

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

Все проводники электрического тока (жилы проводов и кабелей, шины) выбираются по следующим факторам:

1. по нагреву длительным током нагрузки (по таблицам или ПУЭ);
2. по допустимой потере напряжения (расчет);
3. по экономической плотности тока (расчет);

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

- 4 - по термической и электродинамической стойкости при к.з. (расчет);
- 5 – по падению напряжения в кабеле при пуске ЭД (расчет);
- 6 - по условию защиты от перегрузок (расчет);
- 7 – по образованию короны (для ВЛ – ВН).
- **Выбор сечения проводников по нагреву:**
- Определяется ток потребителя (или групповой ток потребителей) $I_{раб.}$ и по таблицам сравнивается с длительно допустимым током для проводника $I_{дл. доп.}$

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

- По таблицам определяются поправочные коэффициенты: на температуру окружающего воздуха (K_v), число рядом лежащих в земле кабелей (K_n), допустимой перегрузке ($K_{пер}$);
- При применении коэффициентов проводник должен удовлетворять условию:

$$I_{доп.} > I_{дл.}/K_{попр.}$$

Для кратковременных и повторно-кратковременных режимах работы:

$$I_{нагр.} = I_{доп.} \sqrt{ПВ/0,875} \quad (1), \text{ где}$$

$I_{доп.}$ – длительно допустимый ток (для кабелей сечением до 6 мм² (медь) и 10 мм² (алюминий))

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

- расчет не производится).
- Пример 1. Выбрать кабель для питания ЭД мощностью 15 кВт, напряжением сети 380В, $\cos\phi = 0,9$, $n = 80\%$. Кабель проложен в воздухе:
- Рабочий ток ЭД :

$$I_{\text{раб.}} = P_{\text{ном}} / (\sqrt{3} \times U_{\text{ном}} \times \cos\phi \times n) =$$

$$15 \times 1000 / (\sqrt{3} \times 380 \times 0,9 \times 0,8) = 31,65 \text{ А}$$

по таблицам выбираем медный бронированный кабель сечением

4 мм² с длительно допустимым током 37А. 37 А > 31,65 А.

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

- Проверка проводников по экономической плотности тока:

по ПУЭ

$$S_{\text{эк}} = I / j_{\text{эк}} \quad (2), \text{ где}$$

I – расчетный ток во время максимума нагрузки энергосистемы;

$j_{\text{эк}}$ – нормативное значение экономической плотности тока А/мм^2 (по таблицам).

Площадь сечения, получаемая при расчете округляется до ближайшего большего стандартного

значения. По экономической плотности тока **не определяются – сети до 1000 В, временные сети, осветительные сети и временные сети высокого напряжения, чья максимальная нагрузка T_{max} (табличное значение) не**

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

- T_{\max} (табличное значение) не превышает 5000 час/год.
- Пример: выбрать сечение бронированного кабеля 6 кВ с алюминиевыми жилами проложенного в земле для питания потребителей машиностроительного цеха с нагрузкой 100 А при $\cos\phi = 0,97$.
- По таблицам справочника – среднее значение использования часов максимума нагрузки для машиностроительного предприятия - $T_{\max} = 4000$ час/год. При этом значении $j_{\text{эк}} = 1,4$ А/мм².
- Площадь сечения: $S_{\text{эк}} = 100/1,4 = 71,4$. Принимаем кабель марки АСБГ 6 сечением 70 мм² с $I_{\text{дл. доп}} = 190$ А.

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

- Проверка проводников по допустимой потере напряжения.
- Стандарты допускают отклонение напряжения от номинального на ЭД в пределах:
-5% - U_n - +10%
(например 361В - 380В – 418 В или 627В – 660В – 706В)
- поэтому необходимо сравнивать расчетные потери $\Delta U_{расч}$ (В) напряжения в кабеле с допустимыми потерями $\Delta U_{доп}$. Если расчетные потери больше, то необходимо увеличивать сечение жил кабеля или менять материал проводников (медь вместо алюминия).

