

Изотова П.А.

НИЗКОВОЛЬНЫЕ КОМПЛЕКТНЫЕ УСТРОЙСТВА



2010

Содержание

	Введение	3
1.	Общие сведения	4
2	Электрические характеристики НКУ	6
3	Условия эксплуатации	7
4	Технические требования к испытаниям	24
	Список используемой литературы	37
	Приложения	38

ВВЕДЕНИЕ.

Работа посвящена теме «Низковольтные комплектные устройства». В ней представлены основные понятия и определения, характеризующие НКУ. В работе приведена классификация НКУ по: конструктивному исполнению; месту установки; степени защиты; по виду экранирования; способу установки составных частей НКУ; мерам защиты обслуживающего персонала.

Рассмотрены условия эксплуатации и особенности конструктивного исполнения, степени защиты, требования, предъявляемые при испытаниях НКУ.

В заключении представлены приложения, где приведены конструктивные особенности НКУ, метод расчета сечения защитных проводников с учетом термических нагрузок, создаваемых кратковременными токами.

Данная выпускная квалификационная работа может быть использована в качестве учебного пособия студентами всех форм обучения электротехнических специальностей.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Низковольтное устройство распределения и управления НКУ - комбинация низковольтных аппаратов совместно с устройствами управления, измерения, сигнализации, защиты, регулирования и т.п., смонтированных предприятием - изготовителем НКУ под его ответственность на единой конструктивной основе со всеми внутренними электрическими и механическими соединениями и конструктивными элементами.

НКУ классифицируют по следующим признакам: конструктивному исполнению; месту установки; степени защиты; по виду экранирования; способу установки составных частей НКУ; мерам защиты обслуживающего персонала.

По конструктивному исполнению НКУ подразделяются:

- НКУ открытое (см. Чертеж С1) - НКУ, на несущей конструкции которого установлена электрическая аппаратура, при этом части электрической аппаратуры, находящиеся под напряжением, не защищены.
- НКУ, защищенное с передней стороны (см. Чертеж С2), - НКУ открытое, имеющее с передней стороны степень защиты не менее IP2X. Доступ к частям, находящимся под напряжением, возможен с других сторон.
- НКУ защищенное - НКУ закрытое со всех сторон (за возможным исключением монтажной поверхности), в котором обеспечивается степень защиты не менее IP2X.
- НКУ шкафовое (см. Чертеж С3) - защищенное НКУ, предназначенное в основном для установки на полу, которое может состоять из нескольких секций, подсекций или отсеков.
- НКУ многошкафовое (см. Чертеж С4) - НКУ, состоящее из нескольких механически соединенных шкафов.
- НКУ пультовое (см. Чертеж С5) - защищенное НКУ с горизонтальной или наклонной панелью управления или как с той, так и другой панелью, на которых размещены аппараты управления, измерения, сигнализации и т.д.
- НКУ ящичное (см. Чертеж С6) - защищенное НКУ, предназначенное в основном для установки на вертикальной плоскости.
- НКУ многоящичное (см. Чертеж С6) - НКУ, состоящее из нескольких механически соединенных ящиков, установленных на общей несущей раме или без нее, при этом электрические соединения между двумя соседними ящиками проходят через отверстия в смежных стенках.

По месту установки НКУ делятся:

- НКУ для внутренней установки - НКУ;
- НКУ для наружной установки - НКУ, предназначенное для эксплуатации вне помещений;
- НКУ стационарное - НКУ, закрепленное на месте установки, например, на полу или на стене, и эксплуатируемое в таком положении.

- НКУ передвижное - НКУ, которое может быть перемещено в процессе эксплуатации.

По степени защиты. Для НКУ, предназначенных для эксплуатации внутри помещений и не требующих защиты от проникновения воды, рекомендуются степени защиты: IP00, IP2X, IP3X, IP4X, IP5X. Если требуется защита от проникновения воды, то степень защиты устанавливают согласно таблице 2.

Таблица 2

Предпочтительные значения степеней защиты

Первая цифра - защита от прикосновения к токоведущим частям и от проникновения посторонних твердых тел	Вторая цифра - защита от проникновения воды				
	1	2	3	4	5
2	IP21				
3	IP31	IP31			
4		IP42	IP43		
5			IP53	IP54	IP55
6				IP64	IP65

Для низковольтных комплектных устройств, эксплуатируемых вне помещения без дополнительной защиты, вторая цифра в обозначении степени защиты должна быть не менее 3. В качестве дополнительной защиты НКУ могут быть использованы навесы или аналогичные устройства. Если нет других требований, то степень защиты, указанная изготовителем, относится к НКУ в целом, при условии, что установку проводят по инструкции изготовителя.

Если степень защиты отдельных частей НКУ, например, оперативной поверхности, отличается от степени защиты всего НКУ, то изготовитель должен указать степень защиты этой части отдельно. Например, IP00, оперативная поверхность IP20.

Способу установки составных частей НКУ - съемные и передвижные.

По мерам защиты обслуживающего персонала – НКУ с защитой от прямого прикосновения к токоведущим частям при помощи соответствующих конструктивных мер в самом устройстве, либо дополнительных мер в процессе установки в соответствии с указаниями предприятия-изготовителя.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НКУ

Основными электрическими характеристиками являются:

Номинальное рабочее напряжение (цепи НКУ) - значение напряжения, которое в сочетании с номинальным током этой цепи определяет основной параметр цепи НКУ.

Для многофазных цепей оно является напряжением между фазами.

Номинальное напряжение изоляции (цепи НКУ) есть значение напряжения, которое характеризует конструкцию НКУ и в соответствии с которым проводят испытания диэлектрических свойств, проверяют зазоры и расстояния путей утечки.

Максимальное номинальное рабочее напряжение любой цепи НКУ не должно превышать его номинального напряжения изоляции. Предлагается, что рабочее напряжение любой цепи НКУ не должно даже временно превышать 110 % номинального напряжения изоляции этой цепи.

Номинальный ток (цепи НКУ) устанавливает изготовитель с учетом значений токов комплектующих элементов НКУ, их расположения и назначения. При проведении испытаний действие тока не должно приводить к повышению температуры частей НКУ выше предельных значений.

Номинальный кратковременно выдерживаемый ток (цепи НКУ) является действующее значение тока, которое данная цепь может выдержать в течение установленного короткого времени при условии проведения испытаний. Если другое не установлено, то это время принимают равным 1 с.

Номинальный ударный ток (цепи НКУ) является значение ударного тока.

Номинальный ожидаемый ток короткого замыкания (цепи НКУ) - действующее значение этого тока, которое может быть выдержано цепью НКУ в течение определенного времени.

Номинальный условный ток короткого замыкания (цепи НКУ) является значение ожидаемого тока, которое эта цепь, защищенная токоограничивающим коммутационным аппаратом, может выдержать в течение времени срабатывания этого аппарата.

Номинальный ток короткого замыкания, вызывающий плавление предохранителя (в цепи НКУ) является номинальный условный ток короткого замыкания цепи НКУ, в которой в качестве токоограничивающего аппарата установлен плавкий предохранитель.

Номинальный коэффициент одновременности НКУ или части НКУ, имеющей несколько главных цепей (например, в секции или подсекции), является отношение наибольшей суммы допустимых токов всех одновременно действующих токов главных цепей, взятых в любой момент времени, к сумме номинальных токов всех главных цепей НКУ или отдельной части НКУ.

При отсутствии данных о действительных токах могут быть использованы рекомендуемые значения, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Количество главных цепей	Коэффициент одновременности
2 и 3	0,9
4 и 5	0,8
6-9	0,7
10 (и более)	0,6

Если другое не установлено, то для частично испытываемых НКУ коэффициент одновременности принимают 1,0.

Номинальная частота НКУ является значение частоты, на которое НКУ рассчитано и которое соответствует условиям его работы.

Если цепи НКУ рассчитаны на несколько различных частот, то должны быть указаны номинальные частоты каждой цепи.

3. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Нормальные условия эксплуатации.

Температура окружающего воздуха при установке внутри помещений должна быть не более 40 °С, а средняя температура за 24 ч - не более 35 °С. Нижний предел температуры окружающего воздуха – минус 5 °С.

Температура окружающего воздуха при наружной установке не должна быть более 40 °С, а средняя температура за 24 ч - не более 35 °С. Нижний предел температуры окружающего воздуха: минус 25 °С - для умеренного климата, минус 50 °С - для арктического климата.

Атмосферные условия при установке внутри помещений: воздух должен быть чистым, относительная влажность его не должна превышать 50 % при максимальной температуре 40 °С. При более низких температурах допускается более высокая влажность, например, 90 % при 20 °С. Следует учитывать возможность образования конденсата при изменении температуры.

Атмосферные условия при наружной установке: относительная влажность может достигать 100 % при максимальной температуре 25 °С.

Особые условия эксплуатации

При эксплуатации НКУ в особых ниже перечисленных условиях эти условия должны быть оговорены специальным соглашением между изготовителем и потребителем. Потребитель должен информировать изготовителя о наличии особых условий эксплуатации.

Примеры особых условий эксплуатации:

- Области применения, в которых изменения температуры и/или давления воздуха происходят с такой скоростью, что внутри НКУ образуется значительная конденсация.
- Сильное загрязнение воздуха пылью, наличие дыма, коррозионных или радиоактивных частиц, испарений или соли.
- Воздействие сильных электрических или магнитных полей.
- Воздействие чрезмерно высоких температур, вызываемых, например, солнечным излучением или от источников с большим тепловым излучением.
- Образование плесени или нападение мелких живых существ.
- Установка в пожаро- или взрывоопасных помещениях.
- Воздействие сильной вибрации или ударов.
- Установка комплектующих элементов, например, оборудования, встраиваемого в машины или в нишу в стене, в условиях снижения допустимых токовых нагрузок или отключающей способности.
- Между потребителем и изготовителем должно быть принято соглашение о мерах по устранению влияния электрических и радиационных помех.

4. КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ

НКУ изготавливаются из материалов, способных выдержать механические, электрические и тепловые нагрузки, а также воздействия влажности, которые обычно имеют место при нормальных условиях эксплуатации.

Оболочки и перегородки должны иметь достаточную механическую прочность и выдерживать нагрузки, которым они могут подвергаться в нормальных условиях эксплуатации.

Аппаратура и проводники должны располагаться в НКУ так, чтобы облегчалось их техническое обслуживание и эксплуатация и одновременно обеспечивалась необходимая безопасность персонала.

Аппараты, являющиеся частью НКУ, должны находиться на расстояниях, указанных в технических условиях на эти аппараты, и эти расстояния должны сохраняться при нормальных условиях эксплуатации.

При установке аппаратов в НКУ должны быть выдержаны заданные для них зазоры и пути утечки с учетом условий обслуживания.

Для оголенных проводников и зажимов, находящихся под напряжением (например, шин, соединений между аппаратами, кафельных наконечников), зазоры и пути утечки должны приниматься в соответствии с теми значениями, которые установлены для аппаратов, с которыми они непосредственно соединены.

