**Електрически проводници и кабели**

**Съдържание**

1. **Определение.**
2. **Характеристики на кабелите.**
3. **Елементи на електрическите кабел.**
4. **Класификация на кабелите.**
5. **Маркиране на кабели и проводници.**
6. **Допълнителна информация за маркировката на кабелите.**
7. **Пример за описание на кабела.**
8. **Кабелна арматура.**
9. **Избор на напречно сечение на проводниците.**
10. **Загуби на ел. енергия в захранващи въздушни и кабелни линии.**
11. **Препоръки при използване на електрически кабели.**



1. **Определение.**

Кабелите са създадени за безопасно и надеждно предаване на разстояния на електрическата енергия с възможно най-ниски загуби и за предаване на сигнали.

Представляват набор от проводници, изолации, обвивки, брони и др. аксесоари.

1. **Характеристики на кабелите.**

След като тези параметри са известни, проектантът избира най-подходящия кабел с цел безопасност и функционалност на ел. мрежа, като се съобразява със следните**характеристики**:

1. **Номинално напрежение.**

Изолацията на кабела трябва да издържа работно напрежение на системата.

1. **Товароносимост на кабела IZ.**

Това е максималният интензитет на тока, който може да тече в непрекъснато работещ кабел, при определени условия на монтаж, без температурата на кабела да надвишава определена стойност.

Товароносимостта зависи от няколко фактора, включително вида на изолацията, температурата на работа, топлинния обмен с околната среда, в която е монтиран кабела. Ако използвате материал, който е по-устойчив на топлина, допустимата температура се увеличава и следователно кабелът има по-висока товароносимост.

Товароносимостта трябва да удовлетворява отношението IZ ≥ IB, т.е. тя трябва да има стойност, равна или по-голяма от работния ток IB на веригата.

Трябва да имате предвид така наречения "**ефект на** **близост**", състоящ се във факта, че всеки кабел се нагрява както поради тока, който тече вътре, така и поради топлината, получена от контакта със съседните кабели. Например, ако няколко линии преминават в една и съща защитна тръба, проектантът трябва да вземе предвид по-ниската товароносимост, за да се избегне превишаването на работната температура на кабела;

Изчислява се по следната формула:

IZ = IZ0 · K. IZ0 е амплитудата за полагащ кабел във въздуха при температура 30°C, K е произведението на корекционните коефициенти, дължащи се на условията на следните фактори:

* корекционен коефициент за температури различни от 30°C;
* корекционен коефициент за групиране на кабели в сноп или слой;
* корекционен коефициент за подземен монтаж при различни температури на околната среда от 20 °C;
* корекционен коефициент за стойности на дълбочина, различни от 0.8m за директно заровени кабели;
1. **Спад на напрежението**.

Това е разликата в напрежението между началото на електрическата система и точката на използване.

Зависи от: фазовия ток, дължината, съпротивлението на линията и фактора на мощността на потребителя. По принцип спадът на напрежението трябва да бъде по-малък от 5% от стойността на работното напрежение на системата.

За различните приложения, могат да бъдат приети други стойности - например: 3% за осветителни кабели; 10% за двигатели при пускане;

1. **Максимална работна температура**.

Това е допустимата температура в зависимост от материала, от който е направена изолацията на проводника, и е със стойност между 60 и 105 ° C;

1. **Максимална температура на късо съединение**.

Това е температурата на кабела, в резултат на прегряване поради късо съединение - интензивно, но за кратко време;

1. **Място на монтаж**.

Изборът на кабел трябва да е съобразен със специфичните условия на околната среда – места за развлечения, с опасност от експлозия, среди с по-висока опасност от пожар, строителни обекти, медицински помещения и др;

1. **Условия за ползване и начин на инсталиране**.

Примери за избор и монтаж на кабели според вида на инсталации:

* кабели без обвивка в защитни тръби, затворени в зидария;
* многожилни кабели в защитни тръби, затворени в зидария;
* кабели, монтирани на открито;
* многожилни кабели, потопени във вода;
* кабели, положени в перфорирани кабелни скари;
* кабели, положени в неперфорирани кабелни скари;
* едножилни и многожилни обвити кабели в защитни тръби под земята или в тунели.

