

### Рекомендации по компоновке (сборке), монтажу распределительных электрических щитов (шкафов, боксов), подключению кабелей/проводов

1. Первая задача, которую нужно решить на подготовительном этапе – правильно, рационально и эффективно подвести к проектному месту установки распределительного щита кабель/кабели питания, - в зависимости от количества вводов (вводных кабелей или «входящих»), а также гораздо больший по объему пучок кабелей групповых линий энергопотребителей (распределяющих «отходящих» кабелей). Кабели следует подводить с гарантированным запасом в 1-1,5 м. (на случай некоторого смещения места монтажа щита) и с учетом на прокладку внутри шкафа, на подключение кабелей. При открытой установке распределительных щитов (настенный монтаж навесных шкафов/боксов), особенно вне электрощитовых, в помещениях, доступных неквалифицированному персоналу – кабели целесообразно подводить в электротехнических коробах или металлических лотках, закрытых защитными крышками (если нет возможности скрытой, внутристенной прокладки) или в легкой гофрированной трубе в пространстве за подшивными (фальш-) стенами, - при внутристенном, скрытом заводе кабелей. При скрытой установке распределительных щитов (внутристенный монтаж встраиваемых шкафов/боксов) – кабели целесообразно подводить в легкой гофрированной трубе в пространстве за подшивными (фальш-) стенами (перегородками). При любом варианте завода кабелей – кабели в шкаф целесообразно заводят единым пучком, с одной стороны (если позволяют условия) или с двух сторон.



На снимках слева: Варианты завода кабелей в щиты (материал для критического анализа).

Справка. Чтобы правильно спланировать место ввода кабельных пучков в распределительный щит (шкаф), необходимо заранее изучить конструкцию данного распределительного щита, - уточнить место расположения в щите уплотнительных кабельных сальниковых панелей или вводниц (служащих для обеспе-

чения пылевлагозащищенного ввода кабелей в щит). В зависимости от реализуемой степени защиты, сальниковые панели маркируются: IP30, IP55 и т.д. Сальниковые панели конструктивно могут выполняться с разметкой вырезов (разметка для выбивания отверстий на пластиковых сальниковых панелях, или выштамповка, облегчает проделывание отверстий для кабелей).



На снимках слева: Варианты выполнения сальниковых вводов в щитах (и мини-щитках) «Hager».

Для ввода кабелей питания (вводных кабелей или «входящих») могут применяться верхние панели с вмонтированными сальниковыми вводами или вводницами.

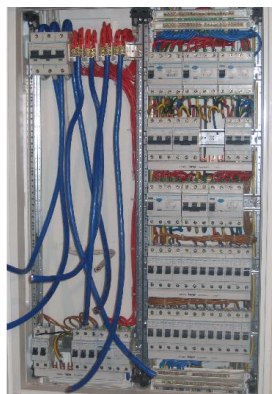
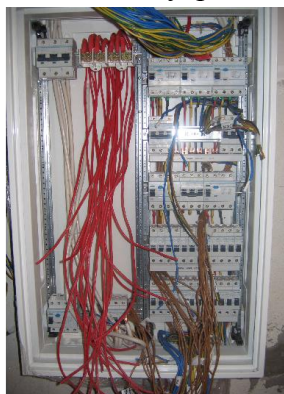
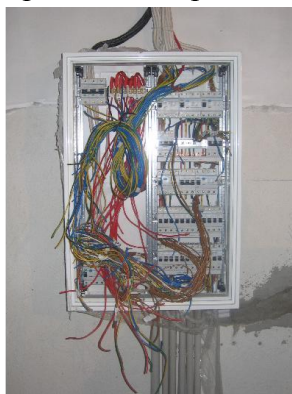
Примечание: профессиональные сборщики рас-

пределительных щитов рекомендуют при необходимости установки щитов в помещениях с повышенной влажностью (во «влажных» и «сырых» помещениях – согласно «ПУЭ», гл. 1.1, 7-е изд.,

п.п. 1.1.7, 1.1.8) ввод в щит всех кабелей производить только снизу – для избежания попадания влаги внутрь щита при снятии сальника или кабельного ввода.

2. **Вторая задача**, которую нужно решить на подготовительном этапе – грамотно завести в шкаф распределяющие «отходящие» кабели, уделив первостепенное внимание их правильной маркировке. Разделайте все кабели: снимите верхнюю оболочку (на 150-250 мм. или более) и разделите на жилы. Сразу подписывайте (маркируйте) и кабель в целом, у основания, и жилы кабеля (например, при предварительной, рабочей маркировке удобно надевать на провод кембрик светлого цвета или трубку от того же провода, маркером подписывать).

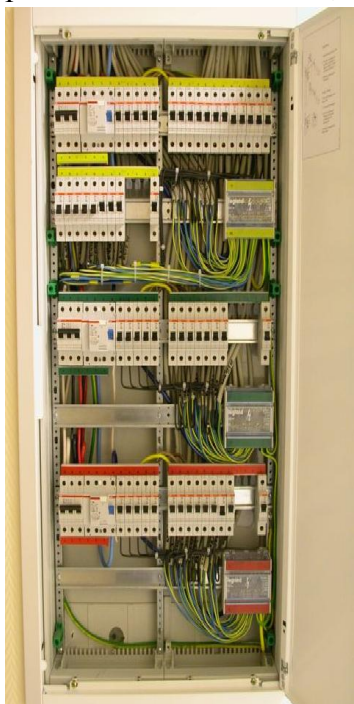
Все специалисты, занимающиеся сборкой и монтажом электрощитов, советуют при вводе и прокладке кабелей внутри щита, - обязательно делать запас кабеля!



На фото слева: Рабочие моменты разводки и расключения кабелей в щите.