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

- Расчетные потери:

$$\Delta U_{\text{расч}} = (\sqrt{3} \times I_{\text{раб.}} \times L \times \cos\phi) / (\gamma \times S), \text{ где} \quad (3)$$

- $I_{\text{раб.}}$ – рабочий ток нагрузки, А;
- L – длина линии, м;
- $\cos\phi$ – коэффициент мощности ЭД или потребителя (из таблицы);

γ – удельная проводимость (для меди $\gamma = 53$ м/0м, для алюминия

$\gamma = 32$ м/0м);

S – площадь сечения проводника, мм².

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

- Допустимые потери для приемников $\Delta U_{\text{доп}} = 0,05U_{\text{ном}}$ для нормального режима и $0,2 U_{\text{ном}}$ для пускового режима.
- Проверка проводников по термической стойкости к токам к.з.
- - для проводников выше 1000 В:

$$\text{Стерм.} = (I_{\Sigma(3)} \times \sqrt{t_{\text{п}}})/C \text{ или}$$

$$\text{Стерм.} = (I_{\text{кз сист.}} \times \sqrt{t_{\text{ф}}})/C, \text{ мм}^2 \text{ где (4,5)}$$

$I_{\Sigma(3)}$ или $I_{\text{кз сист.}}$ – трехфазный суммарный ток от энергосистемы до точки к.з.;

$t_{\text{ф}}$ – приведенное расчетное время действия тока к.з. (время срабатывания защиты) $t_{\text{п}} = 0,2$ сек;

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

- **C** – термический коэффициент, зависящий от конструкции кабеля и материала жил; $C=165$ – для медных проводов и кабелей, $C=90$ для алюминиевых проводов и кабелей до 10 кВ.
- - для проводников ниже 1000 В:
- принимается путем сравнения **И_{дл. доп.}** проводника и тока расцепителя автоматического выключателя или токовой защиты пускателя (номинальный ток аппарата):
$$\text{И}_{\text{дл. доп.}} > \text{I}_{\text{ном. аппарата}} \quad (6)$$
- Проверка проводников на соответствие выбранному аппарату защиты:

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

- выбранные проводники должны иметь $I_{дл. доп.}$ выше чем ток тепловой защиты или защиты от перегрузки аппарата предохранителя), иначе при перегрузке проводник может разрушиться раньше, чем сработает защита:

$$I_{дл. доп.} > I_{т.з.}(\text{пер. или пл. вставки}) (7)$$

- Проверка проводников на электродинамическую стойкость в режиме к.з.

Производится только для шин.

Проверка по механической прочности. Для горных предприятий есть понятие механической прочности кабелей. Минимальное сечение кабелей:

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

- для передвижных механизмов – 16 мм²; для других силовых приемников – 10 мм²; для осветительных магистралей и отводов – 4 и 2,5 мм²; контрольных кабелей – 1,5 мм².
- **Методика выбора кабелей в подземном руднике (упрощенный расчет).**
- 1. Выбор кабелей начинаем с сети НН. После выбора трансформаторов ЦПП (УПП, ПУПП) составляется примерная расчетная схема кабельной сети НН без сечений и выбора кабелей в ней так же учитываем места расположения защитных аппаратов. Исходя из планов расположения оборудования на горизонтах. Так как планы выполнены в масштабе, то можно рассчитать длину КЛ одиночных приемников. Определенные длины КЛ умножаем на коэффициент 1,05 – 1,1 и округляем

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

- (коэффициент учитывающий провисы кабеля, закругления и т.д.)
- Расчет производится в следующей последовательности: одиночный приемник – групповой кабель – магистральный кабель.
- 2. Определяем расчетные токи нагрузки (ЭД) одиночных потребителей

$$I_{\text{раб}} = (K_c \times P_{\text{ном}}) / (\sqrt{3} \times U_{\text{ном}} \times \cos\phi), \text{ где}$$

K_c – коэффициент спроса (из таблиц) результаты заносим в таблицу.