Полагането на подземен кабел се счита за директно, ако кабелът е поставен в контакт със земята, а за непряко, ако кабелът е положен в подземна тръба или в тунел. За подземно полагане на кабели се счита, това което се извършва под пода на покрити места като мазета или гаражи, ако е възможно наличието на вода за определен период от време. По отношение на условията за ползване от значение са външната обвивка, изолацията и външната метална броня;

1. **Минимален радиус на огъване**.

Зависи от използваните материали и конструктивните характеристики на кабела.

Когато ъглите на огъване са по-остри спрямо изискванията на производителя, това може да причини сериозни щети на функционалността и безопасността на кабела, особено при полагането му при ниски температури.

1. **Елементи на електрически кабел.**



Електрическият кабел се състои от следните елементи:

1. **Проводникът** е изпълнен от метални жички, подредени в спирала, за да се

намали скин ефекта /в средната част от сечението не протича ток/.

Материалът на проводника може да бъде: закалена, открита или покрита мед, открит алуминий или алуминиева сплав. Терминът "покритие" означава тънък слой от калай, калаена или оловна сплав, който покрива проводника. Проводникът може да е едножилен или многожилен, като се подразделя на четири класа в зависимост от гъвкавостта:

* ***клас 1****:* проводници за стационарни инсталационни кабели, твърди,

едножилни с кръгло напречно сечение;

* ***клас 2****:* проводници за фиксирани монтажни кабели, твърдо въже, разделено

на некомпактно кръгло напречно сечение, компактно с кръгло напречно сечение, секторно;

* ***клас 5****:* проводници за стационарни или подвижни инсталации, гъвкави;
* ***клас 6****:* проводници за стационарна или подвижна инсталация, много

гъвкави;

Ядрата на проводниците се изработват най-често от алуминий или мед.

Предимствата на медните проводници спрямо алуминиевите:

* по-ниско съпротивление и 1,7 пъти по-висока токова проводимост.
* по-висока устойчивост на корозия;
* по-висока механична якост;
* по-голяма пластичност – може да се огъне под остър ъгъл без

поражения.

* лесно запояване и заваряване - не се изискват допълнителни материали.
* при контакт с въздуха, алуминият образува непроводим токов филм,

който може да доведе до прегряване, искрене и разпрашаване. Поради нагряване и охлаждане с течение на времето болтовите връзки може да разхлабят.

Недостатъци на медните проводници спрямо алуминиевите:

* по-висока цена.
* 3 пъти по-тежки.

Въпреки тези недостатъци, медта в повечето случай се счита за по-добър избор, а по-високата и цена се компенсира с по-голяма издръжливост и надеждност.

При директно свързване на мед и алуминий - алуминият постепенно започва да

се окислява и връзката се компрометира.

Изборът на проводник в зависимост от съпротивлението на материала на сърцевината. Този параметър характеризира стойността на електрическото съпротивление на метала в ом, с дължина 1 метър и с повърхнина на напречното сечение в квадратни милиметри. Тя се изразява в мерна единица "Ohm ∙ mm2 / m" и е: **0.017 за мед**; **0,025 за месинг**; **0,026 за алуминий; 0,103 за стомана**.

Където се изискват ниски електрическите загуби се използват предимно медни проводници. Най-често се използват кабели с усукани проводници.

Алуминият и неговите сплави се използват предимно за дълги линии без много разклонения и връзки.

За увеличаване на твърдостта и здравината на кабела се добавят жици от стоманени сплави. Те издържат на по-големи натоварвания, създадени от пориви на вятъра, снежни отлагания и заледяване.

1. **Изолаторът** е диелектричен материал, обвит около проводника и е

проектиран да издържа на работното напрежение. Това е ключова елемент от кабела, който определя номиналното напрежение, капацитет и топлинно поведение. Образува се чрез смес от подходящо подбрани и дозирани материали: PVC, каучук, импрегнирана хартия, синтетични смоли.

Комбинацията от проводник и изолатор съставлява сърцевината на кабела.