Следует обратить внимание, что для грамотной, качественной и быстрой прокладки кабелей/проводов внутри корпуса щита/шкафа предусмотрено достаточное количество аксессуаров: перекладины

для крепления кабелей в отсеке кабельной сборки; крепления для вертикальных и/или горизонтальных кабелей (см. фото внизу); крышки креплений для вертикальных и/или горизонтальных кабелей;



кабельные каналы (самоклеющиеся и на держателях); гибкие кабельные каналы для подвода кабелей к двери; провода соединения с корпусом (служат для заземления двери шкафа или кабельного канала с установленной на них аппаратурой, рамочного держателя монтажной платы с установленной на ней аппаратурой). Все доступные прикосновению открытые проводящие части щитов и их конструктивные элементы для установки аппаратов, которые могут оказаться под напряжением (в т.ч. дверца щита, если на дверце закреплены аппараты на напряжение, превышающее безопасное!), должны иметь надежную электрическую связь с зажимом для присоединения нулевого защитного проводника «РЕ» или «PEN»-проводников питающей цепи.

Справка. Для дверей, заглушек и подобных деталей обычные металлические винтовые и шарнирные соединения считают достаточным для обеспечения непрерывности цепи защиты при условии, если на них не закреплено никакой электрической аппаратуры

(ГОСТ Р 51321.1-2000, п. 2.6.4).

Отверстия в кабельных вводах, заглушках и тому подобных элементах должны выполняться так, чтобы при правильной прокладке кабелей обеспечивались установленные меры защиты от прикосновения к токоведущим частям и не нарушалась степень защиты оболочки (ГОСТ 22789-94, п. 7.4.3.1.5).

Совмещенный нулевой защитный и рабочий проводник «PEN», нулевой защитный «РЕ» и нулевой рабочий «N» проводники должны различаться цветом (ГОСТ Р 51778-2001, п. 6.7.8). Цвета проводников — по ГОСТ Р 50462-92, п. 3.2.2: Совмещенный нулевой рабочий и нулевой защитный проводник («PEN»-проводник) обозначают одним из следующих способов:

- зелено-желтым цветом по всей длине и светло-голубым на концах;
- светло-голубым цветом по всей длине и зелено-желтым на концах.



Нулевые защитные проводники «РЕ» должны иметь зелено-желтый цвет, нулевые рабочие проводники «N» — голубой.

Справка. 1. Цветовая идентификация жил кабелей, изолированных поливинилхлоридным пластиком или изолированных резиной:

- трехжильный кабель: голубой, черный, коричневый либо комбинация зеленого и желтого (нулевой защитный проводник), голубой, черный;
- четырёхжильный кабель (включая нулевой защитный проводник): комбинация зеленого и желтого (нулевой защитный проводник), голубой, черный, коричневый.



2. Цветовая идентификация трех одножильных кабелей черного цвета в одном комплекте:

- один кабель с меткой голубого цвета;
- один кабель без метки или с меткой черного цвета;
- один кабель с меткой коричневого цвета.

3. Цветовая идентификация проводников по функциональному назначению цепей, в которых используют (согласно ГОСТ 12.2.007.0):

- для проводников в силовых цепях - черный;
- для проводников в цепях управления, измерения и сигнализации переменного тока - красный;
- для проводников в цепях управления, измерения и сигнализации постоянного тока - синий;
- для нулевых защитных проводников - комбинация зеленого и желтого;
- для проводников, соединенных с нулевым рабочим проводником и не предназначенных для заземления, - голубой.

Общие требования по маркировке кабелей (проводов) в электроустановке следующие («ПУЭ», гл. 2.3, 6-е изд., с изменениями 1998 г, п. 2.3.23; «СНиП 3.05.06-85», п.п. 3.2.2, 3.103-3.105).

Каждая кабельная линия должна быть промаркирована и иметь свой номер (по кабельному журналу) или наименование. На открыто проложенных кабелях и на кабельных муфтах должны быть установлены бирки. Если кабельная линия состоит из нескольких параллельных кабелей, то каждый из них должен иметь тот же номер с добавлением букв А, Б, В и т.д.

Как правило, для обозначения силовых кабельных линий (до 1000 В) используются квадратные бирки, для высоковольтных силовых кабельных линий (выше 1000 В) – круглые бирки, для контрольных кабельных линий – треугольные бирки.

Провода и кабели, прокладываемые в коробах и на лотках, должны иметь маркировку (бирки) в начале и конце лотков и коробов (не реже, чем через каждые 50 метров), а также в местах подключения их к электрооборудованию, на поворотах трассы и на ответвлениях.

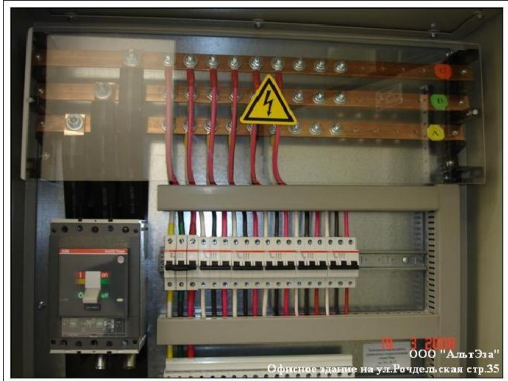
На открыто проложенных кабелях бирки должны быть установлены: **а)** в начале и конце лотков и коробов, а также в местах подключения их к электрооборудованию; на кабелях, проложенных открыто в кабельных сооружениях – не реже, чем через каждые 50 метров; **б)** в местах изменения направления трассы; **в)** с обеих сторон проходов через междуэтажные перекрытия, стены и перегородки; **г)** в местах ввода (вывода) кабеля в траншеи и кабельные сооружения. На скрыто проложенных кабелях в трубах или блоках бирки следует устанавливать на конечных пунктах у концевых муфт, в колодцах и камерах блочной канализации, а также у каждой соединительной муфты.