Нарушения нормальных условий, например, короткие замыкания, не должны вызывать постоянные уменьшения расстояний между шинами и/или соединениями (за исключением кабельных) до значений, меньших установленных для аппаратов, с которыми они непосредственно соединены.

В функциональных выдвижных блоках должны быть обеспечены по крайней мере наименьшие воздушные зазоры и длины путей утечки, величины которых установлены в технических условиях на разъединители*, и при этом должен учитываться допустимый износ трущихся частей.

Конструкция зажимов должна допускать присоединение внешних проводников любыми способами (винтами, соединителями и т.д.), которые гарантируют необходимое контактное нажатие, соответствующее номинальному току и прочности аппаратуры и цепей при коротком замыкании. Зажимы должны обеспечивать присоединение проводников и кабелей с медной жилой от самых малых до самых больших сечений для соответствующих номинальных токов (см. приложение А), если другое не установлено соглашением между изготовителем и потребителем. При использовании проводников с алюминиевой жилой зажимы, как правило, должны обеспечивать присоединение максимальных значений их сечений, указанных в графе с таблицы А1 приложения А.

Для случаев, когда выбранное максимальное сечение проводника с алюминиевой жилой не соответствует значению тока цепи, при необходимости между изготовителем и потребителем может быть заключено соглашение о присоединении проводника с алюминиевой жилой большего сечения. Таблица А1 приложения А неприменима при выборе сечений внешних проводников слаботочных электронных цепей, ток которых не превышает 1А и напряжение постоянного или переменного тока менее 50 В (см. примечание 2 приложения А).

Места, предназначенные для подсоединения внешних проводников с жилами из рекомендованного материала или многожильных кабелей, должны быть удобны для разделки и подсоединения к зажимам. Проводники не должны испытывать механических нагрузок, приводящих к сокращению их срока службы. Если другое не предусматривалось соглашением между изготовителем и потребителем, то в трехфазных цепях с нейтралью зажимы для нейтрального проводника должны допускать подсоединение проводников с медной жилой сечением, равным:

- при сечении фазного провода более 16 мм^2 - половине токопроводящей способности фазного провода, но не менее 16 мм;
- при сечении фазного провода меньше или равным 16 мм^2 - полной токопроводящей способности фазного провода.

Если используют соединительные зажимы для подсоединения входящего и отходящего нейтрального, защитного или защитного нейтрального (РЕ) проводников, то они должны располагаться в непосредственной близости от соответствующих зажимов фазных проводников. 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. Этого

достигают правильным выбором устройств ввода и их применением в соответствии с указаниями изготовителя.

Оболочка и степень защиты

Для НКУ, предназначенных для эксплуатации внутри помещений и не требующих защиты от проникновения воды, рекомендуются степени защиты: IP00, IP2X, IP3X, IP4X, IP5X. Если требуется защита от проникновения воды, то степень защиты устанавливают согласно таблице 2.

Таблица 2

Предпочтительные значения степеней защиты

Первая цифра - защита от прикосновения к токоведущим частям и от проникновения посторонних твердых тел	Вторая цифра - защита от проникновения воды				
	1	2	3	4	5
2	IP21				
3	IP31	IP31			
4		IP42	IP43		
5			IP53	IP54	IP55
6				IP64	IP65

Для НКУ, эксплуатируемых вне помещения без дополнительной защиты, вторая цифра в обозначении степени защиты должна быть не менее 3. В качестве дополнительной защиты НКУ, предназначенных для эксплуатации используются навесы или аналогичные устройства.

Если нет других требований, то степень защиты, указанная изготовителем, относится к НКУ в целом, при условии, что установку проводят по инструкции изготовителя производя, например, заделывание, при необходимости, открытой монтажной поверхности, на которой устанавливают НКУ.

Если степень защиты отдельных частей НКУ, например, оперативной поверхности, отличается от степени защиты всего НКУ, то изготовитель должен указать степень защиты этой части отдельно. Например, IP00, оперативная поверхность IP20.

Для НКУ наружной установки и защищенных НКУ, устанавливаемых в помещениях и предназначенных для эксплуатации в местах с высокой влажностью и перепадами температуры в широких пределах, должны быть приняты специальные меры (вентиляция и/или внутренний подогрев) с целью предотвращения чрезмерной конденсации влаги внутри НКУ.

При проведении испытаний значения температуры нагрева для НКУ не должны превышать предельных значений температуры, приведенных ниже в таблице 3.

Пределные значения температуры нагрева

Части НКУ	Температура нагрева, °С
Встроенные комплектующие элементы *	В соответствии с техническими условиями на отдельные комплектующие элементы, а при их отсутствии в соответствии с инструкциями изготовителя с учетом температуры внутри НКУ
Зажимы для внешних изолированных проводников	70**
Шины и проводники, втычные контакты выдвижных или съемных частей, соединяющихся с шинами	Ограничивается: механической прочностью проводящего материала; возможным влиянием на близлежащую аппаратуру; допустимой температурой изолирующих материалов, находящихся в контакте с проводником; влиянием температуры проводника на аппарат, к которому он присоединен; свойствами и обработкой поверхности материала контакта (для втычных контактов)
Средства ручного управления: из металла	15***
из изолирующего материала	25***
Доступные наружные оболочки и элементы оболочек: металлические поверхности	30* ⁴
изолирующие поверхности	40* ⁴
Отдельно расположенные соединения розеточного или вилочного типа	Определяется предельной температурой элементов оборудования, частью которого они являются * ⁵

* Термин «встроенные комплектующие элементы» означает: обычную коммутационную и управляющую аппаратуру; электронные блоки (например, выпрямительный мост, печатная схема); части оборудования (например, регулятор, стабилизированный источник питания, операционный усилитель).

** Предельное значение температуры нагрева 70 °С основано на результатах испытаний, проводимых в соответствии с п. 8.2.1. НКУ, эксплуатируемое и испытываемое в конкретных условиях эксплуатации, может иметь соединения тип, характер и расположение которых не будут такими, какие были приняты при проведении испытаний, и в результате температура нагрева зажимов может иметь значение, которое необходимо принять.

*** Для органов ручного управления внутри НКУ, доступ к которым возможен только после открывания НКУ и которыми редко пользуются, допускается более высокая температура нагрева; например, рукоятки аварийного отключения, рукоятки, предназначенные для выдвижения блоков.

*⁴ Если нет других указаний относительно оболочки и ее элементов, к которым имеется открытый доступ, но которых нет необходимости касаться во время нормальной эксплуатации, то допускается принимать предельные значения температуры нагрева на 10 К выше установленной.

*⁵ Это позволяет проявлять определенную гибкость в отношении оборудования (например, электронных устройств), у которого предельные значения температуры нагрева отличаются от обычных предельных значений для аппаратуры.

Защита от поражения электрическим током

Защита от прямого прикосновения к токоведущим частям может быть достигнута либо принятием соответствующих конструктивных мер в самом НКУ, либо дополнительных мер в процессе установки в соответствии с указаниями предприятия-изготовителя.

Примером дополнительных мер является установка открытого НКУ в месте, доступном только квалифицированному персоналу.

К мерам защиты относятся:

защита изоляцией токоведущих частей - токоведущие части должны быть полностью покрыты изоляцией, снять которую можно только разрушив ее. Эта изоляция должна изготавливаться из материалов, способных длительно выдерживать механические, электрические и тепловые нагрузки, которым они подвергаются в процессе эксплуатации.

защита с помощью ограждений и оболочек при ее выполнении должны выполняться следующие требования:

✓ все наружные поверхности должны иметь степень защиты не менее IP2X. Расстояние между механическими средствами, предусмотренными для защиты, и токоведущими частями, находящимися под напряжением, для которых они предусмотрены, должно быть не менее значений, установленных для зазоров и длин путей утечки

✓ все ограждения и оболочки должны быть прочно закреплены на местах. В зависимости от их вида, размеров и расположения они должны обладать достаточной прочностью и надежностью, чтобы выдерживать напряжения и нагрузки, которые могут иметь место при нормальной эксплуатации.

Там, где необходимо снять ограждения, оболочки или их элементы (двери, кожухи, заглушки и т.п.), это должно осуществляться в соответствии с одним из следующих требований:

а) снятие, открывание или выдвижение должно выполняться специальным ключом или инструментом;

б) все части, находящиеся под напряжением, до которых можно случайно дотронуться после того, как дверь открыта, должны отключаться перед открыванием двери.

с) НКУ должно иметь внутреннее ограждение или заслонку, защищающие токоведущие части, находящиеся под напряжением, от случайного прикосновения при открытой двери. Ограждение или заслонка должны быть прочно закреплены на месте или перемещаться на свое место в

момент открывания двери. Должна быть исключена возможность снятия этих препятствий без применения ключа или другого специального инструмента.

При необходимости используют предупреждающие таблички;

d) если к частям, расположенным за ограждениями и в оболочках, нужно при проведении некоторых операций дотрагиваться руками (например, при замене лампочки или плавкой вставки), то снятие, открывание или выдвижение их без применения ключа, специального инструмента, а также без снятия напряжения возможно только при выполнении следующих условий:

- за ограждающим барьером или оболочкой должно быть предусмотрено второе ограждение, предотвращающее случайное прикосновение обслуживающего персонала к токоведущим частям, не защищенным другими средствами. Однако это ограждение не должно препятствовать доступу обслуживающего персонала к токоведущим частям. Снять это ограждение можно только с помощью ключа или специального инструмента;

- токоведущие части, которые соответствуют условиям безопасного напряжения, можно не закрывать.

Конструкция НКУ должна обеспечивать непрерывность электрической цепи между открытыми токопроводящими частями НКУ и между этими частями и цепями защиты установки.

Непрерывность цепей защиты должна гарантироваться надежными соединениями непосредственно или с помощью защитных проводников:

a) когда часть НКУ вынимают из оболочки, например, для очередной профилактики, цепи защиты для остальной части НКУ не должны разрываться. Средства, применяемые для сборки различных металлических частей НКУ, считают достаточными для сохранения непрерывности цепей защиты, если принятые меры предосторожности гарантируют постоянную хорошую проводимость и пропускную способность, достаточную, чтобы выдержать ток замыкания на землю, который может иметь место в НКУ.

b) если съемные и выдвижные части имеют металлические опорные поверхности, то эти поверхности считают достаточными для обеспечения непрерывности цепей защиты при условии, что давление, приложенное к ним, достаточно велико. Для гарантирования постоянной хорошей проводимости может появиться необходимость в принятии соответствующих мер безопасности. Цепь защиты выдвижной части должна оставаться ненарушенной от рабочего положения до испытательного положения включительно;

c) для дверей, заглушек и подобных деталей обычные металлические винтовые и шарнирные соединения считают достаточными для обеспечения непрерывности цепи при условии, если на них не закреплено никакой электрической аппаратуры. Если же на дверях, заглушках и подобных деталях закреплены аппараты на напряжение, превышающее пределы безопасного напряжения, то необходимо принять соответствующие меры для обеспечения непрерывности цепей защиты. Рекомендуются снабжать эти

части тщательно закрепленным защитным проводником, поперечное сечение которого зависит от максимального поперечного сечения подводящих проводников к установленной аппаратуре. Эквивалентные электрические соединения, специально применяемые для этой цели (скользящий контакт, петли, защищенные от коррозии), также могут считаться удовлетворяющими требованиям защиты;

d) все части цепи защиты внутри НКУ должны быть рассчитаны таким образом, чтобы они могли выдерживать максимальные электрические, тепловые и динамические нагрузки, которые возможны на месте установки НКУ;

e) если оболочку НКУ используют как часть цепи защиты, то площадь поперечного сечения этой оболочки должна быть по крайней мере электрически эквивалентна минимальной площади поперечного сечения защитного проводника;

f) если непрерывность цепи может быть прервана с помощью соединителей или штепсельных разъемов, то цепь защиты должна прерываться только после размыкания проводников, находящихся под напряжением, а восстановление непрерывности цепи защиты должно происходить до того, как будут вновь соединены проводники, находящиеся под напряжением;

g) в принципе (за исключением случая, упомянутого в подпункте f), цепи защиты внутри НКУ не должны содержать разъединительное устройство (выключатель, контактор и т.д.). Единственными устройствами, которые могут находиться в цепи защитных проводников, являются соединительные переключки, которые снимают с помощью специального инструмента и доступ к которым открыт только для обслуживающего персонала.

