

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра электротехнологии**

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

## **ПРИНЦИПАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ПИТАЮЩЕЙ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ**

*Учебно-методическое пособие  
к курсовому и дипломному проектированию для студентов  
специальности 1–74 06 05 «Энергетическое обеспечение  
сельскохозяйственного производства»*

**Минск  
2007**

УДК 621.371:621.31 (07)

ББК 31.26я7

П 79

Рекомендовано научно-методическим советом агроэнергетического факультета БГАТУ

Протокол № 11 от 14 июня 2007 г.

Составители: ст. преподаватель *Е.И. Лицкевич*,  
канд. техн. наук, доц. *П.В. Кардашов*

Рецензент – канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой электрооборудования  
с.-х. предприятий АПК БГАТУ *В.А. Дайнеко*

В издании изложены: методы разработки принципиальных схем питающей и распределительной сети проекта силового электрооборудования здания в соответствии с ГОСТ 21.613–88; основные положения и требования ГОСТ 30331 «Электроустановки зданий» при выборе пускозащитной аппаратуры и электропроводок; пример выполнения реального проекта силового электрооборудования участка компрессорной станции.

УДК 621.371:621.31 (07)

ББК 31.26я7

© БГАТУ, 2007

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....   | 4  |
| 1 Схемы электрические принципиальные питающей и распределительной сети.....   | 5  |
| 2 Пример проектирования принципиальной схемы распределительной сети.....  | 7  |
| 3 Пример проектирования принципиальной схемы питающей сети.....   | 12 |
| 4 Пример выполнения реального проекта силового электрооборудования участка компрессорной станции.....                 | 17 |
| 5 Нормативные документы по электроустановкам зданий. Общие вопросы электробезопасности и защиты электроустановок..... | 27 |
| Литература.....   | 38 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....   | 39 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....   | 41 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....   | 42 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....   | 43 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 5.....   | 49 |

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящее издание имеет целью разъяснить и показать на примерах требования ГОСТ 21.613–88 «Силовое электрооборудование, рабочие чертежи» к выполнению принципиальных схем питающей и распределительной сети в проекте силового электрооборудования здания и сооружения. При выполнении принципиальных схем питающей и распределительной сети следует также руководствоваться ГОСТ 30331 «Электроустановки зданий», основные положения которого приведены в издании.

Чтобы ознакомить студентов с составом и порядком оформления чертежей реальных проектов силового электрооборудования, представлен пример выполнения проекта силового электрооборудования участка компрессорной и дано описание его выполнения.

## **1 СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ПИТАЮЩЕЙ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ**

Принципиальные электрические схемы питающей и распределительной сети составляются в проекте силового электрооборудования здания или сооружения в соответствии с ГОСТ 21.613–88. Это схемы электрических сетей для питания электроприемников напряжением до 1 кВ в пределах проектируемого здания, сооружения, а также управляющие устройства электроприводов систем вентиляции, водоснабжения, канализации и других механизмов общего назначения, если электроприводы этих механизмов поставляются без управляющих устройств (без щитов, шкафов или ящиков управления). Если пускозащитная аппаратура и устройства управления поставляются заводами-изготовителями комплектно с технологическим оборудованием, то в чертежах силового электрооборудования выполняют подвод питания к оборудованию и к шкафам управления, комплектно поставляемым с этим оборудованием.

Прежде чем выполнять принципиальные электрические схемы питающей и распределительной сети, строят схему распределения электроэнергии внутри здания в структурном виде (см. примеры проектирования принципиальных схем распределительной и питающей сети). Вид схемы распределения электроэнергии внутри здания зависит от места расположения электроприемников, от наличия в комплекте с электроприемниками пускозащитной и управляющей аппаратуры (шкафов, пультов и ящиков управления), от категории по надежности электроснабжения электроустановки, от внешних воздействующих факторов окружающей электроприемник среды и от вида требуемой по ПУЭ (п.3.1.8, 3.1.10 и 7.3.94) защиты электросетей (электропроводок) подводимых к электроприемникам здания.

Принципиальная схема распределительной сети выполняется по форме 3, а принципиальная схема питающей сети по форме 2 ГОСТ 21.613–88 (приложение 1).