На бирке кабелей и концевых муфт указывается (на одной или на двух сторонах): проектное обозначение кабельной линии (из кабельного журнала), марка кабеля/провода и сечение (из кабельного журнала), напряжение (из кабельного журнала), начало и конец кабельной линии (из кабельного журнала), фактическая длина кабельной линии – по результатам фактической прокладки («ПУЭ», Гл. 2.3, п. 2.3.23; «ПТЭЭП-2003», Гл. 2, п. 2.4.5). Например, опытными монтажниками предлагается такой вариант маркировки: на

лицевой стороне бирки: проектное обозначение, напряжение, откуда и куда идет; на обратной стороне бирки: марка кабеля/провода, количество жил, сечение, длина.

На бирке соединительных муфт указывается: номер муфты и дата монтажа (число, месяц, год).

Бирки следует применять: в сухих помещениях - из пластмассы, стали или алюминия; в сырых помещениях, вне зданий и в земле - из пластмассы («ПУЭ», Гл. 2.3, п. 2.3.23; СНиП 3.05.06-85, Гл. 3, п.п. 3.103-3.105). Бирки должны быть закреплены на кабелях капроновой нитью или оцинкованной стальной проволокой диаметром 1-2 мм., или пластмассовой лентой с кнопкой.



На снимке слева: Вариант монтажа и маркировки силовых шин.

По завершении рабочей маркировки кабелей, - объедините жилы по назначению: в одном пучке – фазные проводники, в других - рабочие «нули» и защитные «нули», если применяется УЗО – для этих линий подвяжите рабочий «ноль» вместе с «фазой». Плотно свяжите эти три кабельные связки («косы»), при этом удобно пользоваться специальными пластиковыми хомутами (стяжками). Пучки проводов следует укладывать ближе к местам, где они будут подключаться.

3. На этом подготовительный этап завершен. Далее следует монтировать DIN-рейки, на DIN-рейки устанавливать проектное оборудование (устройства защиты и управления). Монтировать «нулевые» клемники.

Вне зависимости от размеров, видов исполнения щита и пр. конструктивных элементов, в любом щите должны быть предусмотрены следующие виды контактных зажимов для присоединения внешних проводников: **а) вводные зажимы** для присоединения фазных проводников питающей цепи (при отсутствии аппарата на вводе щита); **б) зажимы** для присоединения нулевых рабочих проводников “N” питающей и групповых цепей; **в) зажимы** для присоединения нулевых защитных проводников “PE” или “PEN”-проводников питающей цепи и проводников “PE” групповых цепей (ГОСТ Р 51778-2001, п. 6.3.1).

Вводные зажимы (по пункту а) должны обеспечивать независимое присоединение двух проводников питающей цепи на ступень большего сечения, которое соответствует номинальному току щита, а также возможность присоединения к ним проводников внутренних цепей (ГОСТ Р 51778-2001, п. 6.3.5). Зажимы для нулевых рабочих проводников “N” и нулевых защитных проводников “PE” групповых цепей должны обеспечивать присоединение одного проводника того же сечения, что и зажимы выводов защитных аппаратов этих цепей (ГОСТ Р 51778-2001, п. 6.3.6).

Справка. Перед монтажом распределительного щита (шкафа) целесообразно убедиться, что предлагаемый проектом щит конструктивно и по техническому исполнению (по значению номинальных токов щита) соответствует значениям номинального тока вводного аппарата и номинальных рабочих токов защитных аппаратов групповых цепей (ГОСТ Р 51778-2001, п. 5.3). Проще говоря, - убедиться, что щит соответствует параметрам электроустановки (это важно, прежде всего, в части шин «PE» и «N», если они входят в штатную комплектацию щита).

Справка. Нулевой рабочий проводник (N) – проводник, соединенный с нейтральной точкой сети, и который может быть использован для передачи электрической энергии (ГОСТ Р 51321.1-2000, п. 2.6.4).

Справка. Нулевой защитный проводник (PE) – проводник, необходимость которого определена мерами защиты от поражения электрическим током, для электрического соединения со следующими частями: открытыми проводящими частями; сторонними проводящими частями; главным заземляющим зажимом; заземлителем; заземленной точкой источника питания или искусственной нейтралью (ГОСТ Р 51321.1-2000, п. 2.6.3).

Шина «PE» должна быть правильно рассчитана и надежно закреплена в распределительном щите, чтобы выдерживать тепловые и электрические нагрузки, вызванные током короткого замыкания. Шина заземления – заземляющая шина определенного сечения и определенной полезной длины, на которую крепятся клеммы: туннельные, пружинные, винтовые). Шины заземления по длине лучше заказывать «с запасом» (иначе, может не

хватить). Необходимо обеспечить доступность шины «РЕ» для выполнения подсоединений.

Справка. Шина – проводник с низким сопротивлением, к которому можно подсоединить несколько отдельных электрических цепей (ГОСТ Р 51321.1-2000, п. 2.1.4).

Некоторые специалисты рекомендуют заземляющий и нулевой клеммники (шинки), по возможности, размещать ближе к двери щита, зажимными болтами наружу (так легче подключать-отключать будет впоследствии).



На снимке слева: Вариант монтажа шинки «РЕ»/«N» в щитках «Hager».

Справка. Для расчета сечения шины «РЕ» можно воспользоваться формулой, указанной в ГОСТ Р 51321.1-2000 (МЭК 60439-1), - однако, это функция проектировщика электроустановки. Электромонтажнику (при отсутствии указанных данных в материалах проекта, или для проверки этих данных) лучше воспользоваться каталогами электрооборудования (конкретных производителей, на оборудовании которых собирается распределительный щит): в них указаны сечения шины «РЕ» в зависимости от тока короткого замыкания

(I<sub>сс</sub>) и типа аппарата.