В случае, если НКУ содержит конструктивные части, рамы, каркасы, оболочки и подобные детали из токопроводящего материала, изоляция защитного провода от этих частей не требуется.

Для защиты от непрямого прикосновения к токоведущим частям посредством полной изоляции необходимо выполнение следующих требований

a) приборы и аппараты должны быть полностью заключены в изоляционный материал. Оболочка должна иметь знак , видимый с внешней стороны;

b) оболочка должна быть изготовлена из изоляционного материала, способного выдерживать механические, электрические и тепловые нагрузки, которым он может подвергаться в нормальных или особых условиях эксплуатации; материал должен быть также стойким к старению и воспламенению;

c) проводящие части не должны проходить через оболочку, создавая возможность перехода аварийного напряжения за ее пределы.

Это означает, например, что металлические части, такие как рукоятки, которые по конструктивным соображениям приходится пропускать через оболочку, должны иметь достаточную внутреннюю или внешнюю изоляцию;

d) оболочка НКУ, готового к эксплуатации и подсоединенного к источнику питания, должна закрывать токоведущие и нетоковедущие части, а также части, принадлежащие к цепи защиты, таким образом, чтобы к ним нельзя было прикоснуться. Оболочка должна обеспечивать степень защиты не менее IP4X.

Если защитный проводник, подходящий к аппаратуре со стороны нагрузки, необходимо пропускать через НКУ с изолированными нетоковедущими частями, то для присоединения внешних защитных проводников необходимо предусматривать специальные зажимы с соответствующей маркировкой.

Внутри оболочки защитный проводник и зажимы для него должны быть изолированы от токоведущих и нетоковедущих частей аналогично изоляции токоведущих частей;

e) нетоковедущие части внутри НКУ не должны быть соединены с цепью защиты, т. е. они не должны охватываться мерами защиты с применением защитной цепи. Это относится также и к встроенным комплектующим элементам, даже если они имеют зажимы для защитного проводника;

f) если двери или элементы оболочек могут открываться без помощи ключа или инструмента, то необходимо предусмотреть ограждения из изоляционного материала, которые должны обеспечивать защиту от случайного контакта не только с доступными токоведущими частями, но также и с нетоковедущими частями, доступ к которым возможен только после открывания элемента оболочки. Эти ограждения, однако, не должны сниматься без помощи специального инструмента.

НКУ должно быть сконструировано и изготовлено таким образом, чтобы по согласованию между изготовителем и потребителем некоторые операции можно было выполнять в процессе эксплуатации НКУ и под напряжением. К таким операциям относятся: визуальная проверка; коммутационных устройств и другой аппаратуры; уставок и указателей реле и размыкающих механизмов; соединений и маркировки проводов; регулировка и изменение уставок реле, размыкающих механизмов и электронных приборов; замена плавких вставок предохранителей; замена индикаторных ламп; некоторые операции по обнаружению повреждения, например, измерение напряжения и тока с помощью специальных приборов.

Для того, чтобы в соответствии с соглашением между изготовителем и потребителем на отсоединенной группе или функциональном блоке НКУ можно было производить текущее техническое обслуживание при сохранении под напряжением соседних блоков или групп, необходимо принять соответствующие меры. Выбор этих мер, являющихся предметом соглашения между изготовителем и потребителем, зависит от условий эксплуатации, частоты профилактических осмотров, компетентности

обслуживающего персонала, действующих правил установки и т.п. К таким мерам могут относиться следующие:

- ✓ обеспечение достаточного промежутка между данными функциональным блоком или группой и соседними функциональными блоками или группами. Рекомендуется, чтобы снимаемые для текущего ремонта части имели, насколько это возможно, сохраняемые крепления;
- ✓ использование защищенных ограждениями подсекций для каждого функционального блока или группы;
- ✓ использование шкафов для каждого функционального блока или группы;
- ✓ размещение дополнительных средств защиты, поставляемых или рекомендуемых изготовителем.

НКУ должны иметь конструкцию, способную выдерживать тепловые и электродинамические нагрузки, возникающие при значениях токов короткого замыкания, не превышающих установленных и должны быть защищены от токов короткого замыкания, например, автоматическими выключателями, плавкими предохранителями или тем и другим вместе, которые могут быть частью НКУ или располагаться за его пределами.

Внутренние цепи НКУ

Шины (оголенные или с изоляцией) должны располагаться таким образом, чтобы при нормальных условиях эксплуатации исключалась возможность внутреннего короткого замыкания. При отсутствии других указаний их выбирают согласно сведениям о прочности при коротком замыкании и должны выдерживать по крайней мере воздействия коротких замыканий, ограниченных устройствами защиты на стороне подачи питания на шины. Проводники между главными шинами и стороной питания отдельного функционального блока, также как и комплектующие, входящие в этот блок, могут быть выбраны, исходя из уменьшенных воздействий короткого замыкания со стороны присоединения нагрузки к устройству защиты от короткого замыкания в этом блоке, при условии такого расположения этих проводников, при котором в нормальных рабочих условиях внутреннее короткое замыкание между фазами и/или между фазами и землей является маловероятным, например, если проводники имеют соответствующую изоляцию или оболочку. Это также относится к проводникам со стороны питания отдельных функциональных блоков внутри НКУ, не содержащих главных шин.

Вспомогательные цепи

Обычно вспомогательные цепи должны быть защищены от воздействия коротких замыканий. Однако защитное устройство, предохраняющее от короткого замыкания, не следует применять в случае, если его срабатывание может иметь опасные последствия. В этом случае проводники вспомогательных цепей должны располагаться таким образом, чтобы в нормальных условиях работы исключалась возможность возникновения короткого замыкания.

Встроенные комплектующие элементы НКУ

Выбор комплектующих элементов

Комплектующие элементы должны соответствовать конструктивному исполнению НКУ (например, открытому или закрытому), номинальным напряжениям и токам, сроку службы, включающей и отключающей способностям, прочности при коротком замыкании и т.д.

Комплектующие элементы, не обладающие прочностью при коротком замыкании и/или разрывной способностью, достаточной для выдерживания возможных нагрузок, должны быть защищены с помощью токоограничивающих устройств защиты, например, плавкими предохранителями или автоматическими выключателями. При выборе таких токоограничивающих устройств защиты для встроенных коммутационных аппаратов следует принимать во внимание максимально допустимые значения, указанные изготовителем этого устройства.

Установка комплектующих элементов

Комплектующие элементы должны устанавливаться в соответствии с инструкцией изготовителей комплектующих (положение монтажа, зазоры, учитывающие возможность электрической дуги или необходимые для снятия дугогасительной камеры и т.д.).

Доступность

Аппаратура, функциональные блоки, устанавливаемые на одной конструкции (монтажная плита, рама), и зажимы для внешних проводов должны располагаться таким образом, чтобы к ним обеспечивался удобный доступ при их установке, прокладке проводов, техническом обслуживании и замене. В частности, рекомендуется, чтобы клеммы располагались не ниже 0,2 м от основания НКУ, установленных на полу, таким образом, чтобы к ним было легко подсоединить кабели.

Комплектующие элементы, требующие регулирования, возврата в исходное положение, должны быть легко доступны.

Для НКУ, устанавливаемых на полу, показывающие приборы за которыми необходимо следить оператору, должны располагаться не выше 2 м от основания НКУ. Элементы управления, например, рукоятки, кнопки и т.д., должны располагаться на такой высоте, чтобы ими было удобно пользоваться; это означает что, как правило, их осевая линия должна проходить не выше 2 м от основания НКУ.

Влияние воздействующих факторов

Встроенная аппаратура должна быть установлена в НКУ таким образом, чтобы ее функционирование не ухудшалось под влиянием имеющих место при нормальной работе таких факторов, как тепло, электрические дуги, вибрации, электрические поля. Для НКУ с электронными комплектующими это можно осуществить разделением или экранированием вспомогательных и силовых цепей.

При установке плавких предохранителей в закрытых НКУ необходимо учитывать тепловые эффекты. Изготовитель обязан указывать тип и номинальные характеристики используемых плавких вставок.

Ограждения

Ограждения для коммутационных устройств с ручным управлением должны иметь такую конструкцию, чтобы дуги при коммутации не представляли опасности для оператора.

Для уменьшения опасности, возникающей при замене плавких предохранителей, необходимо применять междуфазные ограждения, если конструкция и расположение предохранителей это позволяют.

Условия эксплуатации НКУ

Комплектующие элементы НКУ выбирают, исходя из нормальных условий эксплуатации.

В необходимых случаях принимают соответствующие меры (подогрев, вентиляция) для обеспечения надлежащих условий эксплуатации и правильного функционирования комплектующих, т. е. должна поддерживаться минимальная температура для правильного функционирования реле, счетчиков, электронных комплектующих и т.д. в соответствии с техническими условиями на эти комплектующие.

Охлаждение

Для НКУ используют естественное или принудительное охлаждение. Если при установке комплектующих необходимы специальные меры для обеспечения охлаждения, то изготовитель обязан предоставить необходимую информацию (например, касающуюся величин зазоров в отношении частей, которые могут задерживать распространение тепла или сами выделяют тепло).

Стационарные части

В стационарных частях подключение или отключение главных цепей возможно только при обесточенном НКУ. Как правило, для снятия и установки стационарных частей требуется применение специального инструмента.

Для отсоединения стационарной части может потребоваться отсоединение всего НКУ или части его.

Съемные и выдвижные части

Конструкция

Съемные и выдвижные части должны иметь такую конструкцию, которая позволяла бы безопасно отсоединять их электрическую аппаратуру от главной цепи и присоединять к ней в то время, когда эта цепь находится под напряжением. В различных положениях, а также при переводе из одного положения в другое должны сохраняться минимальные зазоры и длины путей утечки.

