

Выбор сечения кабеля и провода

Сечение проводов и кабелей определяют, исходя из допустимого нагрева с учетом нормального и аварийного режимов, а также неравномерного распределения токов между отдельными линиями, поскольку нагрев изменяет физические свойства проводника, повышает его сопротивление, увеличивает бесполезный расход электрической энергии на нагрев токопроводящих частей и сокращает срок службы изоляции. Чрезмерный нагрев опасен для изоляции и контактных соединений и может привести к пожару и взрыву.



Выбор сечения кабеля и провода по нагреву

Выбор сечения из условий допустимого нагрева сводится к пользованию соответствующими таблицами длительно допустимых токовых нагрузок I_d при которых токопроводящие жилы нагреваются до предельно допустимой температуры, установленной практикой так, чтобы предупредить преждевременный износ изоляции, гарантировать надежный контакт в местах соединения проводников и устранить различные аварийные ситуации, что наблюдается при $I_d \geq I_p$, I_p - расчетный ток нагрузки.

Периодические нагрузки повторно-кратковременного режима при выборе сечения кабеля пересчитывают на приведенный длительный ток

$$I_p = I_{пв} \frac{\sqrt{ПВ}}{0,875},$$

где $I_{пв}$ - ток повторно-кратковременного режима приемника с продолжительностью включения ПВ.



При выборе сечения проводов и кабелей следует иметь в виду, что при одинаковой температуре нагрева допустимая плотность тока токопроводящих жил большего сечения должна быть меньше, так как увеличение сечения их происходит в большей степени, чем растет охлаждающая поверхность (смотрите рис. 1). По этой причине часто с целью

экономии цветных металлов вместо одного кабеля большего сечения выбирают два или несколько кабелей меньшего сечения.

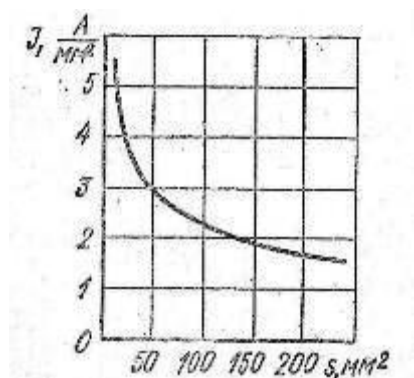


Рис 1. График зависимости допустимой плотности тока от сечения медных жил открыто проложенного трехжильного кабеля на напряжение 6 кВ с бумажной пропитанной изоляцией, нагретых током до температуры +65°C при температуре воздуха +25 °C.

При окончательном **выборе сечения проводов и кабелей из условия допустимого нагрева** по соответствующим таблицам необходимо учитывать не только **расчетный ток линии, но и способ прокладки ее, материал проводников и температуру окружающей среды.**

Кабельные линии на напряжение выше 1000 В, выбранные по условиям допустимого нагрева длительным током, проверяют еще на нагрев токами короткого замыкания. В случае превышения температуры медных и алюминиевых жил кабелей с бумажной пропитанной изоляцией напряжением до 10 кВ свыше 200 °C, а кабелей на напряжения 35 - 220 кВ свыше 125 °C сечение их соответственно увеличивают.

Сечение жил проводов и кабелей сетей внутреннего электроснабжения напряжением до 1000 В согласуют с коммутационными возможностями аппаратов защиты линий - плавких предохранителей и автоматических выключателей - так, чтобы оправдывалось неравенство $I_d / I_z \leq k_z$, где k_z - кратность допустимого длительного тока проводника по отношению к номинальному току или току срабатывания аппарата защиты I_z (из ПУЭ). Несоблюдение приведенного неравенства вынуждает выбранное сечение жил соответственно увеличить.

Выбор сечения кабелей и проводов по потере напряжения

Сечение кабелей и проводов, выбранное из условий нагрева и согласованное о коммутационными возможностями аппаратов защиты, нужно проверять на **относительную линейную потерю напряжения.**



$$\Delta U = \frac{U - U_{\text{НОМ}}}{U_{\text{НОМ}}} \cdot 100,$$

где U — напряжение источника электрической энергии, $U_{\text{НОМ}}$ - напряжение в месте присоединения приемника.

Допустимое отклонение напряжения на зажимах двигателей от номинального не должно превышать $\pm 5\%$, а в отдельных случаях оно может достигать $+10\%$.

В осветительных сетях снижение напряжения у наиболее удаленных ламп внутреннего рабочего освещения и прожекторных установок наружного освещения не должно превышать $2,5\%$ номинального напряжения ламп, у ламп наружного и аварийного освещения — 5% , а в сетях напряжением $12..42\text{ В}$ — 10% . Больше снижение напряжения приводит к существенному уменьшению освещенности рабочих мест, вызывает снижение производительности труда и может привести к условиям, при которых зажигание газоразрядных ламп не гарантировано. Наибольшее напряжение на лампах, как правило, не должно превышать 105% его номинального значения.

Повышение напряжения сетей внутреннего электроснабжения выше предусмотренного нормами не допустимо, так как оно приводит к существенному увеличению расхода электрической энергии, сокращению срока службы силового и осветительного электрооборудования, а иногда к снижению качества выпускаемой продукции.