*При разработке принципиальных схем по формам 2 и 3 руководствуются следующим:*

- *принципиальную схему выполняют в однолинейном изображении, при этом нулевой проводник отдельной линией не изображают;*
- *условные графические обозначения электроприемников, пусковых и защитных аппаратов на принципиальной схеме, как правило, не изображают, а указывают над линией их буквенно-цифровые обозначения, типы и технические данные;*
- *электроприемники, подключаемые непосредственно к питающей магистрали, показывают на принципиальных схемах питающей сети.*

Выполнение принципиальных схем распределительной и питающей сети рассмотрим на примерах.

Для удобства описания процесса проектирования принципиальных схем распределительной и питающей сети обозначим цифрами 1–16 и 1–17 вертикальные графы формы 3 и формы 2 схем (в реальных проектах эти графы цифрами не обозначаются).

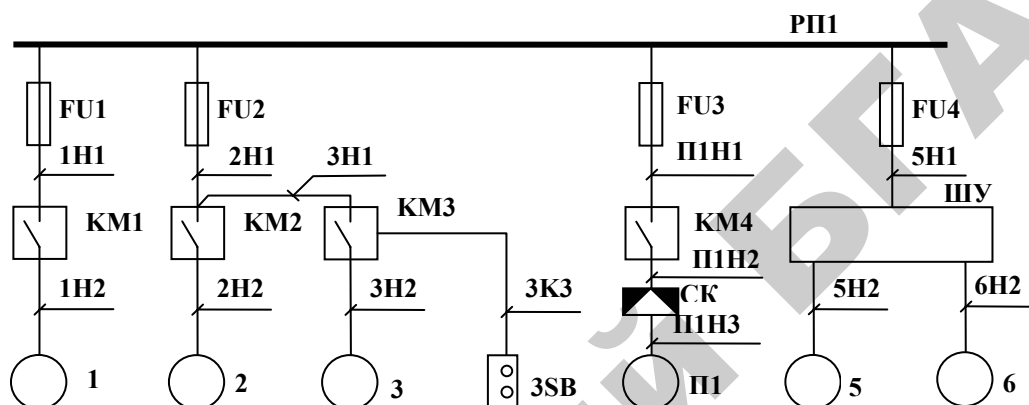
К питающей сети относится сеть от трансформаторной подстанции, питающей магистраль до распределительного устройства или электроприемника.

К распределительной сети относится сеть от распределительного шинпровода или распределительного пункта до электроприемника.

## 2 ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Проектирование принципиальной схемы распределительной сети рассмотрим на примере электрических приемников молочного блока.

Пусть часть электроприемников молочного блока запитана от силового распределительного шкафа РП1 по схеме, представленной на рисунке 1.



| Обозначение на плане          | 1     | 2           | 3                   | 3SB            | П1                   | 5     | 6           |
|-------------------------------|-------|-------------|---------------------|----------------|----------------------|-------|-------------|
| $P_n$ , кВт                   | 5,5   | 2,2         | 1,1                 |                | 4                    | 1,1   | 0,55        |
| $I_n$ , А                     | 11    | 4,5         | 2,5                 |                | 8                    | 2,5   | 1,6         |
| $I_{пуск}$ , А                | 77    | 27          | 15                  |                | 56                   | 15    | 9,6         |
| Наименование электроприемника | насос | транспортер | вытяжной вентилятор | кнопочный пост | приточный вентилятор | насос | мешалка     |
|                               |       |             |                     |                |                      |       | танк молока |

Рисунок 1 – Схема питания электроприемников

Дадим буквенно-цифровое обозначение трассам линий электропроводки в соответствии с рекомендациями ГОСТ 21.613–88.

На первом месте – обозначение (номер) электроприемника на плане, к которому подводится сеть; на втором – буква «Н» для трассы силовых сетей (сетей главного тока), буква «К» для трассы контрольных сетей (сетей цепей управления); на третьем – порядковый номер трассы электропроводки, необ-

ходимой для подключения электроприемника, указанного на первом месте. (Чаще всего порядковый номер 1 – сеть до пускового аппарата, 2 – сеть от пускового аппарата до электроприемника).