Съемные части должны иметь присоединенное положение и отделенное положение.

Выдвижные части должны иметь отсоединенное положение, а также могут иметь испытательное положение или условия испытания. Положения выдвижных частей должны быть четко определены.

Блокировка и замки для выдвижных частей

В случае отсутствия других указаний, выдвижные части должны быть снабжены устройством, которое позволило бы гарантировать, что аппаратура может быть выдвинута и/или вновь вставлена только после отключения ее главной цепи.

Для предотвращения недозволенных операций выдвижные части могут снабжаться висячими замками или запорами, которые фиксируют их в одном или более положениях.

Степень защиты

Степень защиты, указываемая для НКУ, обычно относится к присоединенному положению съемных и/или выдвижных частей. В случае необходимости изготовитель обязан указывать степень защиты для других положений и при переводе из одного положения в другое.

НКУ с выдвижными частями могут конструироваться таким образом, чтобы степень защиты присоединенного положения также сохранялась и для испытательного и отсоединенного положений и при переходе из одного положения в другое.

Если после снятия съемной и/или выдвижной части первоначальная степень защиты не сохраняется, то необходимо согласование мер для обеспечения адекватной защиты. Вместо такого согласования могут быть использованы сведения, содержащиеся в каталоге изготовителя.

Способы соединения вспомогательных цепей

Вспомогательные цепи проектируют таким образом, чтобы их отключение было возможно как с помощью специального инструмента, так и без него.

В случае выдвижных частей предпочтение отдают способу соединения вспомогательных цепей без помощи инструмента.

Обозначения

Обозначения проводов главной и вспомогательной цепей

Ответственность за способ и степень необходимости обозначения проводников, например, с помощью цифр, цветов или знаков, несет изготовитель; они должны соответствовать обозначениям, принятым на схемах и чертежах. Эти обозначения могут ограничиваться маркировкой концов проводников.

Обозначение защитного провода (PE) и нейтрального провода (N) главной цепи

Защитный проводник должен легко различаться по форме, расположению, маркировке и цвету. Если используют цветовую маркировку, то она должна быть зелено-желтого цвета. Если защитный провод является изолированным одножильным кабелем, то такое цветовое обозначение должно быть выполнено предпочтительно на всей длине.

Примечание. Зелено-желтое цветовое обозначение строго сохраняется за защитным проводником.

Любой нейтральный проводник главной цепи тоже должен легко отличаться по форме, расположению, маркировке и цвету. При цветовом обозначении рекомендуется выбирать голубой цвет.

Зажимы для внешних защитных проводников должны обозначаться знаком защиты . Этот знак не требуется, если внешний провод соединяют с внутренним защитным проводником, имеющим четкую зелено-желтую окраску.

Направление действий и обозначение положений переключения

Они должны соответствовать техническим условиям на применяемые аппараты, если таковые существуют.

Внутреннее разделение НКУ ограждениями или перегородками

Разделение НКУ перегородками или ограждениями (металлическими или неметаллическими) на отдельные отсеки или огражденные подсекции обеспечивает:

- защиту от контакта с токоведущими частями, относящимися к соседним функциональным блокам;
- ограничение вероятности случайного возникновения дуги.
- защиту от переноса твердых инородных частиц с одного блока НКУ на соседний.

Ниже приведены типичные виды разделения с помощью ограждений или перегородок (см. примеры в приложении D):

1 - разделение отсутствует;

2 - разделение сборных шин и функциональных блоков;

3 - разделение сборных шин и функциональных блоков, всех функциональных блоков, всех функциональных блоков друг от друга, за исключением их выходных зажимов, которые не разделяют от сборных шинопроводов;

4 - разделение сборных шинопроводов от функциональных блоков и всех функциональных блоков друг от друга, включая их выходные зажимы.

Виды разделения подлежат согласованию между изготовителем и потребителем.

Электрические соединения внутри НКУ - шины и изолированные проводники

Соединения токоведущих частей не должны быть подвержены значительным изменениям при нормальных повышениях температуры, старения изоляционных материалов и вибрации, имеющих место при нормальной эксплуатации. Особо следует учитывать влияние теплового расширения, электролитическое воздействие разнородных металлов, а также стойкость материалов к воздействующим температурам.

Соединения между токоведущими частями должны осуществляться средствами, обеспечивающими необходимое и стойкое контактное нажатие.

Размеры и номинальные характеристики шин и изолированных проводников

Ответственность за выбор поперечных сечений проводников внутри НКУ несет изготовитель. Кроме значений тока в цепях, принимают во внимание также механические нагрузки, которым подвергается НКУ, способ прокладки проводников, тип изоляции и вид присоединяемых элементов (например, электронных).

Монтаж проводников.

Изолированные проводники должны быть рассчитаны не менее чем на номинальное напряжение изоляции рассматриваемой цепи.

Кабели между двумя присоединяемыми устройствами не должны иметь промежуточных скруток или паяных соединений. Соединения по возможности должны производиться на неподвижных зажимах.

Изолированные проводники не должны соприкасаться с неизолированными частями, находящимися под напряжением с различными потенциалами, или с острыми кромками и должны быть соответствующим образом закреплены.

Питание к аппаратуре и измерительным приборам через элементы оболочки или двери следует подводить таким образом, чтобы не могло произойти механического повреждения проводников в результате перемещения элементов или дверей.

Соединения с аппаратурой посредством пайки допускаются в НКУ только в случаях, когда для аппаратуры предусмотрен такой вид соединения.

В случаях, когда в условиях нормальной работы аппаратура подвергается сильной вибрации, соединения кабелей и проводов, выполненные пайкой, необходимо дополнительно вблизи от места пайки механически закреплять другими средствами.

Особое внимание следует уделять закреплению проводников в местах, подвергающихся сильной вибрации в условиях эксплуатации, например, на экскаваторах, кранах, судах, подъемном оборудовании и локомотивах. В условиях сильной вибрации пайка кабельных наконечников или лужение концов многожильных проводников не допускается.

Рекомендуется присоединять к одному контактному зажиму только один проводник. Присоединение к одному контактному зажиму двух или более проводников допускается только в случае, если контактные зажимы предназначены для этого.

Требования к цепям питания электронного оборудования

Колебания входного напряжения

1) Диапазон напряжения питания для аккумуляторных источников равен номинальному напряжению питания $\pm 15\%$.

Примечание. Этот диапазон не включает в себя диапазон дополнительных напряжений, требуемых для зарядки аккумуляторов.

2) Диапазон входного напряжения постоянного тока достигается путем выпрямления напряжения питания переменного тока.

3) Диапазон напряжения питания источников переменного тока равен номинальному входному напряжению +10 %.

4) Большое отклонение от указанного подлежит согласованию между изготовителем и потребителем.

Перенапряжение

Величины перенапряжения питания указаны на чертеже 1, где представлены величины аperiodического напряжения как отклонения от номинальной пиковой величины в небольшом временном диапазоне. НКУ должны быть спроектированы таким образом, чтобы их работоспособность сохранялась при наличии перенапряжений, не превышающих величин, представленных на кривой 1.

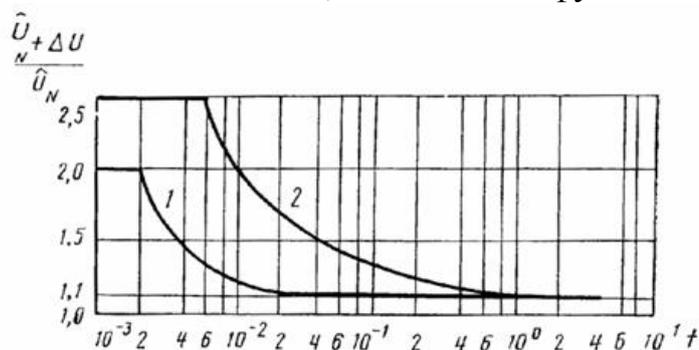
При величинах перенапряжения в диапазоне между кривыми 1 и 2 должно происходить отключение НКУ защитным устройством. При этом до достижения амплитудного значения напряжения $2 U + 1000 \text{ В}$ НКУ не должно иметь повреждений.

Примечания:

1. Переходные интервалы времени меньше 1 с находятся в стадии рассмотрения.

2. Предполагается, что перенапряжения, превышающие указанные, должны ограничиваться принятием соответствующих мер.

Отношение $\frac{\hat{U}_N + \Delta U}{\hat{U}_N}$, являющееся функцией времени



\hat{U}_N - синусоидальное амплитудное значение номинального напряжения сети;
 ΔU - наложенное аperiodическое пиковое напряжение;
 t - время

Чертеж 1

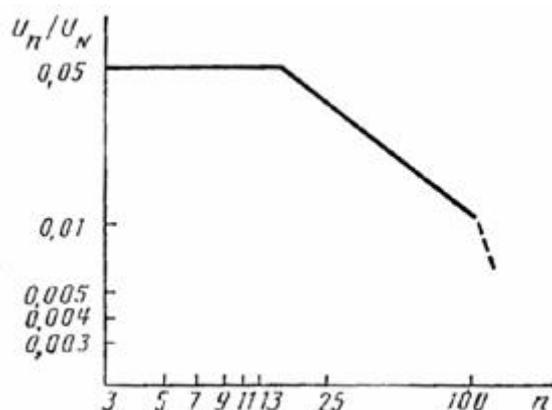
Форма волны

Гармоники входного напряжения переменного тока питания НКУ, содержащего электронное оборудование, ограничиваются следующими пределами:

1) относительное содержание гармоник не должно превышать 10 %, т. е. основная составляющая должна быть больше или равной 99,5 %;

2) гармонические составляющие не должны превышать значений, указанных на чертеже 2.

Максимально допустимая гармоническая составляющая номинального напряжения сети



n - порядок гармонической составляющей;

U_n - действующее значение гармоники - порядка n ;

U_N - действующее значение номинального напряжения сети

Чертеж 2

Временные колебания напряжения и частоты

При наличии временных колебаний оборудование должно работать без повреждений при следующих условиях:

а) падение напряжения не должно превышать 15 % от номинального напряжения и продолжаться не более 0,5 с;

б) колебания частоты должны быть меньше или равны ± 1 % номинальной частоты. Большее допустимое отклонение согласовывается между изготовителем и потребителем;

в) изготовитель обязан указать максимальную допустимую продолжительность отключения напряжения питания оборудования.

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИСПЫТАНИЯМ

Классификация испытаний

Испытания для проверки характеристик НКУ включают:

- типовые испытания;
- приемосдаточные испытания.

Изготовитель по требованию потребителя должен уточнить основы для этих проверок.

Типовые испытания

Типовые испытания предназначены для проверки соответствия НКУ требованиям, изложенным в настоящем стандарте.

Типовые испытания проводят на образце такого типа НКУ или на таких его частях, которые изготовлены по тому же или аналогичному проекту.

Типовые испытания проводит изготовитель.

Типовые испытания включают проверки:

- a) предельных значений превышения температуры;
- b) диэлектрических свойств;
- c) прочности при коротких замыканиях;
- d) непрерывности цепи защиты;
- e) зазоров и длин путей утечки;
- f) работоспособности механических частей;
- g) степени защиты.