Кабелът може да се състои от множество ядра; Между проводниците в едното ядро ​​няма изолация. Ядрата са в индивидуална изолация в кабела, като са разположени паралелно или в усукана форма. Вътрешната изолация е необходима за предотвратяване на контакт между сърцевините, външната осигурява допълнителна защита от механични повреди и навлизане на влага.

Изборът на изолационен материал зависи от начина употреба на кабела. Необходимо е да се има предвид следните параметри:

* механичната якост и устойчивостта на ултравиолетови лъчи е особено

важна при монтаж на надземни кабели;

* температурна устойчивост. Когато токът преминава през кабела,

ядрото се загрява. Необходимо е изолацията да издържа както на нормално натоварване, така и на при краткотрайни претоварвания; При ниски температури някои материали стават много крехки и губят основните си свойства, затова при полагането им е необходимо да се съобразим с това;

* максимално допустимо напрежение. Не трябва да се подлага кабела с по-високо

напрежение, защото изолацията старее по-бързо и може да се стигне до пробив.

1. **Пълнителят** е опаковъчният изолационен материал, нанесен върху всички

ядра и използван за запълване на промеждутъците между сърцевините, придавайки кръгла форма. Той обикновено не се използва при кабелите с малко напречно сечение и при тези, които не са подложени на специфични механични натоварвания;

1. **Щитът** се състои от тънка медна лента, навита и нанесена върху всички ядра

или около изолацията на всяка отделна сърцевина. Необходим е за кабели с номинално напрежение по-голямо от 3,6 kV на изолацията спрямо земята.

За кабели с номинално напрежение на изолация по-голямо от 8 kV спрямо земята се изисква екраниране на всяка сърцевина на кабела.

Щитът има двойната функция - да ограничава електрическото поле, генерирано в проводниците, когато те са под напрежение, ограничаващо разпространението му в околната среда и да предпазва кабела от външни електромагнитни смущения;

1. **Външната обвивка** – **външната изолация** – **металната броня** са външни

покрития, които предпазват кабела и кабелните жила от механични повреди.

За външната изолация използваме материали като PVC, PE, каучук, текстилна плитка. За металната армировка използваме стоманени ленти, оловна или алуминиева тръба.



1. **Класификация на кабелите.**

Електрическите кабели се характеризират:

1. В зависимост от работното напрежение:
* кабел ниско напрежение до 1000 в;
* кабели средно и високо напрежение над 1000 в.
1. В зависимост от вида на изолацията:
* кабел, изолиран с естествен или синтетичен каучук, като етилен-пропиленов каучук (EPR) или силикон;
* кабели, изолирани с поливинилхлорид (PVC) и полиетилен (PE);
* кабели с минерална изолация. Те имат устойчивост на огън;
* кабели, изолирани с импрегнирана хартия.
1. В зависимост от начина на полагането им:
* кабели за стационарен монтаж. След като бъдат инсталирани, те няма да

бъдат премествани;

* кабели за мобилна инсталация. Те са подложени на по-чести или по-редки

движения - като захранващия кабел на ел. инструменти или на домакински уреди.

1. В зависимост от броя на ядрата:
* еднополюсни;
* двуполюсни;
* триполюсни;
* многополюсни;
1. В зависимост от поведението им при пожар:
* огнеупорни кабели. Тези кабели не разпространяват пламъка, дори и ако са

монтирани във вертикално положение (най-неблагоприятното положение);

* пожароустойчиви кабели. Тези кабели работят, дори когато са пряко

изложени на пламъците. Те са предназначени да се използват главно в аварийни вериги за аларма, осветление и комуникация;

* кабели с ниски емисии на дим, токсични газове и корозивни LS0H (Low

Smoke Zero Halogen). Тези кабели гарантират видимост по време на пожара, за да помогнат за евакуацията на хората чрез намаляване на емисиите на непрозрачен дим и токсични газове.

1. В зависимост от предназначението им:
* [Cилови кабели](https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%B2_%D0%BA%D0%B0%D0%B1%D0%B5%D0%BB). Това са инсталационни кабели, които служат за пренасяне и

разпределение на електрическа енергия ниско, средно и високо напрежение. Използват се в електрически уредби, и инсталации, свързани с контролно - измервателни уреди, както и командни уреди и апарати.