Выполним схему питания электроприемников, представленную на рисунке 1, в соответствии с ГОСТ 21.613–88. Это принципиальная схема распределительной сети, которую нужно выполнить по форме 3 (приложение 1). Сама принципиальная схема представлена в приложении 2.

Под «шапкой» формы 3 схема выполняется в виде толстых (в основном горизонтальных и вертикальных) линий. Линии выполняются в графах 2–12. Вертикальная линия между графами 1 и 2 обозначает шины РП1 или само распределительное устройство. Горизонтальные линии обозначают аппараты и трассы электропроводки от шин РП1 до электроприемника, номер которого указан в графе 13. Все надписи ведутся над горизонтальными линиями в соответствующих графах.

В графе 1 «Магистраль» указывают буквенно-цифровое обозначение распределительного пункта, тип, напряжение, установленную мощность  $P_{уст}$  и расчетный ток  $I_{расч}$  для пунктов, соединенных «в цепочку». При необходимости указывают потери напряжения  $\Delta U$ , %.

В графе 2 «Аппарат отходящей линии (ввода)» должно быть 4 строки: первая – обозначение (при отсутствии обозначения нужно ставить прочерк); вторая – тип аппарата; третья – номинальный ток аппарата в Амперах, при этом размерность «А» не ставится; четвертая – расцепитель или плавкая вставка аппарата в Амперах без обозначения размерности «А», так как это обозначение есть в «шапке» таблицы.

В графе 3 надписи отсутствуют. Горизонтальная линия, пересекающая эту графу, обозначает проводку между аппаратами, указанными в графах 2 и 4. Это участок сети 1. В нашей схеме это трасса 1Н1 между FU1 и KM1, трасса 2Н1 между FU2 и KM2 и т.д.



В графе 4 «Пусковой аппарат» записывают данные пускового аппарата в четырех строках аналогично записям в графе 2:

- 1) обозначение;
- 2) тип;
- 3)  $I_{\text{ном.}}$  А;
- 4) расцепитель или плавкая вставка, А, или уставка теплового реле, А (в зависимости от того, какой пусковой аппарат принят в схеме).

Если в схеме принят магнитный пускатель без теплового реле, в четвертой строке ставят прочерк. Если пусковой аппарат поставляется комплектно с технологическим оборудованием, то в графе 4 указывают обозначение на плане, ставят знак «\*», и делают ссылку снизу под схемой.

В графе 5 надписи отсутствуют. Горизонтальная линия, пересекающая эту графу, обозначает проводку между аппаратом, указанным в графе 4, и электроприемником, указанным в графе 13. Это участок сети 2. В нашей схеме это трасса 1Н2 между КМ1 и электроприемником 1, трасса 2Н2 между КМ2 и электроприемником 2 и т.д.

В графе 6 указывают номер участка сети, описание которого дается в графах 7–12. Графы 6–12 над линией сети разделены тонкой горизонтальной линией на две части (на две горизонтальные строки). В графе 6 в первой (верхней) горизонтальной строке ставят цифру «1», что обозначает участок сети 1, описание которого дается в этой строке в графах 7–12; во второй (нижней) горизонтальной строке ставят цифру «2», что обозначает участок сети 2, описание которого дается в этой строке в графах 7–12. Итак, в графе 6 принципиальной схемы распределительной сети могут стоять только цифры 1 или 2. В случае, если в схеме в графе 3 линия сети отсутствует, в графе 6 вместо цифры «1» ставят прочерк и далее в этой строке графы 7–12 остаются пустыми.

В графе 7 указывают номер трассы электропроводки соответственно на участках сети 1 и 2.

В графе 8 указывается марка кабеля или провода электропроводки соответствующей трассы.

В графе 9 указывают количество, число жил и сечение кабеля или провода соответствующей трассы.

В графе 10 указывается длина кабеля или провода, необходимая для монтажа соответствующей трассы. Нужно помнить, что если трасса сети выполняется одним многожильным кабелем, то указывается общая длина кабеля. Если же трасса выполнена одножильными проводами, которые затягиваются в трубу, то длина трассы равна длине трубы, а длина провода определяется умножением количества проводов на длину трассы и прибавлением некоторого количества провода на «змейку», на разделку и ввод в распределительное устройство или аппарат. В этом случае в графе 10 указывается общая длина одножильного провода.

