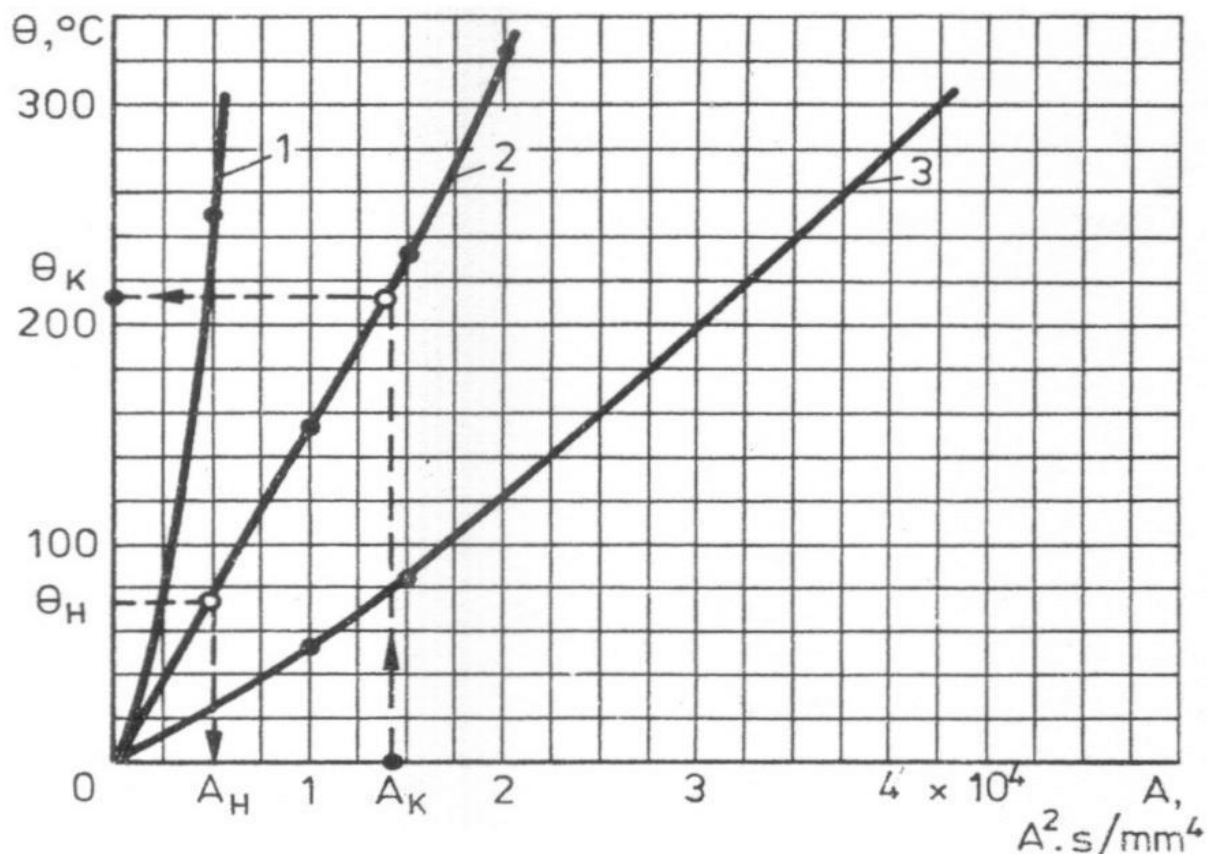
I – работния ток, A.

Строителство на кабелни разпределителни мрежи средно напрежение

Влиза в сила
От
26.03.2014г

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (КРМ)

Част КРМ СрН 1 на
EPRG



Фиг.10-3. Криви за определяне на температурата на проводника при к.с. (2 – за алуминий)

За алуминиеви проводници крива „2” от фиг.10-3 в работния температурен диапазон се апроксимира приблизително с права линия:

$$\theta \approx 1,54 \cdot 10^{-2} \cdot A, \text{ откъдето за } \theta = \theta_n \text{ може да се изчисли } A_n:$$

$$A_n = 0,65 \cdot 10^2 \cdot \theta_n.$$

Определя се A_k по формулата дадена по-горе и когато се замести, за θ_k аналитично се получава: $\theta_k = 1,54 \cdot 10^{-2} \cdot A_k$.