Минимальное сечение защитных проводников («РЕ») в распределительном щите должно определяться по «ПУЭ», гл. 1.7, 7-е изд., п. 1.7.126 (табл. 1.7.5), например: а) при сечении фазного проводника  $S \leq 16$  кв.мм., - сечение проводника «РЕ» = S; б) при  $16 < S \leq 35$  кв.мм., - сечение проводника «РЕ» = 16 кв.мм.; в) при  $35 < S$  - сечение проводника «РЕ» = S/2. Следует учитывать, что в более раннем нормативно-техническом документе - ГОСТ 22789-94, п. 7.4.3.1.7, табл. 4, содержатся несколько другие цифры. В данном случае руководствуемся главным документом – «ПУЭ», с более жесткими требованиями.

При монтаже шин «РЕ», «N», «PEN» следует руководствоваться следующими требованиями ГОСТ Р 51778-01. Распределительные щиты классифицируются по способу защиты от поражения электрическим током на классы I и II по ГОСТ Р МЭК 536-94 (ГОСТ Р 51778-01, п. 4.1).

Справка. Оборудование класса I – в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается основной изоляцией и соединением открытых проводящих частей, доступных прикосновению, с защитным проводником стационарной проводки. В этом случае открытые проводящие части, доступные прикосновению, не могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции после срабатывания соответствующей защиты (ГОСТ Р МЭК 536-94, п. 3.2).


В щитах класса I зажимы для присоединения нулевых рабочих проводников «N» должны быть изолированы от проводящего корпуса, а зажимы «РЕ» (или «PEN») проводников – электрически соединены с ним (ГОСТ Р 51778-01, п. 6.3.2).

Справка. Оборудование класса II – в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается применением двойной или усиленной изоляции. В оборудовании класса II отсутствуют средства защитного заземления и защитные свойства окружающей среды (такие как, воздух, изоляция пола и т.п.) не используются в качестве меры обеспечения безопасности.

Класс защиты щитов (щитков, боксов) указывается в технической документации на конкретный тип щита. На паспортной табличке щитов класса II должен быть нанесен знак , означающий защиту от поражения электрическим током при помощи двойной или усиленной изоляции.

В щитах класса II зажимы «РЕ» (или «PEN») проводников должны быть изолированы от проводящего корпуса (ГОСТ Р 51778-01, п. 6.3.3).

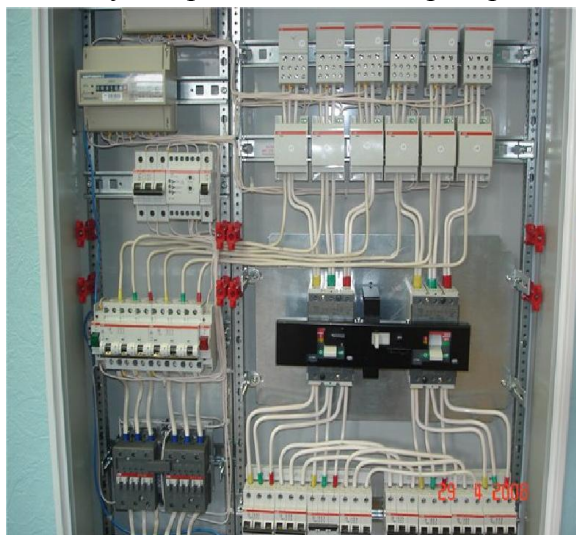
Шина «N» (шина зануления) реализуется путем установки изолирующих стоек под шину заземления.

Зажимы для присоединения защитных «РЕ»- или «PEN»-проводников питающих сетей должны иметь маркировку знаком заземления  (ГОСТ Р 51732-2001, п. 6.4.7).

Примечание: В некоторых случаях, когда ток нейтрального проводника может достигать высоких значений, например, в больших люминесцентных осветительных установках, 3-фазных сетях, питающих телекоммуникационное оборудование, может возникнуть необходимость в применении нейтрального проводника той же токопроводящей способности, что и фазные провода (ГОСТ 22789-94, п. 7.1.3.4).



4. Расположение устройств защиты и управления на DIN-рейках и/или монтажных платах (так называемое внутреннее секционирование) – решением монтажника электрощита (если в рабочем проекте на электроустановку вопрос компоновки распределительных щитов не проработан!). Обычно,

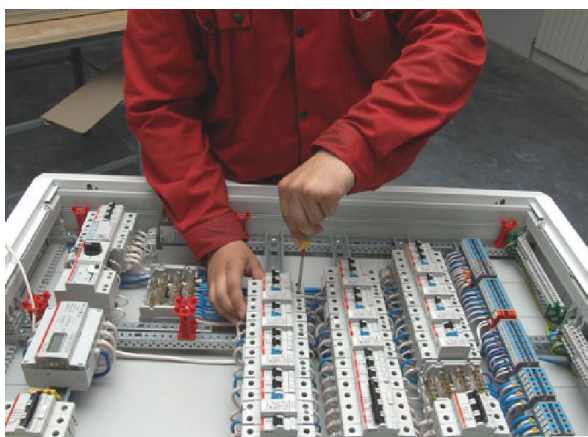


левый верхний – вводной автоматический выключатель (или рубильник/выключатель нагрузки), далее идут самые мощные электроприемники и УЗО, потом прочие. Главный принцип грамотного секционирования оборудования в щите – чтобы было удобно монтировать и в дальнейшем эксплуатировать щит.

Размеры DIN-рейки (Ш\*Г\*Д): 35 мм. \* 7,5 или 15 мм. \* XXX мм. (стандартная длина DIN-рейки - 6 или 12 однофазных посадочных мест, реже 18 или 24. В соответствии со стандартами, принятыми у отдельных производителей, длины рейки может составлять 175, 215, 260, 300, 600 мм. и т.п. и т.д.). Автоматы отходящих линий подключаются к распределительным шинам или кросс-модулям и соединяются специальной гребенкой.