В графах 11 и 12 указывается способ прокладки и длина соответствующего участка трассы, выполненного указанным способом.

В графе 13 указывают цифровое или буквенно-цифровое обозначение электроприемника на плане. Если в схеме графы 5–12 горизонтально пересекает линия сети к аппарату управления или к контрольно-измерительному прибору, то в графе 13 указывают обозначение этого аппарата или прибора на плане.

В графе 14 указывают установленную или номинальную мощность электроприемника, кВт.

В графе 15 указывают расчетный ток для электроприемников, у которых нет «броска» (многократного увеличения) тока при пуске. Для электродвигателей указывают токи в А в виде дроби: в числителе  $I_{\text{ном}}$ , в знаменателе  $I_{\text{пуск}}$ . Для многодвигательных электроприемников указывают: в числителе – общий расчетный ток уставки в А, в знаменателе – максимальный ток в А (максимально возможный ток при запуске установки).

В графе 16 указывают наименование электроприемника. Если электроприемником является установка или низковольтное комплектное устройство

(НКУ), чертежи которого разрабатываются отдельным комплектом, в графе 16 указывают обозначение чертежа принципиальной схемы установки или обозначение чертежа общего вида НКУ.

Если после аппарата отходящей линии до электроприемника в сети не один, а два аппарата, которые нужно описать в схеме (например, для П1 после FU3 подключены КМ4 и СК), то линию сети после графы 12 переносят в начало графы 4 следующей строки. В конце графы 12 ставят уходящую стрелку под углом  $45^\circ$  и под таким же углом ставят стрелку, приходящую в начало графы 4. В конце и в начале стрелок ставят прописные буквы русского алфавита а-а (б-б, в-в, г-г и т.д., если несколько переносов в пределах данного листа схемы). Аналогично можно переносить линии сети практически в любые точки схемы.

### 3 ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ

Производственный цех является потребителем второй категории. Структурная схема питающей сети производственного цеха представлена на рисунке 2. В соответствии с п.1.2.19 ПУЭ питание цеха рекомендуется выполнять двумя линиями от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. В качестве вводного устройства примем вводно-распределительное устройство типа ВРУ 1-11-10УХЛ4 на 2 ввода и 2 отходящие линии с предохранителями ПН2-250. В цехе имеется пилорама общей мощностью 37,5 кВт. В комплекте с пилорамой установлен шкаф управления с пускозащитной аппаратурой и аппаратами управления. В цехе имеется еще 2 силовых распределительных шкафа РП1 и РП2, от которых питаются электроприемники цеха, и щиток электроосвещения ЩО. Шкаф управления пилорамой подключаем непосредственно к ВУ через силовой ящик Я1 типа ЯРП-250 с рубильником и предохранителями.