При $\theta_n = \theta_{нд}$ (допустимото продължително нагряване), съответно $A_n = A_{д}$, и $\theta_k = \theta_{кд}$ (допустимо сумарно нагряване при к.с.), съответно $A_k = A_{кд}$, от формулата за A_k , за минималното сечение на проводника по термична устойчивост при к.с. се намира:

$$s_{\min, T} = \sqrt{\frac{B_k}{A_{кд} - A_{нд}}} = \frac{10^3}{C_T} \cdot \sqrt{B_k}, \text{ mm}^2, \text{ където } C_T \text{ е коефициент, характерен за}$$

дадения вид проводник (за кабели СрН с алуминиеви жила и полиетиленова изолация $C_T = 100$, $\theta_{кд} = 250$ °C).

Строителство на кабелни разпределителни мрежи средно напрежение

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (КРМ)

Влиза в сила

От

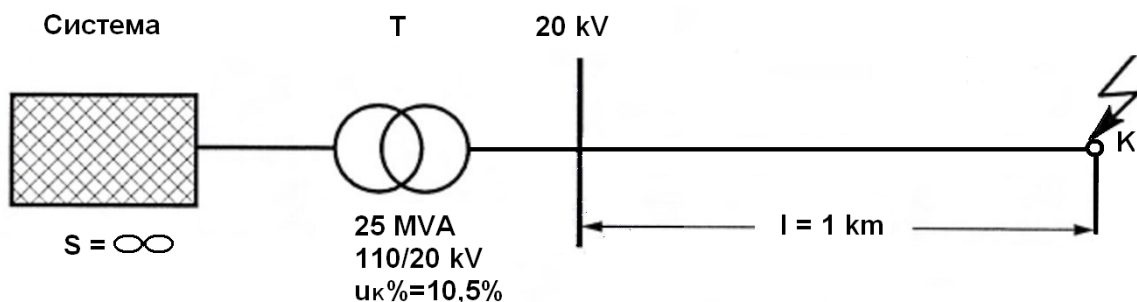
26.03.2014г

Част КРМ СрН 1 на
EPRG

Оразмеряването по термична устойчивост при к.с. е особено важно при кабелите, при които токовете на к.с. могат да причинят химическо разрушаване на изолацията, рязко намаляване на електрическата и механичната якост и съответно условия за възникване на аварии.

3. Пример

За схемата на фиг.10-4 по продължително нагряване и термична устойчивост при к.с. да се избере кабел тип NA2XSU, включен след трансформатора, при следните допълнителни данни: максимална пренасяна мощност – 8 MVA; максимално време за задействане на релейната защита – 1 s, време за задействане на прекъсвача – 0,1 s.



Фиг.10-4. Изчислителна схема за определяне на т.к.с.

Решение: Максималния продължителен ток на кабела е

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{8}{1,73 \cdot 20} \cdot 10^3 = 231,2 \text{ A.}$$

По условието за допустимо продължително нагряване от таблица 4-3 може да се избере кабел тип NA2XSU 1x95 mm², положен в земя, с допустим продължителен ток 251 А (в най-тежкия температурен режим – триъгълно разположени фазови кабели).

Съставя се заместваща схема с определени съпротивления, която се преобразува към най-опростен вид, като всички съпротивления се свеждат към едно еквивалентно спрямо точката на к.с. – K₁.