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

3. По таблицам выбираем сечение жилы с соблюдением условия: $I_{раб} \geq I_{дл. доп. кабеля}$, и условий механической прочности результаты сводим в таблицу.

4. Определяем ток в групповых кабелях:

$$I_{гр} = I_{р1} \times K_c + I_{р2} \times K_c + I_{р3} \times K_c + \dots -$$

результаты сводим в таблицу

- По полученным значениям выбираем материал и сечение жилы кабеля.
- 5. Проверяем групповой кабель по экономической плотности тока: $S_{эк} = I_{гр} / j_{эк}$ ($j_{эк}$ - из таблиц).
- 6. Аналогично пп. 4 и 5 выбираем и проверяем магистральный кабель.

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

- Проверяем кабель по допустимой потере напряжения. Проверка производится по следующей цепи: потери напряжения в силовом трансформаторе – потери напряжения в магистральном кабеле – потери напряжения в групповом кабеле – потери напряжения в одиночном потребителе.
- Проверка производится только для самого мощного потребителя и самого удаленного потребителя от одного трансформатора.
- Потери в кабеле одиночного потребителя :
$$\Delta U_{\text{од.}} = (\sqrt{3} \times I_{\text{раб.}} \times L \times \cos\phi) / (\gamma \times S);$$
- Потери в групповом кабеле:
$$\Delta U_{\text{гр}} = (\sqrt{3} \times I_{\text{гр}} \times L_{\text{гр}} \times \cos\phi_{\text{гр}}) / (\gamma \times S_{\text{гр}}),$$

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

- Потери в групповом кабеле:

$$\Delta U_{гр} = (\sqrt{3} \times I_{гр} \times L_{гр} \times \cos\phi_{гр}) / (Y \times S_{гр}),$$

- $\cos\phi_{гр}$ – из таблицы или

$$\cos\phi_{гр} = (\cos\phi_1 + \cos\phi_2 + \cos\phi_3 \dots \cos\phi_n) / n$$

- Потери в магистральном кабеле определяем аналогично:

$$\Delta U_{м} = (\sqrt{3} \times I_{м} \times L_{м} \times \cos\phi_{м}) / (Y \times S_{м})$$

- Потери напряжения в трансформаторе $\Delta U_{тр}$ – для шахтных трансформаторов принимаем **1,5 % $U_{ном}$** или при напряжении 660 В потери составят $(660/100) \times 1,5 = 9,9$ В

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

- суммарные потери напряжения в линии до наиболее мощного приемника или наиболее удаленного потребителя:

$$\Delta U = \Delta U_{\text{тр}} + \Delta U_{\text{м}} + \Delta U_{\text{гр}} + \Delta U_{\text{од}}, \text{ В}$$

- Суммарные потери напряжения должны быть меньше допустимых величин, т.е. не более 10 % от номинального напряжения сети (учитываются потери в трансформаторе).
- При несоблюдении условия принимаем кабель (магистральный, групповой или одиночный большего сечения и повторяем расчет

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

- 7. Потери напряжения в пусковом режиме. Расчёт производится в соответствии аналогично предыдущему, только вместо номинальных токов $I_{раб}$. подставляются значения пусковых токов $I_{пуск}$. Допустимые отклонения напряжения при пусковом режиме больше, и приведены в специальных таблицах.
- Порядок расчёта потерь в пусковом режиме:
- определяется пусковой режим группы, т.е. режим пуска максимально мощного электроприемника при нормальной работе других потребителей, по формуле:

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

$I_{\text{пуск. гр}} = I_{\text{р.гр}} - I_{\text{р наиб.}} + I_{\text{пуск. наиб.}}, \text{ А}$

потери во вторичной обмотке трансформатора:

$$\Delta U_{\text{тр.пуск}} = \frac{I_{\text{пуск.эр}}}{I_{\text{н.эр}}} (U_{\alpha} \cdot \cos \varphi_n + U_{\rho} \cdot \sin \varphi_n)$$