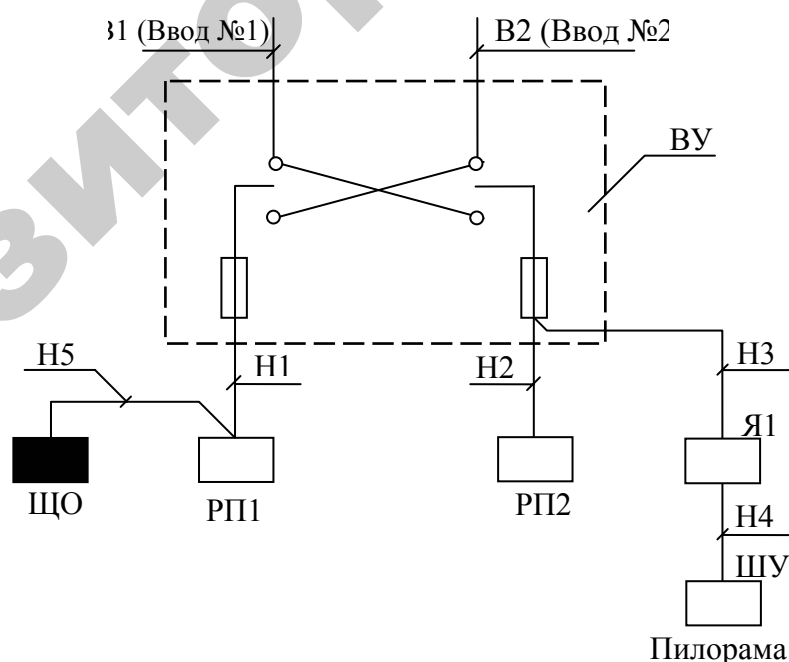


Рисунок 2 – Структурная схема питающей сети производственного цеха

**Принципиальную схему питающей сети** выполняем по форме 2 (приложение 1) аналогично принципиальной схеме распределительной сети. Форма 2 в отличие от формы 3 имеет 17 вертикальных граф. В форме 2 есть возможность описывать 3 участка сети над каждой линией, изображающей аппараты и сеть электропроводки, графы 7–13 разделены на 3 горизонтальные строки, в которых описывают технические данные сети на участках 1, 2 и 3. Схема представлена в приложении 3.

Схема питающей сети цеха представлена на рисунке 2 в структурном виде. Дадим буквенно-цифровое обозначение трассам электропроводки. Линии ввода обозначим В1 и В2, остальные трассы питающих сетей обозначим Н1–Н5. Выполним схему, представленную на рисунке 2, по форме 2 в соответствии с ГОСТ 21.613–88 (приложение 3).

В графе 1 «Магистраль» указывают буквенно-цифровое обозначение магистрали, вводного или вводно-распределительного устройства, его тип и технические данные, координаты по плану расположения электрического оборудования (при необходимости).

В графе 1 записываем обозначение на плане и тип вводного или вводно-распределительного устройства. Само вводное устройство можно изобразить сплошной толстой вертикальной линией вдоль границы раздела граф 1 и 2. Однако в этом случае было бы непонятно, к какому вводу подключаются РП1 и ЩО, к какому РП2 и ШУ, и как производится переключение при исчезновении напряжения на одном из вводов. Поэтому в графе 1 изобразили схему вводного устройства и показали имеющиеся во вводном устройстве переключатели, с помощью которых можно все электроприемники цеха в аварийном режиме подключить к одному из вводов. В нормальном режиме РП1 и ЩО подключены к вводу N1, РП2 и ШУ – к вводу N2.

Схема выполняется в графах 2–13 в виде толстых горизонтальных и вертикальных линий. Над горизонтальными линиями в графах 3 и 5 описываем обозначение, тип и технические данные аппаратов.

В графах 2, 4 и 6 надписи отсутствуют, это участки сети 1, 2 и 3 между аппаратами, описанными в предыдущей и последующей графах.

В графах 7–13, которые разделены на 3 строки, описываются кабели и провода электропроводок соответствующих участков. Если отсутствует аппарат, и в графах 3 или 5 схемы нет никаких описаний, а сплошная толстая горизонтальная линия сети пересекает два (2 и 4) или все три участка сети (пересекает графы 2, 4 и 6), описывает эту сеть на участке ближайшем к точке подключения сети к аппарату или шине устройства.

Если в графе 3 описан аппарат отходящей линии, который входит в состав вводного устройства (в состав магистрали), то участок сети 1 также входит в состав вводного устройства (это соединение выполнено во вводном устройстве), тогда в первой строке графы 7 ставим прочерк, а графы 8–13 в этой строке остаются пустыми.

Если в графе 5 описываем аппарат ввода в распределительное устройство, указанное в графе 14, то участок сети 3 входит в состав распределительного устройства и на схеме не описывается, т.е. в третьей строке графы 7 ставим прочерк, а графы 8–13 в третьей строке остаются пустыми.

По нашей схеме в нормальном режиме часть электропотребителей цеха подключено к вводу 1, а часть к вводу 2.

В аварийном режиме (при отсутствии напряжения на одном из вводов) все электроприемники второй категории по надежности электроснабжения подключаются к одному вводу. В графах 15 и 16 следует указать установленную мощность и расчетный ток в нормальном и аварийном режимах.

Если аппараты или кабели (провода) сети учтены в других проектах (например, в проекте силового электрооборудования другого здания или в проекте наружных сетей 0,38 кВ), то в схеме эти аппараты или кабели (провода) не учитываются, лишь делается \* (или \*\*), а сноски с пояснениями размещаются внизу под чертежом схемы.