- Съобщителни кабели. Служат за осъществяване на градска и междуселищна

връзка.

- Морски кабели. Служат за монтаж в речни или морски съдове за пренос и

разпределение на електрическа енергия. Устойчиви на влага и сол.

- Руднични кабели. Служат за пренасяне и разпределение на електрическа

енергия при условията на мините и рудниците. Влагозащитени и механично здрави.

- [Коаксиални кабел](https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%BD_%D0%BA%D0%B0%D0%B1%D0%B5%D0%BB)и. Имат медно ядро, заобиколено от диелектричен

изолатор. Тънкият щит от мед опасва изолиращия слой, който в накрая се навива в най-външната PVC обвивка. Служат за пренасяне на високочестотни сигнали. Те са с висока защита от ел. магнитни смущения.

- [Оптични кабел](https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D0%BD_%D0%BA%D0%B0%D0%B1%D0%B5%D0%BB)и. Съвременно техническо решение за пренос на информация

на големи разстояния с голям обем данни, ниски загуби и с много нисък риск от корозия.

- Мостови кабели – специализирани двужилни кабели за

изграждане на електрически инсталации в жилищни и обществени сгради.

- Нагревателни кабели - служат за нагряване на повърхността или околното

пространство, до която са поставени. Проводникът е изпълнен като нагревателен елемент със специална изолация и външна защитна покривка от PVC пластификат с висока термична устойчивост и механична здравина.

- За захранване на потопяеми помпи. Работят под вода с усилена изолация.

- За ел. телфери и кранове. Гъвкави и механично устойчиви на прегъване,

плоски.

## Лентови кабели. Електрическите кабели с лента се състоят от няколко

## изолирани проводника, протичащи успоредно един на друг. Тези паралелни проводници позволяват едновременното предаване на множество сигнали и данни. Типичен лентов кабел се състои от четири до 12 жици. Обикновено се използва за свързване на мрежови устройства. Също така свързват дънната платка с други компоненти на процесора в компютрите.

## Усукана двойка кабели. Електрически кабел с усукана двойка се състои от

двойки изолирани медни жици които са с цветен код, усукани един около друг.

## Диаметърът на всеки проводник варира от 0,4 до 0,8 mm, а броят на двойките варира при различните видове кабели.

Колкото по-голям е броят на двойките, толкова по-високо е съпротивлението на кабела към външен шум.

1. **Маркиране на кабели и проводници.**

Въведени са хармонизирани стандарти, за да се улесни идентифицирането на продуктите, предлагани на пазара, защото кабелите често са с местен или чуждестранен произход. Производителите на кабели и проводници маркират продукти главно въз основа на национални стандарти. Това решение е добро на вътрешния пазар, но ще създаде значителни пречки при външна търговия.

Хармонизираната система за маркиране на кабели и проводници бе въведена от Европейския комитет за стандартизация в електротехниката (CENELEC). Маркирането на проводниците е разделено на няколко части, като се вземат предвид основните свойства на кабела:

**1. Определяне на връзката с хармонизирания стандарт:**

* H - кабел, изработен съгласно хармонизиран стандарт;
* A - кабел от нехармонизиран тип (кабел от вътрешен тип).

**2. Номинално напрежение:**

* 01 - напрежение 100/100V;
* 03 - напрежение 300/300V;
* 05 - напрежение 300/500V;
* 07 - напрежение 450/750V.

**3. Материал на изолацията:**

* В - етилен пропиленов каучук;
* G - кополимер на етилен/винилацетат;
* J - оплетка от фибровлакна;
* N - полихлоропренов каучук, неразпространяващ огън;
* N2 - специална полихлоропренова смес за обвивка на заваръчни кабели;
* N4 - хлоросулфониран полиетилен или хлориран полиетилен;
* R - обикновен етилен-полипропиленова гума;
* S - силиконов каучук;
* T - текстилна оплетка;
* V - поливинилхлорид (PVC);
* V2 - топлоустойчив поливинилхлорид (PVC);
* V3 - поливинилхлорид за кабели с ниска температура;
* V4 - омрежен поливинилхлорид;
* V5 - специален маслоустойчив поливинилхлорид;
* Z - омрежена полиолефинова смес с ниски емисии на газ;
* Z1 - термопластична полиолефинова смес с ниски емисии на газ.