Эти испытания допускается проводить в любом порядке и/или на различных образцах одного и того же типа.

Типовые испытания проводят заново при внесении в конструкцию НКУ изменений, могущих отрицательно влиять на результаты испытаний.

Приемосдаточные испытания

Приемосдаточные испытания предназначены для обнаружения дефектов в материалах и в технологии изготовления. Их проводят на каждом НКУ после его сборки или на каждой транспортной секции. Повторные испытания на месте монтажа не проводят.

Если типовые блоки изготавливаются одним предприятием и предназначаются исключительно для изготовителя, осуществляющего сборку НКУ в целом, то приемосдаточные испытания должен проводить изготовитель НКУ.

Приемосдаточные испытания включают:

- a) осмотр НКУ, включая проверку монтажа, и, в случае необходимости, испытание на работоспособность;
- b) диэлектрические испытания;
- c) проверку средств защиты и электрической непрерывности цепи защиты.

Эти испытания могут проводиться в любом порядке.

Испытания аппаратов и отдельных комплектующих, встроенных в НКУ

Типовые и приемосдаточные испытания не проводят для аппаратов или отдельных комплектующих, встроенных в НКУ, если их выбор производился

в соответствии с требованиями, а монтаж осуществлялся согласно инструкциям изготовителя.

Типовые испытания

Проверка предельных значений превышения температуры

Целью испытаний является проверка предельных значений превышения температуры на соответствие требованиям для различных частей НКУ.

Испытание обычно проводят при номинальных значениях тока на собранном НКУ.

Испытания могут проводиться с помощью резисторов в качестве нагревателей с эквивалентной мощностью потерь.

Допускается испытывать отдельные части (панели, ящики, оболочки и т.д.) НКУ при принятии мер, обеспечивающих надежность результатов.

Испытания отдельных цепей на превышение температуры должно проводиться током, для которого цепи предназначены, и при соответствующей частоте. Величины напряжения при испытании должны быть такими, чтобы через цепи проходил определенный ток. На катушки реле, контакторов, расцепителей и подобных элементов должно подаваться номинальное напряжение.

НКУ открытого типа не испытывают на превышение температуры, если по результатам типовых испытаний отдельных частей или по сечению проводов и размещению аппаратов очевидно, что при эксплуатации не произойдет чрезмерного превышения температуры и не будут повреждены оборудование, соединенное с НКУ, и части из изоляционного материала.

Расположение НКУ

НКУ должно быть установлено, как на месте эксплуатации, со всеми элементами оболочки и т.д.

При испытании отдельных частей или конструктивных блоков соседние части или конструктивные блоки должны создавать такие же температурные условия, как и при нормальной эксплуатации. При этом в качестве нагревателей могут использоваться резисторы.

Испытания на превышения температуры в условиях, когда вся аппаратура находится под напряжением

Это испытание должно производиться на одном или более характерных соединениях цепей данного НКУ с тем, чтобы с достаточной точностью получить максимально возможное значение превышения температуры.

Для этого испытания каждую цепь нагружают номинальным током, умноженным на коэффициент одновременности. Если в НКУ имеются плавкие предохранители, то при испытаниях они должны снабжаться плавкими вставками, соответствующими указаниям изготовителя. Потери мощности в плавких вставках, примененных в испытаниях, должны быть отражены в протоколе испытаний.

Размеры и расположение внешних проводов, используемых при испытании, также должны быть отражены в протоколе испытаний.

Испытание должно проводиться в течение времени, достаточного для повышения температуры до постоянного значения (как правило, это время не превышает 8 ч). Практически это условие выполняется при изменении температуры не более 1 К/ч.

При значениях испытательного тока до 400 А включ.:

а) для соединений следует использовать одножильные медные кабели или изолированные провода, поперечные сечения приведены в таблице 8;

б) проводники должны располагаться открыто;

с) минимальна длина каждого временного соединения между зажимами должна быть:

1 м - для проводов сечением до 35 мм² включительно;

2 м - для проводов сечением св. 35 мм².

Таблица 8

Стандартные сечения медных проводов, соответствующие испытательному току

Диапазон значений испытательного тока, А	0	7,9	15,9	22	30	39	54	72	93	117	147	180	216	250	287	334				
	7,9	15,9	22	30	39	54	72	93	117	147	180	216	250	287	334	400				
S, мм ²	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240				
Значение номинального тока А	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	-	315	400

При значениях испытательного тока св. 400, но не более 800 А:

а) в качестве проводников должны использоваться одножильные медные кабели с изоляцией из поливинилхлорида, сечения которых даны в таблице 9, или эквивалентные медные шины, указанные в таблице 9, выбираемые в соответствии с рекомендациями изготовителя;

б) медные кабели или шины должны располагаться на расстоянии, приблизительно равном расстоянию между зажимами. Медные шины должны иметь черно-матовую отделку поверхности. Параллельные кабели, присоединяемые к одному зажиму, должны быть сгруппированы вместе и расположены на расстоянии около 10 мм друг от друга. Параллельные медные шины, присоединяемые к одному зажиму, должны быть расположены на расстоянии друг от друга, равном их толщине. Если размеры, указанные для шин, не могут быть выдержаны, допускается использование других шин, имеющих близкие по величине сечения, а также приблизительно такие же или меньшие поверхности охлаждения. Между кабелями или медными шинами пространство не должно быть заполнено;

с) для однофазных и многофазных испытаний минимальная длина любого временного соединения до источника напряжения должна быть 2 м.

Минимальная длина при соединении звездой может быть уменьшена до 1,2 м.

При значениях испытательного тока св. 800, но не более 3150 А:

а) в качестве проводников должны использоваться медные шины с сечениями, указанными в таблице 9, за исключением случая, когда НКУ рассчитано на соединение исключительно только с помощью кабелей. В этом случае размеры и расположение кабелей указывает изготовитель;

б) медные шины должны располагаться на расстояниях, приблизительно равных расстоянию между зажимами. Медные шины должны иметь черно-матовую отделку поверхности. Параллельные медные шины, присоединяемые к одному зажиму, должны располагаться на расстоянии, равном примерно их толщине. Если размеры, указанные для шин, не могут быть выдержаны, допускается использование других шин, имеющих близкие по величине сечения, а также приблизительно такие же или меньшие поверхности охлаждения. Между медными шинами пространство не должно быть заполнено;

с) для однофазных и многофазных испытаний минимальная длина любого временного соединения до источника напряжения должна быть 3 м, но может быть уменьшена до 2 м при условии, что превышение температуры на конце участка, соединенном с источником напряжения, будет не более чем на 5 К ниже превышения температуры в середине соединительного участка. Минимальная длина при соединении звездой может быть уменьшена до 2 м.

Таблица 9

Стандартные сечения медных проводников, соответствующие испытательному току

Значения номинального тока, А	Диапазон значений испытательного тока, А	Испытательный проводник			
		Кабели		Медные шины	
		Количество	Сечение, мм ²	Количество	Размеры, мм
500	От 400 до 500	2	150(16)	2	30'5(15)
630	» 500 » 630	2	185 (18)	2	40'5(15)
800	» 630 » 800	2	240 (21)	2	50'5(17)
1000	» 800 » 1000			2	60'5(19)
1250	» 1000 » 1250			2	80'5(20)
1600	» 1250 » 1500			2	100'5(23)
2000	» 1600 » 2000			3	100'5(20)
2500	» 2000 » 2500			4	100'5(21)
3150	» 2500 » 3150			3	100'10(23)

При значениях испытательного тока, превышающих 3150 А.

Между изготовителем и потребителем должно быть заключено соглашение по всем соответствующим условиям испытаний, таких как вид питания, число фаз и частота (если необходимо), сечение испытательных

проводников и т.д. Эти сведения должны быть отражены в протоколе испытаний.

Испытания на превышение температуры, проводимые с помощью резисторов в качестве нагревателей с эквивалентной мощностью потерь

Для некоторых типов закрытых НКУ, главные и вспомогательные цепи которых имеют сравнительно малые минимальные токи, мощность потерь может имитироваться с помощью резисторов, которые создают такое же количество тепла и размещены в соответствующих местах внутри оболочки.

Сечение проводников, присоединяемых к этим сопротивлениям, должно быть таким, чтобы за пределами оболочки не выделялось существенно заметного количества тепла.

Испытания, проводимые с использованием резисторов, считают типичными для всех НКУ, имеющих одинаковые оболочки, даже если в НКУ содержится различная аппаратура, при условии, что сумма мощностей потерь встроенной аппаратуры с учетом коэффициента одновременности не превышает значения, полученного при испытании.

Температура нагрева встроенной аппаратуры не должна превышать значений, приведенных в таблице 3. Она может быть вычислена приближенно. Для этого нужно температуру нагрева данного аппарата, измеренную на открытом воздухе, дополнить разницей между температурой внутри оболочки и температурой воздуха, окружающего оболочку.

Измерение температур

Для измерения температур должны использоваться термометры и термопары. Для обмоток обычно используют метод измерения температуры по изменению сопротивления. Для измерения температуры воздуха внутри НКУ следует установить в удобных местах несколько измерительных приборов.

Термометры и термопары должны быть защищены от потока воздуха и теплового излучения.

Температура окружающего воздуха

Температура окружающего воздуха должна измеряться в последнюю четверть периода испытания с помощью по крайней мере двух термометров или термопар, которые равномерно размещают вокруг НКУ на высоте, равной примерно 1 1/2 высоты НКУ, и на расстоянии около 1 м от НКУ. Термометры и термопары должны быть защищены от потоков воздуха и теплового излучения.

Если температура окружающего воздуха во время испытания от 10-40 °С, то значения, приведенные в таблице 3, являются предельными значениями температуры нагрева.

Если температура окружающего воздуха во время испытания превышает 40 или ниже плюс 10 °С, то настоящий стандарт теряет силу, и между изготовителем и потребителем должно быть достигнуто особое соглашение.

Результаты испытаний

В конце испытаний превышение температуры не должно быть больше значений, приведенных в таблице 3. Аппаратура должна работать удовлетворительно при значениях напряжения, находящихся в пределах, допустимых для нее при данной температуре внутри НКУ.

Проверка диэлектрических свойств

Для тех частей НКУ, которые уже прошли типовые испытания в соответствии с техническими условиями, проверку диэлектрической прочности не проводят, если диэлектрическая прочность этих частей не ухудшилась во время монтажа.

Испытательное напряжение должно прикладываться между:

1) всеми токоведущими частями и соединенными между собой открытыми токопроводящими частями НКУ;

2) каждым полюсом и всеми другими полюсами, соединенными для проведения этого испытания с соединенными между собой открытыми токопроводящими частями НКУ.

Если в НКУ имеется защитный проводник, изолированный от открытых токопроводящих частей, то этот проводник следует рассматривать как отдельную цепь, т. е. он должен быть испытан при том же напряжении, что и главная цепь, к которой он принадлежит.