На чертеже каждой принципиальной схемы по форме 4 приводят потребность кабелей и проводов (рисунок 3), а по форме 5 – потребность труб

(рисунок 4). В формы 4 и 5 включают кабели, провода и трубы, технические данные и длины которых указаны в принципиальной схеме питающей и распределительной сети.

**На принципиальных схемах не приводят:**

- технические данные электрооборудования, марки, сечения и длины кабелей и проводов, обозначения и длины труб, если они поставляются комплектно с технологическим оборудованием или предусмотрены рабочей документацией нестандартизированного оборудования;
- марки, сечения и длины проводов в пределах НКУ;
- марки, сечения и длины кабелей и проводов для электроприемников, для которых всю необходимую информацию о кабелях и проводах невозможно привести на принципиальной схеме (например, сети с разветвленными цепями управления). Данные об этих кабелях, проводах и трубах помещают в кабельном журнале.

Форма 4

| Число и сечение жил,<br>напряжение | Марка       |  |  |  |  | 8 |
|------------------------------------|-------------|--|--|--|--|---|
|                                    |             |  |  |  |  |   |
|                                    |             |  |  |  |  |   |
| 47                                 | N×20=240max |  |  |  |  |   |
| 287                                |             |  |  |  |  |   |

Рисунок 3 – Потребность кабелей и проводов длина, м

| Обозначение по стандарту | Диаметр по стандарту, мм | Длина, м | 20 |
|--------------------------|--------------------------|----------|----|
|                          |                          |          |    |
|                          |                          |          |    |
| 45                       | 30                       | 20       |    |
| 95                       |                          |          |    |

Рисунок 4 – Потребность труб

Для троллейных линий, имеющих секционирование и подпитку, для лабораторных и других разветвленных сетей с несколькими напряжениями, частотами и т.д. в обоснованных случаях допускаются отступления от форм 2 и 3 или выполнение принципиальных схем по произвольной форме, при этом схемы должны содержать все технические данные, предусмотренные формами 2 и 3 ГОСТ 21.613–88.



#### 4 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РЕАЛЬНОГО ПРОЕКТА СИЛОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ УЧАСТКА КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

##### Задание

Выполнить проект силового электрооборудования участка компрессорной.

В существующем здании холодильника (*лист 5 приложения 4*) в осях 1 – 3, В – Г установлены компрессор холодильной установки 1, мощность привода 7,5 кВт (электродвигатель АИР 132S4) и насос оборотной воды 2 мощностью 2,2 кВт (электродвигатель АИР 90L4). Рядом со зданием, левее оси 1 размещена вентиляционная градирня с вентилятором 3 мощностью 0,55 кВт (электродвигатель АИР 71A4).

В электрощитовой имеется водно-распределительное устройство с одной резервной группой с предохранителями на номинальный ток 250 А. Вводное устройство получает 2 независимых питания от ТП.

Управление приводами выполнить в соответствии с технологической схемой, представленной на рисунке 5.

Аммиачный компрессор холодильной установки 1 охлаждается водой, которая подается насосом 2 из поддона градирни, проходит через рубашку компрессора и возвращается в разбрызгиватель градирни. Для лучшего охлаждения воды в теплое время года в градирне имеется вентилятор 3. Вентилятор работает только при включенном насосе. В зимнее время и в переходные периоды, когда температура оборотной воды, поступающей из градирни, ниже 12 °С, вентилятор включаться не должен.