**4. Метална обвивка:**

* C - коаксиално медно жило;
* C4 - меден екран в средата.

**5. Неметална обвивка:**

* В - етилен пропиленов каучук;
* G - кополимер на етилен/винилацетат;
* J - оплетка от фибровлакна;
* N - полихлоропренов каучук, неразпространяващ огън;
* N2 - специална полихлоропренова смес за обвивка на заваръчни кабели;
* N4 - хлоросулфониран полиетилен или хлориран полиетилен;
* Q – полиуретан;
* Q4 – полиамид;
* R - обикновен етилен-полипропиленова гума;
* S - силиконов каучук;
* T - текстилна оплетка;
* V - поливинилхлорид (PVC);
* V2 - топлоустойчив поливинилхлорид (PVC);
* V3 - поливинилхлорид за кабели с ниска температура;
* V4 - омрежен поливинилхлорид;
* V5 - специален маслоустойчив поливинилхлорид;
* Z - омрежена полиолефинова смес с ниски емисии на газ;
* Z1 - термопластична полиолефинова смес с ниски емисии на газ.

**6. Конструкция на кабела:**

* Няма маркировки за кръгли кабели;
* H - плосък, разделим кабел;
* H2 - плосък, неделим кабел;
* H6 - плосък 3-жилен или с повече жила кабел.

**7. Материал на жилото:**

* A – Алуминий;
* Наличието на тире „-„ без допълнителни буквени означения информира, че

материалът, от който е изработено жилото е мед. Самото тире изпълнява и функцията на преходен елемент между описанието на изолацията, конструкцията на кабела и описанието на жилото.

**8. Конструкция на жилото:**

* D - гъвкаво, използвано заваръчни кабели;
* E - много гъвкаво, използвано при заваръчни кабели;
* F - гъвкаво за кабели (клас 5);
* H - много гъвкаво за кабели (клас 6);
* K - гъвкаво за трайно положени кабели (клас 5);
* R - твърдо, усукано, многожично;
* U - кръгло, единожично.
1. **Числена маркировка на жилата в кабела.**

Всяко жило има уникален номер. Използва се при изпълнение на монтажни дейности и при експлоатация на кабела.

**10. Защитно жило.**

* G – с жълто-зелена защитно жило;
* X - липса на жълто-зелено защитно жило.

**11. Числено означение на сечението на жилото в кабела.**

Сечението и броя на проводниците се описва в типа кабел –

например кабел тип СВТ3х25+16 означава, че кабелът има 3 бр. фазови проводници със сечение по 25 мм2 и 1 бр. нулев проводник със сечение - 16 мм2.

**12. Цветово означение на проводниците в кабела.**

За идентифициране на проводници, принадлежащи към различни фази, се използва маркировка с различни цветове. Цветната идентификация се извършва в краищата и за предпочитане по цялата дължина на проводника.

Изключение са неизолираните проводници, където идентифицирането се извършва в краищата и в точките на свързване. Това се прави, за да се осигури адекватна защита срещу токов удар, както и за удобство на поддръжката, монтажа и ремонта на електрическите инсталации. В България стандартната цветната маркировка на проводниците е в съответствие с БДС HD 402 S2:2006.

* Използването изолация на жилата с различни цветове улеснява поддръжката.

Синият цвят (BU) се използва за неутралния проводник, жълто-зеленият (GNYE) - за защитен проводник, черният (BK), кафявият (BN) и сивият (GY) – за фазови проводници.





1. **Допълнителна информация за маркировката на кабелите.**
	1. [**CE**](http://www.cemarcatura.it/marcatura-ce/). Европейската общност изисква от производителя да гарантира

спазването на изискванията на Директивата за ниско напрежение, като по този начин позволява свободното предлагане на кабелите на пазара в Европейския съюз. Маркировката "СЕ" не е маркировка за качество;

* 1. Марки за качество на национално ниво на доброволна основа са:

[**IEMMEQU**](http://www.imq.it/it/index.html) (Италия), **CEBEC** (Белгия), **Ezu** (Чехия), **VDE** (Германия), **AENOR** (Испания), **NF** (Франция), **BASEC** (Великобритания), **SEV** (Швейцария), **OVE** (Австрия), **Demko** (Дания), **Semko** (Швеция), **KWE** (Полша), **KEMA-KEUR** (Холандия).