Строителство на кабелни разпределителни мрежи средно напрежение

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (КРМ)

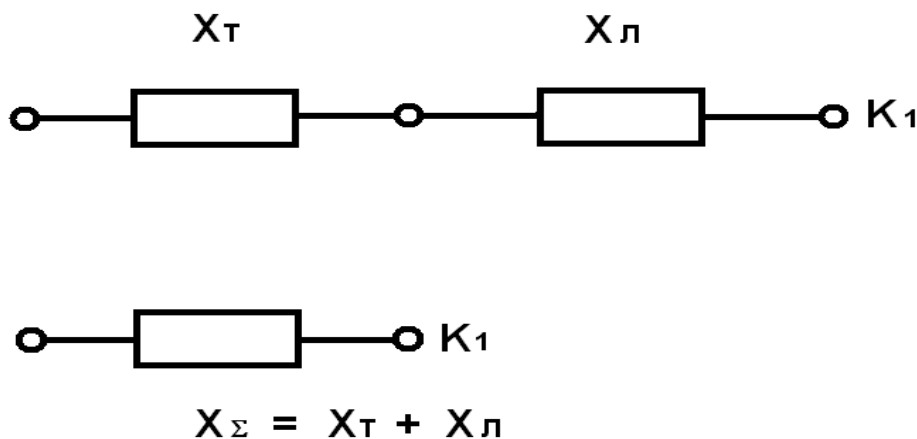
Влиза в сила

От

26.03.2014г

Част КРМ СрН 1 на

EPRG



Фиг.10-6. Заместваща схема по фиг.10-4 и нейното преобразуване

В точка K_1 се изчисляват I'' и i_y от схемата на фиг.10-5 и 10-6:

$$X_L = x_{0,1} = 0,131 \Omega;$$

$$X_T = \frac{u_K \%}{100} \cdot \frac{U_H^2}{S_{HT}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{20^2}{25} = 1,68 \Omega;$$

$$I'' = \frac{1,05 \cdot U_{20}}{\sqrt{3} \cdot [X_T + X_L]} = \frac{21}{1,73 \cdot (0,131 + 1,68)} = 6,7 \text{ kA};$$

$$I_y = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I'' = 1,8 \cdot 1,41 \cdot 6,7 = 17 \text{ kA};$$

За проверка на условието за термична устойчивост при к.с. първо се изчислява топлинния импулс B_K , като времеконстантата $T_a = 0,05 \text{ s}$, а изчисления по-горе т.к.с в K_1 е $I'' = 17 \text{ kA}$:

$$B_K = 17^2 \cdot (1 + 0,1 + 0,05) = 332,35 \text{ kA}^2 \cdot \text{s}.$$

При максималнодопустимото продължително натоварване на кабела ($\theta_H = 90^\circ\text{C}$) минималното сечение по термична устойчивост се определя:

$$S_{\min, T} = \frac{10^3}{100} \cdot \sqrt{332,35} = 182,3 \text{ mm}^2.$$

Ориентацията естествено ще бъде към по-голямото сечение, но тъй като в случая продължителното токово натоварване ще бъде вече значително под допустимото,

**Строителство на кабелни разпределителни мрежи
средно напрежение**

Влиза в сила

От

26.03.2014г

Планиране на кабелни разпределителни мрежи (КРМ)

Част КРМ СрН 1 на

EPRG

проверява се кабелът тип NA2XSY 1x185 mm², за който положен в земя, допустимият продължителен ток е 361 А.

При температура на почвата $\theta_0 = 20^\circ\text{C}$ и продължително допустима температура за кабела $\theta_d = 90^\circ\text{C}$ началната температура при к.с. е

$$\Theta_n = 20 + \left(\frac{231,2}{361} \right)^2 \cdot (90 - 20) = 48,7 \text{ }^\circ\text{C},$$

за която се изчислява величината A_n : $A_n = 0,65 \cdot 10^2 \cdot 48,7 = 3165,5$.

Определя се величината A_k : $A_k = 3165,5 + \frac{332,35 \cdot 10^6}{185^2} = 12876,2$

откъдето температурата при к.с. е $\theta_k = 1,54 \cdot 10^{-2} \cdot 12876,2 = 198,29 \text{ }^\circ\text{C} < \theta_{kd} = 250 \text{ }^\circ\text{C}$.

Следователно за кабела окончателно се избира следващото сечение – 185 mm², за което и условието за термична устойчивост при к.с. автоматично ще бъде изпълнено.