*Справка.* При использовании кросс-модулей (обычно до  $I_n=125\text{ A}$ ) необходимо учитывать величину тока короткого замыкания устройства. Выбор распределительного кросс-модуля с током  $I_n=125\text{ A}$ , оправдан, если величина тока короткого замыкания не превышает  $I_{кз}=4,5\text{ кА}$ , при величине  $I_{кз}$  более высоких значений, необходимо использовать кросс-модули более высоких номиналов (по  $I_{кз}$ ) или предусматривать распределительный шинопровод. При подключении ряда коммутационных приборов и аппаратов защиты с помощью гребёнки, так же необходимо учитывать её токовые характеристики, и при использовании гребёнок с током близким к номинальному, выполнять подключение через два ввода (с разных сторон гребёнки). Учитывая, что расчет токов короткого замыкания в электроустановке и их влияние на электроустановку – функция проектной организации, вышеуказанная информация представляется в справочном формате.

Если автоматические выключатели располагаются в несколько рядов, удобнее гребенка типа "ласточкин хвост", но не ко всем автоматическим выключателям она подходит. Если в щите есть другие установочные устройства (электрический счетчик, реле,



контакторы или пускатели, соединительные коробки и пр.), подключить все это можно и потом, но провода для них целесообразно прокладывать сразу. Это относится и к проводам к двум нулевым клеммам.

*Справка.* Для обеспечения полной безопасности коммутационная аппаратура устанавливается за защитной передней панелью, при этом снаружи остается только рукоятка управления. Перед началом монтажа вводного аппарата и отходящих устройств – убедитесь в наличии необходимых аксессуаров для монтажа: комплектующих для подключения, монтажных плат и передних панелей, комплектующих для

подсоединения к силовым шинам и пр.



Подсоединять лучше начать с самых толстых и жестких проводов. Удобнее начать с нулевых клеммников, потом подсоединять фазы. Подводите и закрепляете ваш пучок кабелей/проводов, откусываете по длине, зачищаете по размеру, надеваете кембрик и зажимаете. Кембрик позволяет сделать надпись или просто цифру (и украшает общую картину кабельного подключения). Делать надписи хорошо специальными чернилами, но можно и маркером (остерегайтесь использовать маркеры с выгорающими или обесцвечивающимися чернилами, - это постигается с опытом).

Подключать начинайте с дальней клеммы от прихода кабельной «косы». Потом таким же образом подключаете фазы, здесь подписывать обязательно.

*Справка. Подключать кабели («ввод») следует к верхним неподвижным контактам (зажимам) автоматических выключателей, выводить кабели («вывод») следует с нижних подвижных контактов (зажимов) автоматических выключателей (ГОСТ 22789-94, п. 7.8.3.2).*

*К одному контактному зажиму допускается подключать не более 2-х проводников (ГОСТ 22789-94, п. 7.8.3.7). При этом, некоторые специалисты утверждают: два провода зажимаются бесппроблемно, если они одного сечения. Другие рекомендации: чтобы надежно зажать в одной клемме аппарата защиты и управления два провода (одинакового или разного сечения - неважно) нужно либо использовать плоские наконечники, либо на концах жилы (имеется в виду – жесткую однопроволочную жилу!), где-то на 10 мм., загибать и складывать вдвое. То есть получается нечто, вроде плоской колодки.*

5. В распределительных щитах (по согласованию с Заказчиком) целесообразно предусмотреть 10-15% резерв по основному оборудованию (резервные устройства защиты и управления) и 15-20% резерв по месту для установки оборудования. Данная задача должна реализоваться проектной организацией на этапе выбора оборудования для электроустановки и составления спецификации материалов и оборудования по проекту.



6. Во всех распределительных щитах на внутренних сторонах дверей (или в других местах, удобных для обозрения, - в случаях с прозрачными дверцами) должны быть закреплены исполнительные (эксплуатационные) однолинейные расчетные схемы (электрические схемы), заверенные подписью ответственного должностного лица монтажной организации: прорабом или бригадиром («ПУЭ», 7-е издание, Гл. 4.1, п. 4.1.3; ГОСТ Р 51732-2001, п. 6.2.34; ГОСТ Р 51778-2001, п. 6.2.25). На внешней стороне дверей распределительных щитов должен быть нанесен предупреждающий знак (треугольный) «**Осторожно! Электрическое напряжение!**» по ГОСТ 12.4.026-2001 (ГОСТ Р 51732-2001, п. 6.7.12).

*Справка. В распределительных щитах, размещаемых вне электрощитовых помещений, двери должны запираяться на ключ (ГОСТ Р 51732-2001, п. 6.2.27).*



7. Аппараты и комплектующие элементы распределительных щитов должны иметь маркировку в соответствии с электрической схемой. Маркировка должна быть доступной для чтения и может выполняться на корпусах аппаратов и комплектующих элементах или рядом с ними (ГОСТ Р 51732-2001, п. 6.5.16; ГОСТ Р 51778-2001, п. 6.2.25).

На снимке вверху слева: Вариант прозрачных защитных покрытий для надписей, вариант полосы для надписей.



Панель, предназначенная для присоединения противопожарных средств, должна иметь боковые стенки для локализации установленной в ней аппаратуры, а ее фасадная часть должна быть окрашена в **красный цвет** (ГОСТ Р 51732-2001, п. 6.2.30).

Проводники внутренних цепей в распределительных щитах должны иметь маркировку в соответствии с электриче-



ской схемой. Эти обозначения следует наносить на концах проводников (ГОСТ Р 51778-2001, п. 6.7.7). Маркировка проводника должна быть выполнена так, чтобы при отсоединении проводника от зажима она сохранялась бы на замаркированном проводнике (ГОСТ 12.2.007.0-75\*, п. 3.9.4).