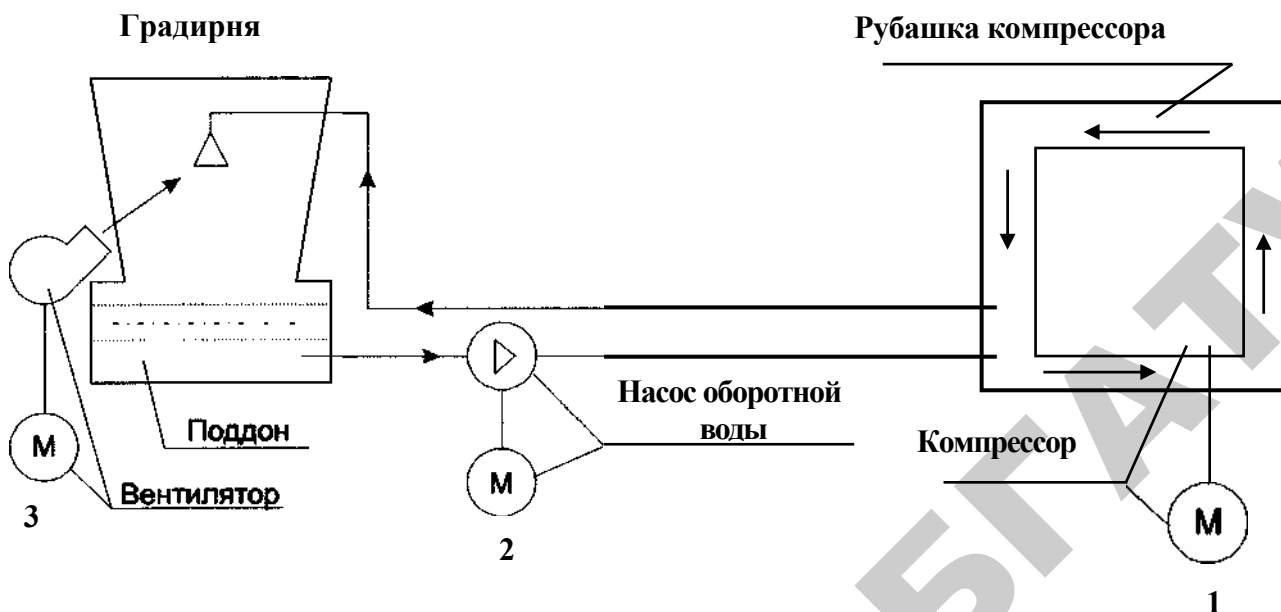


Рисунок 5 – Технологическая схема процесса

В комплекте с компрессором есть шкаф управления ШУ с пускозащитной аппаратурой, обеспечивающей работу компрессора в автоматическом режиме от температуры в охлаждаемых камерах. Сигнал о включении насоса оборотной воды 2 подается из схемы холодоснабжения (одновременно с включением компрессора).

Предусмотреть в проектируемом распределительном пункте (РП) две группы для подключения существующих воздухоохладителей холодильных камер. Мощность воздухоохладителей каждой камеры  $2 \times 1,5$  кВт.

РП подключить к резервной группе существующего вводного устройства.

#### **Пояснительная записка**

В реальных проектах пояснительная записка может не выполняться. Общие указания даются на первом листе проекта (на листе «Общие данные»).

#### **Внешние воздействующие факторы**

Определим внешние воздействующие факторы среды, влияющие на выбор электрооборудования и электропроводок.

Так как в результате аварии или неисправности в помещении машинного отделения может возникнуть утечка аммиака (в соответствии с ПУЭ 6-е издание пункт 7.3.42 (1) эта зона относится к взрывоопасной класса В-1б, по таблице 7.3.3 категория взрывоопасной смеси II А, группа смеси Т1). На плане расположения электрооборудования и электропроводок нужно ставить знак

|        |
|--------|
| В-1б   |
| IIА-Т1 |

Смежные помещения в соответствии с таблицей 7.3.9. ПУЭ невзрыво- и непожароопасные.

### **Степень защиты электрооборудования и вид электропроводки**

В соответствии с таблицей 7.3.10 ПУЭ степень защиты оболочки электродвигателей установок поз 1 и 2 должна быть не менее IP44, аппараты управления, устанавливаемые в зоне В-1б должны иметь степень защиты не менее IP44 (таблица 7.3.11). В соответствии с рекомендациями ПУЭ пункт 7.3.54 пускозащитную аппаратуру и шкаф управления компрессором размещаем в электрощитовой, отделенной от взрывоопасной зоны стеной.

Проводку допускается выполнять кабелем с алюминиевыми жилами с поливинилхлоридной изоляцией (пункты 7.3.93 и 7.3.102 ПУЭ).

### **Надежность электроснабжения**

По надежности электроснабжения установки относят ко II категории.

Варианты схемы распределительной сети:

- а) радиальная;
- б) магистральная;
- в) смешанная.