Испытательное напряжение в момент его приложения не должно превышать 50 % от номинальных значений. После этого оно повышается равномерно в течение нескольких секунд до полного номинального значения, указанного ниже, и выдерживается в течение 1 мин. Источники переменного тока должны обладать достаточной мощностью для поддержания испытательного напряжения, независимо от любых токов утечки. Испытательное напряжение должно иметь практически синусоидальную форму волны и частоту от 45 до 62 Гц.

Испытания оболочек, изготовленных из изоляционного материала

Для оболочек, изготовленных из изоляционного материала, должно быть проведено дополнительное испытание диэлектрических свойств приложением испытательного напряжения между металлической фольгой, наложенной с наружной стороны оболочки на отверстия и стыки, и соединенными между собой токоведущими и открытыми токопроводящими частями, которые расположены внутри оболочки и находятся рядом с отверстиями и стыками. При испытании напряжение должно быть в 1,5 раза больше значений, приведенных в таблице 10.

Наружные рукоятки управления из изоляционного материала

Для рукояток управления из изоляционного материала или покрытых изоляционным материалом, диэлектрические свойства должны испытываться приложением напряжения, в 1,5 раза превышающего испытательное напряжение, указанное в таблице 10, между токоведущими частями и металлической фольгой, обернутой вокруг всей поверхности рукоятки. Во

время этого испытания металлоконструкция не должна быть заземлена или соединена с какой-либо другой цепью.

Значение испытательного напряжения приведены в таблице 10.

Таблица 10

Номинальное напряжение изоляции $U_i, В$	Напряжение диэлектрического испытания (переменный ток, действующее значение)
$U_i \leq 60$	1000
$60 < U_i \leq 300$	2000
$300 < U_i \leq 660$	2500
$660 < U_i \leq 800$	3000
$800 < U_i \leq 1000$	3500
$1000 < U_i \leq 1500$	3500

Для вспомогательных цепей - согласно таблице 11.

Таблица 11

Номинальное напряжение изоляции $U_i, В$	Напряжение диэлектрического испытания (переменный ток, действующее значение)
$U_i \leq 12$	250
$12 < U_i \leq 60$	500
$U_i \leq 60$	$2U_i + 1000$ при минимальном напряжении 1500 В

Результаты испытаний

Изделие считают выдержавшим испытание, если не произошло пробоя или перекрытия по поверхности.

Проверка прочности при коротком замыкании

Цепи НКУ, не подлежащие проверке на прочность при коротком замыкании.

Проверку прочности при коротком замыкании не проводят:

Для НКУ с номинальным ожидаемым током короткого замыкания не более 10 кА.

Для НКУ, защищенных токоограничивающими аппаратами с током отключения не выше 15 кА при номинальной отключающей способности.

Для вспомогательных цепей, предназначенных для присоединения к трансформаторам, номинальная мощность которых не превышает $10 \text{ кВ} \times \text{А}$ при номинальном вторичном напряжении не менее 110 В или $1,6 \text{ кВ} \times \text{А}$ при номинальном вторичном напряжении меньшем 110 В, у которых относительное напряжение короткого замыкания не меньше 4 %.

Для всех частей НКУ (главные шины, опоры для шин, соединения с шинами, блоки ввода и вывода, коммутационные аппараты и т.д.), прошедших ранее типовые испытания. Типовые испытания должны быть проведены с учетом условий эксплуатации этих частей в НКУ.

Цепи НКУ, которые должны испытываться на прочность при коротком замыкании

Подготовка испытаний

НКУ или его части должны быть приведены в состояние, соответствующее нормальной эксплуатации. За исключением испытаний на шинах и в зависимости от вида конструкции НКУ, достаточно провести испытание только одного функционального блока при условии, что остальные функциональные блоки имеют подобную конструкцию и не могут повлиять на результаты испытаний.

Проведение испытаний

Общие сведения.

Если испытательная цепь содержит плавкие предохранители, то следует использовать плавкие вставки на максимальный номинальный ток, и, если требуется, того типа, который указан изготовителем.

Проводники для питания НКУ и короткозамкнутые соединения, используемые при испытании НКУ, должны обладать достаточной прочностью, чтобы выдерживать короткое замыкание, и располагаться таким образом, чтобы не создавать дополнительных нагрузок.

Если соглашением не предусмотрены другие требования, то испытательная цепь должна присоединяться к входным зажимам НКУ. Трехфазные НКУ должны присоединяться к трехфазным цепям.

За исключением проверки номинального кратковременно выдерживаемого тока и номинального ударного тока значение ожидаемого тока короткого замыкания при напряжении питания, равном 1,1 номинального рабочего напряжения, следует определять по калибровочной осциллограмме, которую снимают при закороченных проводниках, питания. Закорачивание осуществляют путем подсоединения как можно ближе к питающему вводу небольшого сопротивления. Из осциллограммы должно быть видно, что до момента срабатывания защитного устройства или в течение заданного периода времени ток имеет относительно постоянный характер, приближающийся к номинальному значению.

При испытаниях на переменном токе частота в испытываемой цепи должна быть равна номинальной частоте с отклонением порядка 25 %.

Все части оборудования, включая оболочку, предназначенные для присоединения при эксплуатации к защитному проводу, должны присоединяться следующим образом:

1) аппаратура, используемая в системах TN и TT с заземленной нулевой точкой при соединении «звездой» и имеющая соответствующую маркировку, к нейтрали источника питания к индуктивной искусственной нейтрали, допускающей протекание предполагаемого аварийного тока не менее 100 А;

2) аппаратура, используемая также в системах IT и имеющая соответствующую маркировку, к фазе, которая с наименьшей вероятностью может быть пробита на землю.

В испытательную цепь должно быть включено надежное устройство (например, плавкий предохранитель из медной проволоки диаметром 0,1 мм и длиной не менее 50 мм) для обнаружения аварийного тока и, в случае необходимости, также омическое сопротивление для ограничения величины предполагаемого аварийного тока до 100 А.

Испытание главной цепи

НКУ, содержащие сборные шины, должны подвергаться испытаниям, указанным ниже в подпунктах а), б), д).

НКУ, не содержащие сборных шин, подвергаются испытанию, указанному в подпункте а).

НКУ, не отвечающие требованиям, подвергают дополнительному испытанию, указанному в подпункте с).

а) Если в выходной цепи содержится блок, который ранее не был испытан, то должны быть проведены следующие испытания:

для испытания выходной цепи соответствующие отходящие зажимы должны быть снабжены болтовым короткозамкнутым соединением. Коммутационное устройство должно быть замкнуто и находиться в замкнутом положении как при нормальной эксплуатации, после чего один раз подают испытательное напряжение, которое выдерживают в течение времени, достаточного для срабатывания защитного устройства от короткого замыкания в блоке вывода и его отключения; в любом случае продолжительность подачи испытательного напряжения должна быть не менее 10 периодов.

б) НКУ, содержащие главные шины, следует подвергать дополнительному однократному испытанию с целью проверки прочности при коротком замыкании главных шин и входящей цепи, содержащей любые соединения. Точка, в которой создают короткое замыкание, должна находиться на расстоянии $(2 \pm 0,40)$ м от ближайшей точки подвода питания. При проверке номинального кратковременно выдерживаемого тока и номинального ударного тока это расстояние может быть увеличено. Если длина шин в НКУ меньше 1,6 м, то короткое замыкание должно быть проведено на конце этих шин. Если шинная сборка состоит из различных секций (отличается сечением, расстоянием между соседними шинами, типом и количеством опор на метр), то каждую секцию следует испытывать отдельно или совместно с другими, если выполняются перечисленные выше условия.

с) Короткое замыкание достигается с помощью болтового соединения на проводниках, присоединяющих шины к одному блоку вывода как можно ближе к зажимам со стороны шин блока вывода. Значение тока короткого замыкания должно быть таким же, как и главных шин.

д) Если имеется нейтральная шина, то ее необходимо подвергнуть однократному испытанию для проверки прочности при коротком замыкании по отношению к ближайшей фазной шине, содержащей, по крайней мере, одно соединение. В случае отсутствия специального соглашения между

изготовителем и потребителем значение испытательного тока в нейтральной шине должно составлять 60 % от фазного испытательного тока.

Значение и продолжительность тока короткого замыкания.

а) НКУ с защитным устройством от короткого замыкания, включенным в блок ввода.

Ток, соответствующий указанному ожидаемому току короткого замыкания, должен протекать до тех пор, пока он не будет отключен защитным устройством;

б) НКУ, не содержащие защитного устройства от короткого замыкания в блоке ввода.

Для НКУ с номинальным кратковременно выдерживаемым током и номинальным ударным током электродинамическая и термическая стойкость должны проверяться этими номинальными токами.

Испытание кратковременно выдерживаемым током допускается проводить при любом соответствующем напряжении, действующее значение которого определяют с помощью осциллограммы.

Результаты испытаний

После окончания испытания не должно наблюдаться деформации проводников. Допустима незначительная деформация шин при условии, что выполняются требования в отношении воздушных зазоров и длин путей утечки. Не должно быть также каких-либо значительных признаков разрушений изоляции проводников и несущих изолирующих частей, т. е. основные характеристики изоляции должны оставаться такими, чтобы механические и электроизоляционные свойства оборудования удовлетворяли требованиям настоящего стандарта.

Измерительные приборы не должны показывать наличие аварийного тока.

Не должно наблюдаться ослабления деталей, используемых для соединения проводников; проводники не должны отсоединяться от выходных зажимов.

Деформация оболочки допустима в той степени, при которой не происходит ухудшения степени защиты и зазоры не уменьшаются ниже допустимых.

Любую деформацию шин или металлоконструкций НКУ, нарушающую нормальный ввод съемных и выдвижных частей, следует рассматривать как повреждение.

В случаях, когда допустимость возникших деформаций вызывает сомнение, необходимо подтвердить, что аппаратура, входящая в НКУ, находится в состоянии, удовлетворяющем требованиям соответствующих технических условий.

Проверка эффективности цепи защиты

Проверка надежности соединений между открытыми токопроводящими частями НКУ и цепью защиты

Эта проверка должна подтверждать надежность соединения различных открытых токопроводящих частей НКУ с цепью защиты в соответствии с требованиями.

Если используют другие конструктивные способы обеспечения непрерывности цепи защиты, в сомнительных случаях необходимо проводить измерения, подтверждающие, что сопротивление между зажимом для входного защитного проводника и соответствующей открытой токопроводящей частью НКУ достаточно мало.

Испытание прочности цепи защиты при токах короткого замыкания

Однофазный испытательный источник питания нужно соединить с входным зажимом одной фазы и с входным зажимом защитного проводника. Если НКУ оснащено защитным проводником, то нужно использовать ближайший фазный провод. Отдельные испытания проводят для каждого типа блоков вывода посредством болтовой закоротки между соответствующими выходным фазовым зажимом блока и зажимом соответствующего выходного защитного проводника.

Каждый испытываемый блок выхода должен оснащаться защитным устройством, которое пропускает максимальное значение ударного тока и $I2t$. Допускается проведение испытания с защитным устройством, расположенным вне НКУ.