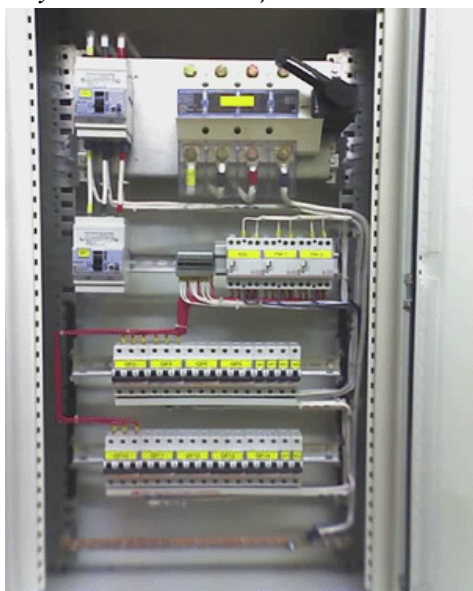
8. Для внутренних цепей распределительных щитов должны применяться медные изолированные кабели/провода и/или шины. Сечение проводников для внутренних цепей следует определять в соответствии с «ПУЭ», гл. 1.3, 6-е изд., табл. 1.3.4 и ГОСТ Р 51778-2001, приложение Г, исходя из наибольших значений токов, которые могут протекать по ним в процессе эксплуатации щитов, не превосходя установленных значений превышения их температуры (согласно ГОСТ Р 51778-2001, п. 6.8.1).

Справка. Независимо от структуры токопроводящей медной жилы (однопроволочная или многопроволочная), различных условий прокладки проводов (одиночными проводами или пучками, открыто или в кабель-каналах), предлагается к применению при монтаже распределительных щитов следующая сводная таблица соответствия минимального сечения проводника для внутренних цепей исходя из номинальных значений протекающих по ним токов:

| Ток, номинальный (А) | Медный проводник, сечение (мм. кв.) |
|----------------------|-------------------------------------|
| до 16                | 1,5                                 |
| 20                   | 2,5                                 |
| 25                   | 2,5                                 |
| 32                   | 4                                   |
| 40                   | 6                                   |
| 63                   | 10                                  |
| 80                   | 16                                  |
| 100                  | 25                                  |
| 125                  | 35                                  |
| 160                  | 50                                  |
| 200                  | 70                                  |
| 250                  | 95                                  |
| 315                  | 120                                 |
| 400                  | 150                                 |
| 500                  | 185                                 |
| 600                  | 240                                 |

Примечание к таблице. Отдельные ведущие зарубежные производители низковольтных комплектных устройств и электрических распределительных систем («Legrand», «ABB», «Siemens» и другие), руководствуясь национальными и международными стандартами в области электротехники, предлагают свои рекомендации по сечению проводников для внутренних цепей (при сборке щитов полностью из выпускаемого ими оборудования). В данных случаях целесообразно руководствоваться следующим правилом: если в зарубежных аналогах рекомендуются более «жесткие» требования по сечению проводников, по сравнению с «ПУЭ» - можно руководствоваться рекомендациями производителя электрооборудования (если рекомендуются более «мягкие» требования – руководствоваться «ПУЭ»!).

Справка. Компания «Schneider Electric» в «Руководстве по сборке, установке и вводу в эксплуатацию электрических щитов», стр. 46, рекомендует для внутреннего присоединения автоматических выключателей в щите сечения медных кабелей – аналогичные приведенным в вышеуказанной таблице.



При выполнении кабельных соединений в распределительных щитах электромонтажнику необходимо учитывать 3 момента:

- Соблюдать минимальный радиус кривизны кабелей (радиус изгиба), указанный изготовителем, который зависит от типа токопроводящей жилы (медная/алюминиевая, однопроволочная/многопроволочная), сечения жилы, типа изоляции.
- Соблюдать требования производителя оборудования по применению кабельных наконечников при выполнении кабельных соединений, учитывать размер кабельных наконечников.
- Предусмотреть место для крепления кабелей и обеспечить доступ к нему.



Для облегчения электромонтажных работ при сборке распределительных щитов, компания «Schneider Electric» рекомендует соблюдать радиус кривизны, равный 6–8 диаметрам кабеля (*«Руководство по сборке, установке и вводу в эксплуатацию электрических щитов», стр. 10*).

В соответствии с российскими стандартами: минимальный радиус изгиба кабелей при прокладке должен быть не менее: **а) 15 Днар.** – для кабелей с пластмассовой изоляцией в алюминиевой оболочке; **б) 10 Днар.** – для кабелей с пластмассовой изоляцией одножильных; **в) 7,5 Днар.** – для кабелей с пластмассовой изоляцией многожильных, где Днар. – наружный диаметр кабеля, мм. (*ГОСТ 16442-80\* «Кабели силовые с пластмассовой изоляцией. Технические условия», п. 7.7, табл. 20*).

В соответствии с *ГОСТ 10434-82 «Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования»*, для однопроволочных жил (медь, алюминий) разборные контактные соединения проводников с гнездовыми и штыревыми выводами выполняются непосредственным способом; для многопроволочных жил (медь, алюминий) разборные контактные соединения проводников с гнездовыми и штыревыми выводами выполняются как непосредственным способом (если непосредственное соединение указано в техусловиях на конкретный вид электротехнического устройства), так и путем оконцевания медными штифтовыми наконечниками или путем облуживания жил оловянно-свинцовыми припоями (*ГОСТ 10434-82, п. 2.1.8, табл. 5*).

Разборные контактные соединения однопроволочных жил проводов и кабелей с плоскими или штыревыми выводами должны выполняться: **а)** жил сечением до 16 мм<sup>2</sup> - после оконцевания наконечниками или непосредственно: путем формирования в кольцо или без него с предохранением в обоих случаях от выдавливания фасонными шайбами или другими способами; **б)** жил сечением 25 мм<sup>2</sup> и более - после оконцевания наконечниками или путем формирования конца жилы в плоскую зажимную часть с отверстием под болт (*ГОСТ 10434-82, п. 2.1.10*).

Разборные контактные соединения многопроволочных жил проводов и кабелей с плоскими или штыревыми выводами должны выполняться: **а)** жил сечением до 10 мм<sup>2</sup> - после оконцевания наконечниками или непосредственно: путем формирования в кольцо или без него с предохранением в обоих случаях от выдавливания фасонными шайбами, или другими способами; **б)** жил сечением 16 мм<sup>2</sup> и более - после оконцевания наконечниками (*ГОСТ 10434-82, п. 2.1.11*).