* 1. Задължителни са следните маркировки: **CCC** (Китай), **PCT GOST -R**

(Русия), **UkrSEPRO** (Украйна);

* 1. [**HAR**](http://www.har-cert.com/) е маркировка, издадена за кабелите, отговарящи на стандартите

на CENELEC (Европейски комитет за електротехническа стандартизация).



* 1. За обозначаване на хармонизираните кабели, съгласно CENELEC в

съответствие с изискванията на IEC 20-27 си използва следната таблица:



1. **Пример за описание на кабел.**

**Кабел тип H07RN-F 450/750 V 3х70+35 mm2**

***Приложение***
Кабел с каучукова изолация и обвивка за свързване на съоръжения и машини в индустриални обекти за номинални напрежения U0/U – 450/750V при средни механични натоварвания.

***Конструкция***
Усукани Cu жила кл. 5 съгл. DIN VDE 0295, IEC 60228
Изолация: каучук EPR
Външна обвивка: каучук EPR
Цвят на външната обвивка: черен

***Технически данни***
Гъвкав кабел съгл. БДС EN 50525-2-21
Температура на околната среда: -30°С - +60°С
Макс. допустима работна температура: +60°С
Номинално напрежение UO/U: 450/750V
Изпитвателно напрежение: АС – 2500 V/50Hz
Мин. радиус на огъване: при фиксиран монтаж - 4 x D

Брой на жилата **3 + 1**

Изпитвателно напрежение ACV **2500V**

Сечение на фазовите жила, mm2 **70**

Номинално напрежение Uo/U, V**450/750V**

Материал на изолацията **CR**

Материал на жилото **Cu**

Мин. температура на околната среда, °C**-30°**

Макс. температура на околната среда, °C**+60°**

***Допълнителни данни***

Таблица с допустимото токово натоварване;

Типово означение на хармонизирани проводници;

Капацитет на барабаните;

Инструкция за монтаж.

1. **Кабелна арматура.**

Използва се за присъединяване на подземни и въздушни линии към електрическите уредби и при ремонтно възстановителни работи.

арматура за въздушни линии; кабелни муфи; кабелни глави

  

 гилзи и накрайници за кабели; изолационни ленти и термосвиваеми шлаухи

  

1. **Избор на напречно сечение на проводниците.**

Проводниците на кабелите са изпълнени със стандартна площ на напречното сечение или диаметри. За комуникационни и телефонни линии **диаметърът** на кръгло напречно сечение на единична жица в **мм е**: **1,2; 0.9; 0.7; 0.64; 0,5; 0.4; 0,32.**

За промишлени цели се произвеждат кабели типове **сечения** в **мм2** са:

**1.5 ; 2.5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500.**

Допустимото токово натоварване зависи от вида на метала, площта на напречното сечение и експлоатационните условия.

Необходим е баланс между загряване на кабела и отвеждане на топлината от него към околната среда. Целта е да не се превишава допустимата температура, на която

издържа изолацията без да се поврежда.

Примери за избор на сечение на силов кабел, захранващ трифазен асинхронен ел. двигател, в зависимост от дължината му.

1.Ако кабелът е с **медни проводници**, положен в земята при СОS(f) = 0.85

се избират се оптималните сечения – клетките, които са оцветени при икономична плътност на тока - /2 - 2.7/ , А/мм2 и загуба на напрежение до 5 % или 20 в.

L = ∆U/(1.73\*I/(ρ/S+K)) = 20/(1.73\*I/(0,017/S+K)), където:

L - дължина на кабела в м;

∆U - пад на напрежението в края на линията в V;

I - работен ток в А;

S – сечение на фазов проводник в мм2;

ρ - специфичното активно съпротивление на мед 0.017 (Ω.мм2)/м;

K - коефициент реактивна съставяща 0.000042 (Ω.мм2)/м.