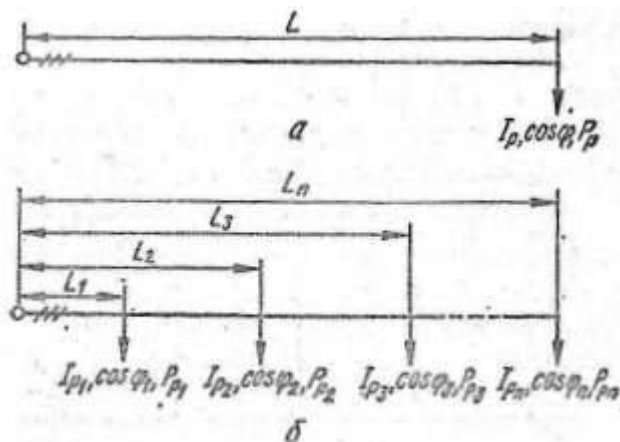


Рис. 2. Расчет потери напряжения в трехфазной трехпроводной линии при выборе сечения кабелей и проводов: а - с одной нагрузкой на конце линии, б - с несколькими распределенными нагрузками.

Проверку сечения проводников трехфазной трехпроводной линии с одной нагрузкой в конце ее (рис. 2, а), характеризуемой расчетным током I_p и коэффициентом мощности $\cos \phi$ на относительную линейную потерю напряжения, выполняют так:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 100}{U_{\text{НОМ}}} (R_0 \cos \varphi + X_0 \sin \varphi) I_p L = \frac{10^5}{U^2} (R_0 + X_0 \operatorname{tg} \varphi) P_p L,$$

где $U_{\text{НОМ}}$ — номинальное линейное напряжение сети, В, R_0 и X_0 — соответственно активное и индуктивное сопротивление одного километра линии, выбираемое из справочных таблиц, Ом / км, P_p — расчетная активная мощность нагрузки, кВт, L — длина линии, км.

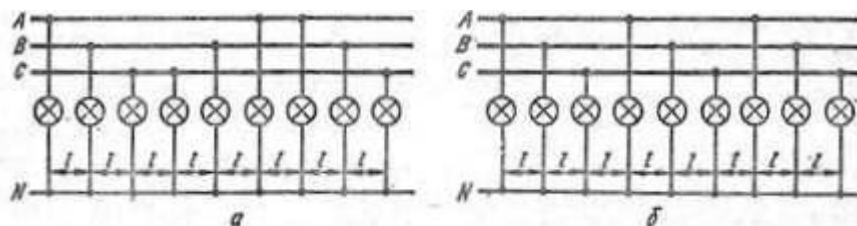
Для неразветвленной магистральной трехфазной трехпроводной линии постоянного сечения, несущей распределенные вдоль нее нагрузки с расчетными токами $I_{p1}, I_{p2}, \dots, I_{pn}$ и соответствующими коэффициентами мощности $\cos \varphi_1, \cos \varphi_2, \dots, \cos \varphi_n$, удаленными от источника питания на расстояния L_1, L_2, \dots, L_n (рис. 2, б), относительная линейная потеря напряжения до наиболее удаленного приемника:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 100}{U_{\text{НОМ}}} \sum_{i=1}^{i=n} (R_0 \cos \varphi_i + X_0 \sin \varphi_i) I_{pi} L_i = \frac{10^5}{U_{\text{НОМ}}^2} \sum_{i=1}^{i=n} (R_0 + X_0 \operatorname{tg} \varphi_i) P_{pi} L_i,$$

где P_{pi} активная мощность — расчетная i -й нагрузки, удаленной от источника питания на расстояние L_i .

Если расчетная относительная потеря напряжения dU получится выше допустимой нормами, приходится выбранное сечение увеличить с тем, чтобы обеспечить нормируемое значение этой величины.

При небольших сечениях проводов и кабелей индуктивным сопротивлением X_0 можно пренебречь, что существенно упрощает соответствующие вычисления. в трехфазных трехпроводных распределительных сетях наружного освещения отличающихся значительной протяженностью, следует обращать внимание на правильное включение равноудаленных светильников, ибо в противном случае **потери напряжения** распределяются по фазам неравномерно и могут достигнуть нескольких десятков процентов по отношению к номинальному напряжению.



Схемы включения равноудаленных светильников наружного освещения: а - правильная, б -

неправильная

Выбор сечения кабеля по экономической плотности тока

Выбор сечения проводов и кабелей без учета экономических факторов может привести к значительным потерям электрической энергии в линиях и существенному возрастанию эксплуатационных расходов. По этой причине сечение проводников электрических сетей внутреннего электроснабжения значительной протяженности, а также сетей, работающих с большим числом часов использования максимума нагрузки $T_{\max} > 4000$ ч - должно быть не менее отвечающего **рекомендованной экономической плотности тока**, устанавливающей оптимальное соотношение между капитальными затратами и эксплуатационными расходами, которое определяют так:

$$s_{э} = I_p / J_{э}$$

где I_p — расчетный ток линии без учета повышения нагрузки при авариях и ремонтах, $J_{э}$ — экономическая плотность тока из расчета окупаемости капитальных затрат в течение 8 - 10 лет.

Расчетное экономическое сечение округляют до ближайшего стандартного и, если оно окажется свыше 150 мм^2 , одну кабельную линию заменяют двумя или несколькими кабелями с суммарным сечением, соответствующим экономическому. Применять кабели с малоизменяющейся нагрузкой сечением менее 50 мм^2 не рекомендуется.



Сечение кабелей и проводов напряжением до 1000 В при числе часов использования максимума нагрузки $T_{\max} < 4000 \dots 5000$ ч и все ответвления к приемникам того же напряжения, электрических сетей осветительных установок, временных сооружений и сооружений с малым сроком службы до 3 - 5 лет по экономической плотности тока не выбирают.

В трехфазных четырехпроводных сетях сечение нейтрального провода не рассчитывают, а принимают не менее 50% от сечения, выбранного для главных проводов, а в сетях, питающих газоразрядные лампы, вызывающие появление высших гармоник тока, такое же, как и главных проводов.