Некоторые специалисты рекомендуют применять в качестве соединительных проводов для внутренних цепей не гибкие монтажные провода (многожильные), а жесткие, с монолитной жилой (одножильные), мотивируя это тем, что жесткие проводники лучше держат требуемую форму, смотрятся в смонтированном виде лучше. Целесообразно при компоновке распределительного щита применять для укладки соединительных проводов пластиковые электротехнические перфорированные короба.

*Справка.* Для внутренних присоединений в распределительных щитах, в цепях средней мощности (до 125-200 А, в частности, по рекомендациям отдельных производителей) разрешается применять медный кабель/провод гибкого, жесткого или полугибкого исполнения, с уровнем напряжения изоляции 500 В, 750 В, 1000 В. В цепях большей мощности – рекомендуется применять шины, гибкие шины.

**9. Применение шины «PEN».** Сечение шины «PEN» определяется так же, как и для нейтрального рабочего проводника: **а)** для однофазных цепей или при сечении медных проводников  $\leq 16$  кв.мм., - сечение «PEN» должно быть равным сечению фазных проводников; **б)** для 3-фазных цепей при сечении медных проводников  $> 16$  кв.мм., - сечение «PEN» может быть равным сечению фазных проводников или меньше сечения фазных проводников при выполнении одного из 2-х условий (\* - ток, который может проходить по нейтрали в нормальном режиме, меньше допустимого для данного проводника; \*\* - мощность однофазного электроприемника не превышает 10% суммарной мощности).

Минимальное сечение медного «PEN»-проводника должно быть не менее 10 кв.мм. «PEN»-проводник может не иметь изоляции (*ГОСТ Р 51321.1-2000, п. 7.4.3.1.11*).

*Справка.* PEN-проводник – заземленный проводник, совмещающий выполнение функций нулевого защитного и нулевого рабочего проводников (*ГОСТ Р 51321.1-2000, п. 2.6.5*).

Проводник «PEN» расщепляется только по такой схеме: «PEN» зажимается на «РЕ», а от «РЕ» идет перемычка на «N».

Практические правила применения шины «PEN» (в соответствии с ГОСТ Р 51321.1-2000):

- На входе в распределительный щит точка подсоединения шины «PEN» должна располагаться рядом с точкой подсоединения фаз.
- Если при монтаже шины «PEN» у электромонтажника возникают затруднения при определении класса щита (I или II) по способу защиты от поражения электрическим током (для решения: изолировать или нет шину «PEN» от корпуса) - обратиться за разъяснениями в проектную организацию (к проектировщику электроустановки). *Справка. В НТД нет единых требований по данному вопросу. Так, «ПУЭ», гл. 1.7, 7-е изд., п. 1.7.134 трактует – «Не требуется изолировать шину «PEN» сборных шин низковольтных комплектных устройств».*
- Сечение проводника должно быть, по меньшей мере, равно сечению нейтрали. В основных силовых шинах сечение остается постоянным.
- Переход от схемы «TNC» к схеме «TNS» должен быть выполнен в одной точке щита при помощи промаркированной колодки отделения нейтрали, выполненной съемной для облегчения измерения полного сопротивления петли «фаза-нуль».
- За точкой перехода к схеме «TNS» нельзя «воссоздавать» схему «TNC». Защитный проводник «РЕ» и нулевой рабочий проводник должны отвечать каждый своим требованиям.

*Справка. Сборные шины: Система проводников, соединяемых с блоком ввода и предназначенных для присоединения к ним фазных, нулевых защитных «РЕ» и нулевых рабочих «N» проводников нескольких распределительных и групповых электрических цепей (ГОСТ Р 51732-2001, п. 3.4.8).*

10. Несколько советов профессионального сборщика щитов. Начиная сборку щита с бумаги и карандаша. Рисуи не обязательно в масштабе, учти только, сколько модулей на рейке (стандартная ширина модуля – 17,5 мм., однако, у отдельных производителей – 18,0 мм. Общую длину DIN-рейки делим на ширину одного модуля). Размести на листе автоматы по функциональным группам, в строгой очередности аппаратов защиты и управления (с соблюдением их нумерации) – в соответствии с однолинейной расчетной схемой распределительного щита (**Практически – очень грамотный совет!**). Например, освещение - одна рейка («Панель освещения»), розетки «бытового» контура – вторая рейка («Панель бытовых розеток»), силовые электроприемники – третья рейка и т.д. и т.п. Соедини их по схеме (т.е. соедини аппараты защиты и управления от ввода в щит до конечного потребителя – по потоку энергии!), перекомпоновывая, добейся, чтобы соединения были простыми (по пути наиболее прямых и коротких соединений внутренних цепей в щите). Такое размещение удобно в эксплуатации, но всегда сложно в монтаже. Принцип подключения потребителей в этом случае производится по принципу «Шаг через два» (А-В-С-А-В-С...).

Пока на бумаге не получишь приемлемого варианта, - к монтажу не приступай. По ней (по разработанной схеме компоновки) сделаешь все очень быстро. При монтаже обязательно маркируй «РЕ» и «N» проводники по группам, иначе при наладке будут проблемы.

11. При сборке распределительных щитов рекомендуется использовать специализированный профессиональный инструмент, основой которого является:

- Аккумуляторный шуруповёрт;
- Динамометрический ключ (тарированный) для затяжки узлов соединений с усилием, соответствующим установленному моменту затяжки;
- Резак для проводов (малых и больших сечений);
- Инструмент для снятия изоляции;
- Инструмент для обжима наконечников;
- Штангенциркуль;
- Звуковой тестер («прозвонка»);
- Строительный фен.