При испытании металлоконструкция НКУ должна быть изолирована от земли. Значения ожидаемого тока и приложенного напряжения должны представлять собой однофазные величины, полученные по результатам испытаний НКУ на прочность к трехфазным коротким замыканиям.

Результаты испытаний

Не должна быть нарушена непрерывность и должна быть подтверждена прочность цепи защиты при коротких замыканиях, независимо от того, представляет эта цепь отдельный проводник или металлоконструкцию.

Помимо визуального осмотра, это может быть подтверждено посредством измерения тока, примерно равного номинальному току соответствующего блока вывода.

Проверка зазоров и длин путей утечки

Необходимо удостовериться, что зазоры и длины путей утечки соответствуют требуемым значениям.

При необходимости, эти зазоры и длины путей утечки должны быть проверены измерением с учетом возможной деформации частей оболочки или внутренних перегородок, включая любые возможные изменения в результате короткого замыкания.

Если НКУ содержит выдвижные части, то необходимо убедиться, что зазоры и длины путей утечки сохраняются как в испытательном положении, если такое имеется, так и в отсоединенном положении.

Проверка механической работоспособности

Это испытание не проводят на тех комплектующих НКУ, которые уже прошли типовые испытания согласно соответствующим техническим

условиям на них при условии, что механические характеристики комплектующих не ухудшились при монтаже.

Для частей, подвергающихся типовым испытаниям, после их установки в НКУ должна быть проверена удовлетворительность их механического срабатывания. Количество рабочих циклов - 50.

Примечание. В НКУ с выдвижными функциональными блоками цикл должен осуществляться от присоединенного положения к отсоединенному и обратно в присоединенное положение.

Одновременно следует проверить работу механической блокировки, связанной с этими перемещениями. Считают, что испытание завершилось успешно, если рабочие характеристики аппаратуры, блокировочных и подобных устройств не ухудшились и если усилие, необходимое для его работы, осталось практически таким же, как и до испытания.

Приемосдаточные испытания

Осмотр НКУ, включая проверку монтажа и, в случае необходимости, проведение испытаний на работоспособность

Следует проверить механическое срабатывание комплектующих элементов, блокировки, замков и т.д. Должна быть проверена правильность прокладки проводников и кабелей и приспособлений для их монтажа. Необходимо также произвести визуальный осмотр, чтобы убедиться в соблюдении требуемой степени защиты, величин зазоров и длин путей утечки.

Соединения, особенно винтовые и болтовые, должны быть проверены на наличие соответствующего контакта. Допускается выборочная проверка.

Далее следует проверить полноту информации и маркировки, а также соответствие НКУ этим данным. Кроме того, следует проверить соответствие НКУ схемам соединений и монтажным схемам, техническим данным и другим документам, обеспечиваемых изготовителем.

В зависимости от сложности НКУ может потребоваться осмотр монтажа проводников и испытание НКУ на работоспособность. Методика испытания и количество испытаний зависят от того, содержит ли НКУ сложные блокирующие устройства, устройства управления последовательностью и т.д.

В некоторых случаях может потребоваться проведение (или повторение этого испытания на месте эксплуатации во время ввода в действие оборудования, для которого предназначено данное НКУ. В этом случае между изготовителем и потребителем должно быть достигнуто особое соглашение.

Диэлектрические испытания

Общие сведения

Испытательное напряжение в соответствии с требованиями должно подаваться в течение 1 с. Источник переменного тока должен обладать достаточной мощностью, чтобы поддерживать испытательное напряжение независимо от всех токов утечки. Напряжение должно иметь практически синусоидальную форму волны и частоту от 45 до 62 Гц.

При проведении испытания должно быть подключено все электрическое оборудование НКУ, за исключением того, которое согласно соответствующим техническим условиям рассчитано на более низкое испытательное напряжение, а аппаратура, потребляющая ток (например, обмотки, измерительные приборы), и в которой приложенное испытательное напряжение может вызвать протекание тока, должна быть отключена. Эта аппаратура должна отсоединяться от одного из ее зажимов. Если аппаратура не рассчитана на полное напряжение, то отсоединены должны быть все зажимы.

Конденсаторы, служащие для устранения помех, устанавливаемые между токоведущими частями и открытыми токопроводящими частями, не отсоединяют; они должны выдержать испытательное напряжение.

Для данного испытания:

все коммутационные устройства должны быть замкнуты, или испытательное напряжение должно подаваться последовательно на все части цепи.

Испытательное напряжение должно прикладываться между токоведущими частями и металлоконструкцией НКУ.

Значение испытательного напряжения

Если оборудование, включенное в подлежащие испытанию главную или вспомогательную цепи, ранее уже прошло диэлектрические испытания, то испытательное напряжение должно быть снижено до 85 % от номинального значения.

Результаты испытаний

Изделие считают выдержавшим испытание, если не произошло пробоя изоляции или перекрытия по поверхности.

Необходимо проверять средства защиты от прямого и непрямого прикосновения к токоведущим частям.

Проверка цепей защиты должна подтвердить, что требования, предъявляемые к средствам защиты, выполняются. Особенно тщательно необходимо проверить болтовые соединения, где требуется определенное контактное нажатие; в этом случае испытания могут носить выборочный характер.

Проверка сопротивления изоляции

Испытание считают удовлетворительным, если сопротивление изоляции между цепями и открытыми токопроводящими частями будет не менее 1000 Ом/В на цепь, отнесенной к номинальному напряжению этих цепей относительно земли.

Список литературы

1. Акимов Е.Г. Низковольтные комплектные устройства. База данных. 2008 на CD
2. Гринчук Ф.Ф., Хавроничев С.В. КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НАПРЯЖЕНИЕМ 6÷10 кВ. Часть I: Учеб. пособие / ВоГТУ, Волгоград, 2006. – 88 с.
3. ГОСТ Р МЭК 60715-2003 Аппаратура распределения и управления низковольтная. Установка и крепление на рейках электрических аппаратов в низковольтных комплектных устройствах распределения и управления
4. ГОСТ 28668-90 (МЭК 439-1-85) Низковольтные комплектные устройства распределения и управления.
5. Опалева Г.Н.- "Схемы и подстанции электроснабжения" Справочное пособие. 2006г
6. Правила устройства электроустановок, издание 7.
7. ПТЭ и ПТБ электроустановок потребителей

НАИБОЛЬШИЕ И НАИМЕНЬШИЕ СЕЧЕНИЯ МЕДНЫХ ПРОВОДНИКОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ПРИСОЕДИНЕНИЯ

Приведенная ниже таблица применима для присоединения одного медного кабеля на зажим.

Таблица А1

Номинальный ток, А	Сечение жесткого (одножильного или многожильного) провода, мм		Сечение гибкого провода, мм ²	
	наименьшее	наибольшее	наименьшее	наибольшее
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
6	0,75	1,5	0,5	1,5
8	1	2,5	0,75	2,5
10	1	2,5	0,75	2,5
12	1	2,5	0,75	2,5
16	1,5	4	1	4
20	1,5	5	1	4
25	2,5	6	1,5	4
32	2,5	10	1,5	6
40	4	16	2,5	10
63	6	25	6	16
80	10	35	10	25
100	16	50	16	35
125	25	70	25	50
160	35	95	35	70
200	50	120	50	95
250	70	150	70	120
315	95	240	95	185

Примечания:

1. Если внешние проводники присоединяют непосредственно к встроенной аппаратуре, то значения сечений должны соответствовать указанным в соответствующих технических условиях.
2. Применение проводников, отличающихся от указанных в таблице А1, должно быть согласовано между изготовителем и потребителем.

МЕТОД РАСЧЕТА СЕЧЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПРОВОДНИКОВ С УЧЕТОМ ТЕРМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК, СОЗДАВАЕМЫХ КРАТКОВРЕМЕННЫМИ ТОКАМИ

Для расчета сечения защитных проводников, выдерживающих термические нагрузки, создаваемых токами длительностью от 0,2 до 5 с, используют формулу

$$S_p = \frac{I \cdot \sqrt{t}}{k}$$

где S_p - поперечное сечение защитного проводника, мм²;

I - действующее значение тока короткого замыкания, который может протекать через защитное устройство при малом внутреннем сопротивлении, А;

t - время срабатывания разъединяющего устройства, с.

Примечание. Нужно учитывать влияние ограничения тока сопротивлением цепи и ограничивающую способность (интеграл Джоуля) защитных устройств;

k - коэффициент, зависящий от материала защитного проводника, от изоляции и других элементов, а также от начальной или конечной температур.

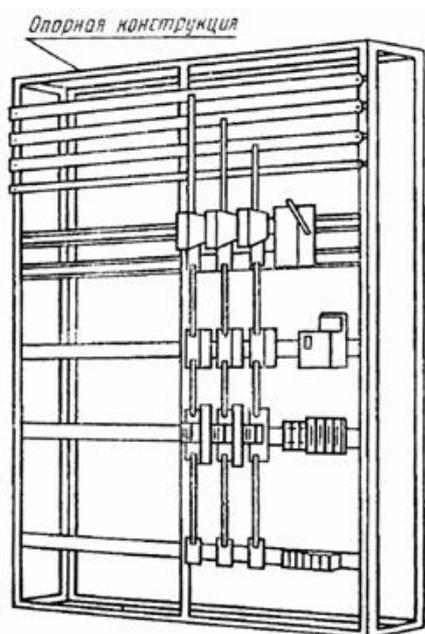
Таблица В1

Значения k для защитных изолированных проводников, не входящих в кабель, или для защитных неизолированных проводников, находящихся в контакте с оболочкой кабеля

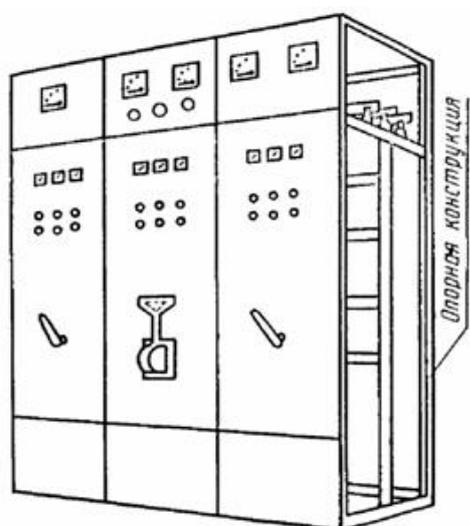
Параметр	Изоляция защитных проводников или оболочек кабелей		
	ПВХ	Облученный (сшитый) полиэтилен, этиленпропиленовый каучук, неизолированные проводники	Бутилкаучук
Конечная температура, °С	160	250	220
Значение коэффициента k для проводников:			
медного	143	176	166
алюминиевого	95	116	110
стального	52	64	60

Примечание. Начальную температуру проводника принимают равной 30 °С.