- где $\cos \varphi = 0,5$ - пусковой коэффициент мощности;
- потери в трансформаторе и в других элементах сети лучше выражать в абсолютных единицах (В):

$$\Delta U_{\text{тр. пуск}} = \Delta U_{\text{тр}\%} \times U_{\text{ном.тр.}}, \text{ В}$$

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

- потери при пуске в групповом кабеле и в кабеле потребителя рассчитываются аналогично расчету потерь напряжения в кабелях, но вместо расчётного тока группы $I_{гр}$ подставляется значение пускового тока $I_{пуск.гр}$.
- производится подсчёт суммарной величины потери напряжения в элементах сети $\Delta U_{тр.пуск}$; $\Delta U_{пуск.гр}$; $\Delta U_{0пуск}$ и сравнение с допустимыми величинами допустимой потери напряжения. Результаты сводятся в таблицу.
- 8. Проверка по термической стойкости к токам к.з.
- принимается путем сравнения $I_{дл. доп.}$ проводника и номинального тока защитного аппарата:

$$I_{дл. доп.} > I_{ном. аппарата} (6)$$

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

- 9. Проверка проводников на соответствие выбранному аппарату защиты:
- выбранные проводники должны иметь **Idл. доп.** выше чем ток тепловой защиты или защиты от перегрузки:
 - **Idл. доп. > It.з.(пер. или пл. вставки)**
- **Выбор кабелей для сети НН.**
- 1. При выборе кабелей для прокладки в рудниках учитывается: категория предприятия – опасна ли шахта (рудник) по газу и пыли, соответственно учитываются требования.

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

- 1. Для питания какого потребителя и по каким выработкам прокладывается кабель (учитываются требования).
- 2. Соответствует ли класс напряжения самого кабеля (есть кабели до 500В, 660В, 1000В...) номинальному напряжению сети.
- 3. Соответствует ли конструкция кабеля требованием ПУЭ. По современным требованиям **нулевая и заземляющая жила должна быть одного сечения с фазными жилами** (кроме гибких кабелей).
- 4. Соответствует ли выбор кабеля требованиям по механической прочности.

Выбор кабелей для питания потребителей подземного рудника

- Для питающих самоходную технику и передвижные приемники кабелей существуют следующие особенности выбора. Должен применяться гибкий медный кабель (особо-гибкий для предприятий опасных по газу и пыли) в резиновой или пластиковой (полипропиленовой) оболочках (только в резиновой для предприятий опасных по газу и пыли).
- Сечение кабеля должно быть не менее 16 мм².
- Кабель должен иметь 4-хжильную конструкцию (3 фазы и земля). Для предприятий опасных по газу и пыли 5 – и больше жильную конструкцию (3 фазы, земля, жилы управления и сигнализации).

Особенности выбора кабеля для питания самоходной техники

- Для предприятий опасных по газу и пыли кроме оболочки должен быть экран.
- На рудниках не опасных по газу и пыли, для питания самоходной техники, в последние годы, применяются марки кабеля КПГСН, ККГРПУ.

Самостоятельная работа

- По данным самостоятельной работы по выбору трансформаторных подстанций и дополнительным данным выполнить:
- Расчет и выбор пускозащитных аппаратов.
- Расчет и выбор кабелей сети НН.
- Задание прилагается. Методички по курсовому проектированию и расчету и выбору аппаратов сети НН у вас есть. Дополнительные пособия по выбору кабелей (есть K_c , косинусы ϕ , коэффициенты экономической плотности тока, длительно допустимые токи и сечения кабелей) на ссылках ниже.
- Данные из лекции тоже пригодятся.
- <http://www.masu.edu.ru/fk/biblioteka/posobiya/avtor-01/vybor-ehlektricheskogo-oborudovaniya.pdf>
- <http://www.masu.edu.ru/fk/biblioteka/posobiya/avtor-01/tipovye-zadachi-po-vyboru-secheniya-pr-ovodnikov.pdf>