## Некоторые практические рекомендации по выполнению отдельных видов работ:

- Для снятия изоляции с кабеля/провода необходимо использовать специальный инструмент (чтобы не повредить отдельные токопроводящие жилы или изоляцию). Длина зачищенной части кабеля/провода зависит то: глубины приемного отверстия кабельного наконечника; глубины обоймы клеммы аппарата.
- В кабельный наконечник многие производители не рекомендуют вводить более одного силового кабеля/провода (хотя, на практике, бывают исключения, - см. п. 4). Все проводочки, составляющие многопроволочную жилу, должны войти в отверстие основания наконечника (рекомендуется использовать кабельные наконечники с открытым основанием, позволяющим контролировать ввод кабеля/провода).

*Справка. Компания “Schneider Electric” в «Руководстве по сборке, установке и вводу в эксплуатацию электрических щитов», стр. 47, рекомендует использовать кабельные наконечники для медных и алюминиевых кабелей/проводов диаметром от 1,5 до 300 кв.мм., адаптированные к аппаратам «Compact» на токи от 100 до 1250 А.*

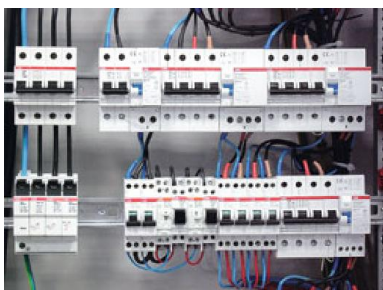
*Справка. При применении распределительных блоков «Multiclip», «Polyblok» производства “Schneider Electric”, затяжка кабеля/провода осуществляется без винта в пружине типа обоймы (каждая обойма может принимать только один проводник, использование кабельных наконечников не допускается). Т.е., зажимы с обоймами “Schneider Electric” разработаны для гибких кабелей без наконечников. Компанией “Schneider Electric” наконечники рекомендуются для гибких кабелей, присоединяемых к зажимам с игольчатым винтом, т.к. существует опасность повреждения жил («Руководство по сборке, установке и вводу в эксплуатацию электрических щитов», стр. 50).*

- Для обжатия наконечника необходимо использовать обжимной инструмент, рекомендуемый производителем наконечников, в соответствии с размером наконечника. Обжатие, выполненное в форме шестигранника, позволяет равномерно распределить усилие сжатия по периметру наконечника (для кабелей сечением более 35 кв.мм. рекомендуется выполнить 2 обжатия на одном основании, для кабелей сечением более 70 кв.мм. – 3 обжатия).
- Как более рационально выполнить изоляцию кабельного наконечника после его опрессовки? Надо применить изолирующую манжету. Она также препятствует



попаданию пыли и влаги к месту опрессовки. Широкий спектр манжет позволяет использовать их для изоляции как медных, так и алюминиевых наконечников. Использование манжет делает электрическое соединение более

безопасным: перекрывается изоляция провода и часть хвостовика наконечника. Оборудование, смонтированное с использованием изолированных манжет, приобретает эстетически завершенный и более профессиональный вид. На снимке слева:



Вариант применения наконечников с манжетами. В левой части – подключение вводного автоматического выключателя (вверху) и ограничителя напряжений «ABB» (внизу).

- Нельзя использовать наконечники повторно, сгибать их, уменьшать в размерах, сверлить.
- Запрещается закреплять кабели/провода бандажом между собой рядом с наконечниками (во избежание повреждения изоляции и появления начальных признаков разрушения), - необходимо оставить расстояние не менее 150-200 мм.
- Целесообразно, по возможности, отказаться от укладки кабелей/проводов жгутами (т.к. при этом они менее защищены и недостаточно вентилируются). Наиболее предпочтительные способы укладки кабелей/проводов в распределительных щитах: а) в кабельные вертикальные и/или горизонтальные органайзеры (скобы или

панели организации кабелей), из расчета: 1 скоба на каждые 100 мм. проводки; б) в перфорированные электротехнические лотки (желоба).

Справка. Компания “*Schneider Electric*” в «Руководстве по сборке, установке и вводу в эксплуатацию электрических щитов», стр. 49, рекомендует ограничивать количество кабелей/проводов в жгуте, в зависимости от диаметра кабелей/проводов: а) при сечении кабелей/проводов  $\leq 10$  кв.мм. – до 8-ми кабелей/проводов в жгуте; б) при сечении от 16 до 50 кв.мм. – до 4-х кабелей/проводов в жгуте.

Примечание: указанные Рекомендации являются обязательными для сотрудников электромонтажного проектного отдела и электромонтажного производственного отдела ООО «ПРОЕКТКОНЦЕПТ» в практической деятельности.

Справка. Провода – изделия, содержащие одну или более изолированных жил, либо скрученных проволок, поверх которых имеется легкая защитная оболочка (например, металлическая обмотка, обмотка или оплетка из волокнистых материалов). У изолированного провода токопроводящая жила заключена в оболочку из резины, поливинилхлорида или винилпласта. Для предохранения от механических повреждений и воздействий внешней среды изоляция некоторых марок проводов покрыта снаружи хлопчатобумажной оплеткой, пропитанной противогнилостным составом. Провода, предназначенные для прокладки в местах, где имеется повышенная опасность их механического повреждения, защищаются дополнительной оплеткой из стальной оцинкованной проволоки.

Кабель – это несколько изолированных проводов, заключенных в одну или несколько защитных оболочек. Если провода изготавливаются с изоляцией на напряжение 380, 660 и 3000 В переменного тока, то кабели – на любое напряжение.

[Источники: «Большая советская энциклопедия», ГОСТ 15845-80 «Изделия кабельные. Термины и определения»]

Силовые кабели предназначены для передачи и распределения электроэнергии в стационарных установках на переменное напряжение до 0,66 кВ и ВЫШЕ.

Контрольные кабели используются для передачи низковольтных маломощных сигналов управления в различных электрических устройствах. Кабели рассчитаны на напряжение ДО 0,66 кВ.