или L = 11.56/(I\*(0.017/s + 0.000042)), m

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Използва се таблица в EXCEL, която изчислява дължината L на линията при различно токово натоварване на медните кабели.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|   |   |  | сечение |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Мощност на мотора | Товар | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 35 | 50 | 70 | 95 | 120 | 150 | 185 |
| 0,6 | 1,4 | 726 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1,1 | 2,5 | 406 | 676 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2,2 | 4,5 | 226 | 375 | 599 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 5,5 | 11 |   | 154 | 245 | 365 | 603 | 951 | 1456 | 1991 | 2751 |   |   |   |   |   |
| 7,5 | 14 |   | 121 | 192 | 287 | 474 | 748 | 1144 | 1565 | 2162 | 2899 |   |   |   |   |
| 10 | 19 |   | 89 | 142 | 212 | 349 | 551 | 843 | 1153 | 1593 | 2136 | 2754 |   |   |   |
| 13 | 24 |   |   | 112 | 168 | 277 | 436 | 667 | 913 | 1261 | 1691 | 2180 | 2623 |   |   |
| 17 | 32 |   |   |   | 126 | 207 | 327 | 500 | 685 | 946 | 1268 | 1635 | 1967 | 2326 |   |
| 22 | 42 |   |   |   |   | 158 | 249 | 381 | 522 | 721 | 966 | 1246 | 1499 | 1772 |   |
| 30 | 56 |   |   |   |   | 119 | 187 | 286 | 391 | 540 | 725 | 934 | 1124 | 1329 |   |
| 40 | 75 |   |   |   |   |   | 140 | 213 | 292 | 403 | 541 | 698 | 839 | 992 |   |
| 55 | 100 |   |   |   |   |   |   |   | 219 | 303 | 406 | 523 | 629 | 744 |   |
| 75 | 141 |   |   |   |   |   |   |   |   | 215 | 288 | 371 | 446 | 528 | 612 |
| 100 | 181 |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 224 | 289 | 348 | 411 | 477 |
| 132 | 270 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 194 | 233 | 276 | 320 |
| 190 | 390 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 161 | 191 | 221 |
| 250 | 465 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 160 | 186 |
| Оптимален |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| товар, А |   | 4 | 7 | 11 | 16 | 27 | 43 | 68 | 95 | 135 | 189 | 257 | 324 | 405 | 500 |
| Максимален |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| товар, А |   | 16 | 22 | 30 | 40 | 60 | 80 | 100 | 130 | 160 | 200 | 265 | 330 | 415 | 510 |

 |

|  |  |
| --- | --- |
| 2.Ако кабелът е с **алуминиеви проводници**, положен в земята при СОS(f) = 0.85се избират се оптималните сечения – клетките, които са оцветени при икономична плътност на тока - /1.2 - 1.7/, А/мм2ρ - специфичното активно съпротивление на алуминий е 0.0243 (Ω.мм2)/м;K - коефициент реактивна съставяща 0.0006 (Ω.мм2)/м.или L = 11.56/(I\*(0.0243/s + 0.0006)), mИзползва се таблица в EXCEL, която изчислява дължината L на линията при различно токово натоварване на алуминиевите кабели. |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|   |   |   | сечение  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Мощност на мотора | Товар | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 35 | 50 | 70 | 95 | 120 | 150 | 185 | 240 |
| 0,6 | 1,4 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1,1 | 2,5 | 693 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2,2 | 4,5 | 385 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 5,5 | 11 | 157 | 226 | 347 | 496 | 669 | 812 | 968 | 1110 | 1228 | 1310 |   |   |   |
| 7,5 | 14 | 124 | 178 | 273 | 390 | 525 | 638 | 760 | 872 | 965 | 1029 |   |   |   |
| 10 | 19 | 91 | 131 | 201 | 287 | 387 | 470 | 560 | 642 | 711 | 758 |   |   |   |
| 13 | 24 | 72 | 104 | 159 | 227 | 306 | 372 | 444 | 509 | 563 | 600 |   |   |   |
| 17 | 32 |   | 78 | 119 | 171 | 230 | 279 | 333 | 381 | 422 | 450 | 451 |   |   |
| 22 | 42 |   |   | 91 | 130 | 175 | 213 | 253 | 291 | 322 | 343 | 344 |   |   |
| 30 | 56 |   |   | 68 | 97 | 131 | 159 | 190 | 218 | 241 | 257 | 258 |   |   |
| 40 | 75 |   |   |   | 73 | 98 | 119 | 142 | 163 | 180 | 192 | 193 |   |   |
| 55 | 100 |   |   |   |   |   | 89 | 106 | 122 | 135 | 144 | 144 |   |   |
| 75 | 141 |   |   |   |   |   |   | 75 | 87 | 96 | 102 | 102 | 112 | 117 |
| 100 | 181 |   |   |   |   |   |   |   | 67 | 75 | 80 | 84 | 87 | 91 |
| 132 | 270 |   |   |   |   |   |   |   |   | 50 | 53 | 53 | 59 | 61 |
| 190 | 390 |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 37 | 37 | 41 | 42 |
| 250 | 465 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 31 | 34 | 35 |
| Оптимален |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| товар, А |   | 7 | 10 | 17 | 27 | 43 | 60 | 85 | 119 | 162 | 204 | 255 | 315 | 408 |