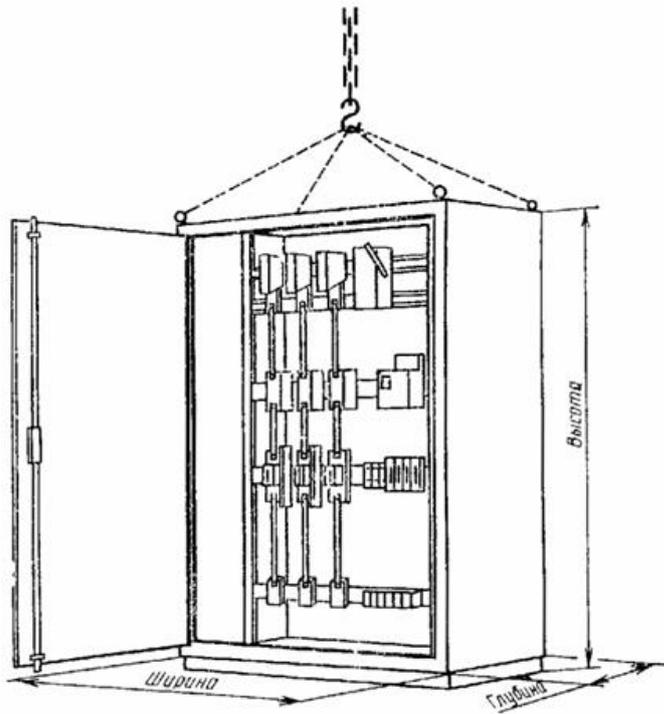
Пояснительные эскизы



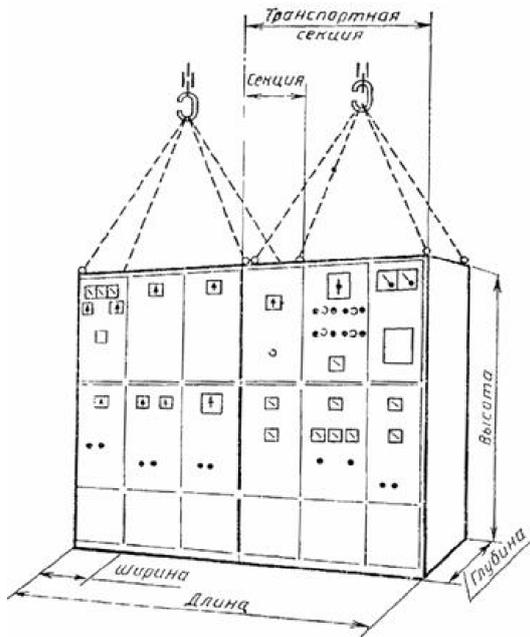
Чертеж С1. НКУ заводского изготовления открытого типа



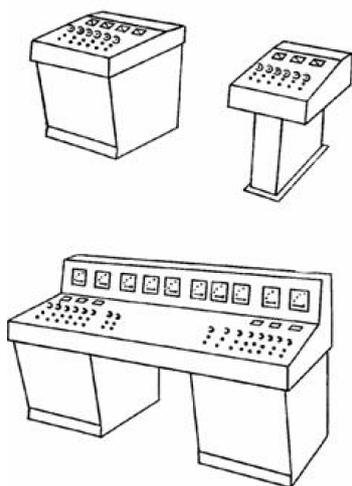
Чертеж С2. НКУ заводского изготовления открытого типа, защищенное спереди



Чертеж С3. НКУ заводского изготовления шкафного типа



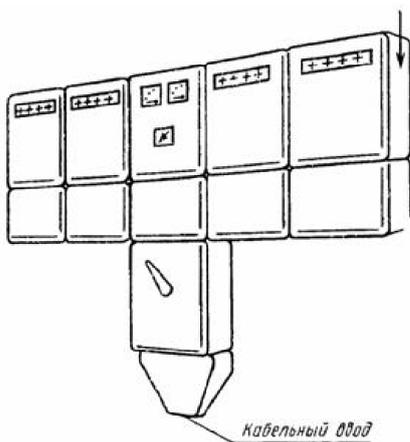
Чертеж С4. НКУ заводского изготовления многошкафного типа



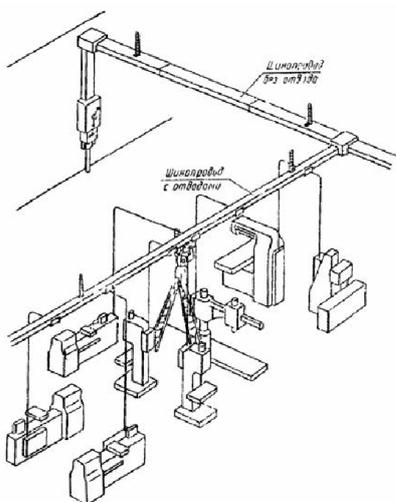
Чертеж С5. НКУ заводского изготовления пультового типа

НКУ заводского изготовления:

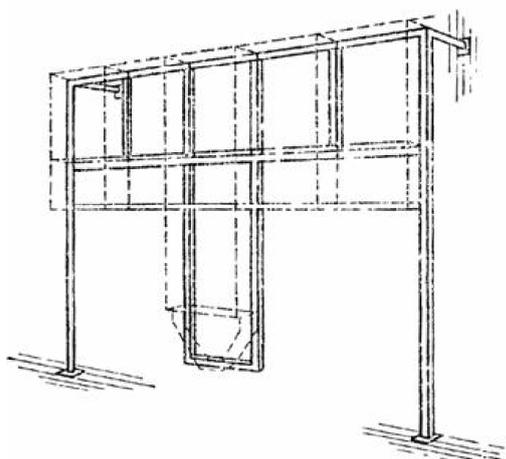
ящичного типа



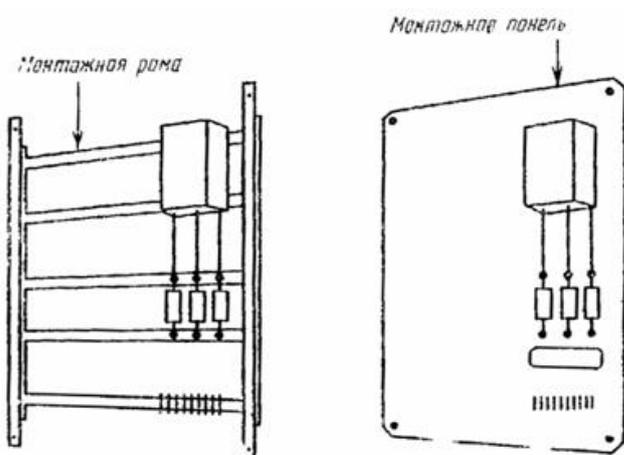
Чертеж С6. НКУ заводского изготовления многоящичного типа



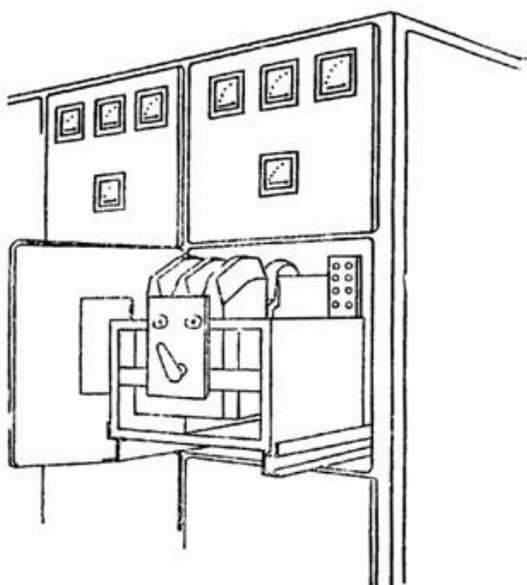
Чертеж С7. Система сборных шин (шинопровод)



Чертеж С8. Монтажная конструкция

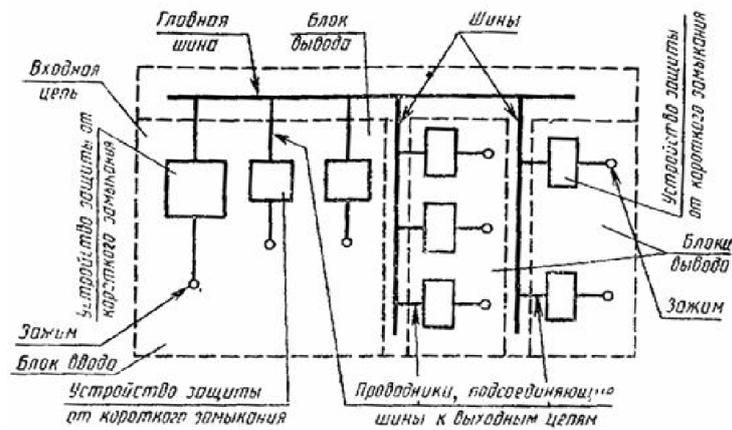


Чертеж С9. Неподвижные части

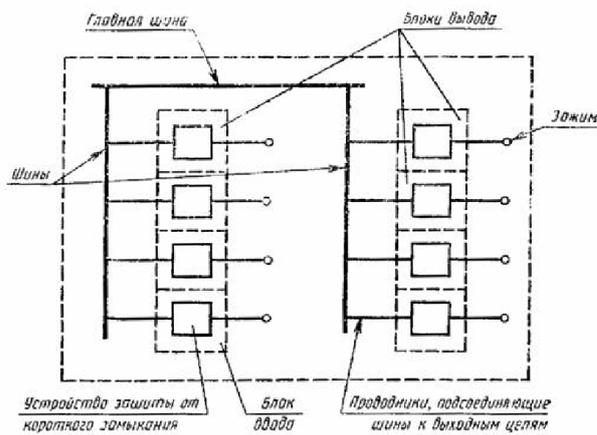


Чертеж С10. Выдвижная часть

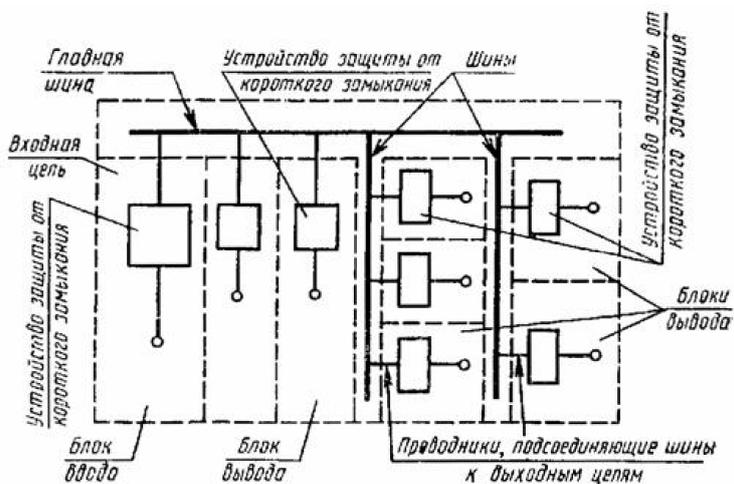
ТИПОВЫЕ ПРИМЕРЫ УСТРОЙСТВ С УСТАНОВЛЕННЫМИ В НИХ БАРЬЕРАМИ И ПЕРЕГОРОДКАМИ



Чертеж D1



Чертеж D2



Чертеж D3