1. **Загуби на ел. енергия в захранващи въздушни и кабелни линии.**
	1. С цел **оптимално използване на кабелните линии** е необходима

проверка за натоварването на съществуващите линии по отношение на *икономична плътност на тока и допустим пад на напрежение*.

Ако има кабели с по-малко сечение от необходимото – ще има по-голям пад на напрежение и кабелите ще загряват над допустимата температура.

В този случай е необходимо да се положат допълнителни кабели в паралел или да се подменят с кабели с по-голямо сечение.

* 1. **Лоши ел. връзки и загуби от греене** - разхлабени връзки, връзки

между алуминий и мед, неправилно полагане на кабелите един до друг или нарушени условия на охлаждане.

Преходното контактно съпротивление зависи от вида на материалите, от състоянието на контактните повърхности и от натиска на съединението.

За нормалната работа на контактното съединение се препоръчва следната плътност на тока: *Мед–Мед 0.3 А/мм2; Алуминий-Алуминий 0.16 А/мм2;*

*Мед-Алуминий 0.13 А/мм2; Мед-Желязо 0.1 А/мм2; Алуминий-Желязо 0.08 А/мм2.*

* 1. **Лошо изолационно съпротивление и загуби от утечки, лоша нула,**

**преоразмерени предпазители, влажна среда**.

Необходими са периодични замервания на изолацията, измерване на контур R-N, правилен избор на предпазители, използване на дефектно-токови защити и защита за контрол на изолацията.

* 1. **Излишен пренос на реактивна ел. енергия**.

При нисък COS(f) се пренася допълнителна ел. енергия, която не върши полезна работа, но предизвиква загуби в линията и допълнително загряване на кабелите.

Необходимо е да вземем технически мерки за поддържане на COS(f) над 0.95, за да гарантираме, че няма да губим ел. енергия поради тази причина.

1. **Препоръки при използване на електрически кабели.**
	1. За правилното използване на различни видове кабели, метода на

монтаж и условията на околната среда, производителят предоставя инструкция.

* 1. Кабелите трябва да са подходящи за експлоатационните условия,

определени от производителя. Те трябва да бъдат адекватно защитени от външни агенти като прекомерна топлина, вода, химикали, механичен стрес, флора и фауна.

* 1. Кабелите не трябва да се повреждат от системите за закрепване при

полагане, транспортиране, манипулиране и съхранение. Те не трябва да бъдат подлагани на прекомерни механични натоварвания, смачкване, абразия, остри ъгли на огъване, усуквания и др., които може да повредят изолацията, особено при ниски температури.

* 1. При полагане на кабела в тръба е необходимо диаметъра на тръбата да

е най-малко 30 % по-голям от външния диаметър на кабела с цел гарантиране на условия за охлаждане.

* 1. При големи токовете се избягва използването на кабели с много големи

сечение, които са трудни за полагане. В този случай се използват паралелно свързани кабели.  Препоръчва се паралелните кабели да са с еднаква дължина, изработени от един и същ материал, така че токът да се разпределя по равно във всеки кабел.