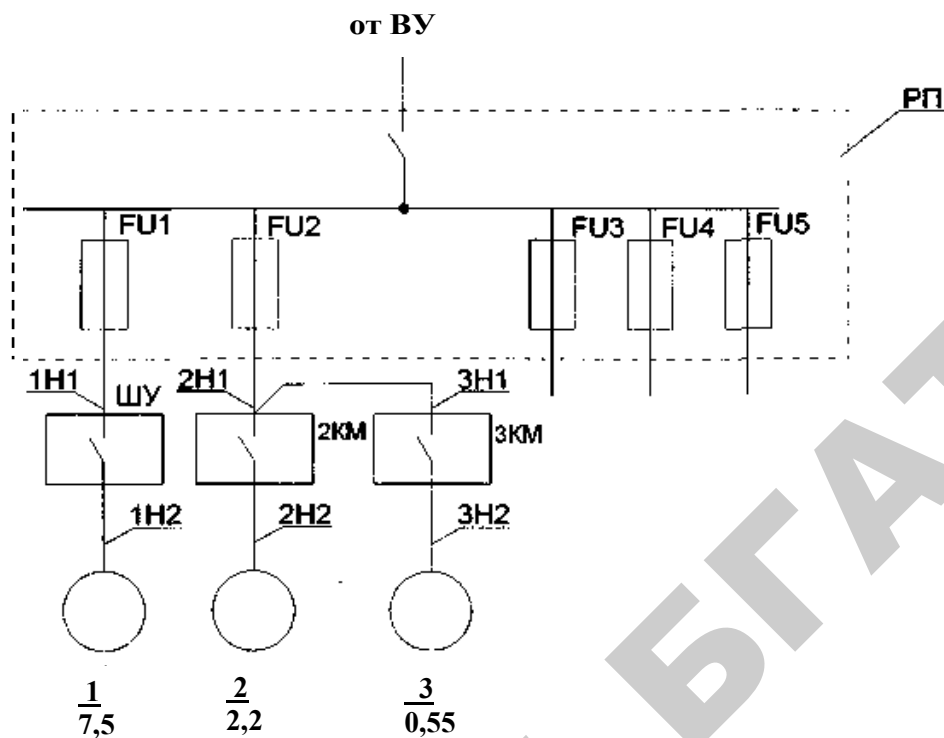


Рисунок 6 – Структурная схема распределительной сети

Так как мощности приводов различные, а по условиям работы вентилятор не работает без насоса, примем смешанную схему. К первой отходящей линии (FU1) РП подключаем компрессор; ко второй отходящей линии (FU2) «в цепочку» подключаем насос и вентилятор. К третьей и четвертой – подключим существующие нагрузки, пятую отходящую линию оставим резервной.

Распределительный пункт запитываем от вводного устройства ВУ, которое в свою очередь запитано двумя линиями от двухтрансформаторной подстанции. Схема представлена на рисунке 6.

### Выбор элементов схемы

Выбираем РП типа ШР11–73701–22У3 с предохранителями. Рассчитываем токи плавких вставок предохранителей.

Для токоприемника 1 (FU1). Электродвигатель АИР 132S4  $P_n = 7,5$  кВт.

$$\cos \varphi = 0.875 \quad I_{\text{пуск}1} / I_{\text{н}1} = 7.5, \quad \eta = 0.86,$$

$$I_{\text{н}1} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi \times \eta} = \frac{7.5}{\sqrt{3} \times 0.38 \times 0.875 \times 0.86} = 15.2 \text{ А.}$$

Максимальный ток отходящей линии 114 А,

$$I_{\max 1} = I_{\text{пуск}1} = 7.5 \times 15.2 = 114 \text{ А.}$$

Длительный расчетный ток линии 15.2 А.

$$I_{p1} = I_{H1} = 15.2 \text{ А (трасса 1Н1).}$$

Ток плавкой вставки  $I_{\text{пв}1}$  выбираем по условиям:

$$1) I_{\text{пв}1} \geq I_{p1}; \quad I_{\text{пв}1} \geq 15.2 \text{ А;}$$

$$2) I_{\text{пв}1} \geq \frac{I_{\max 1}}{\alpha},$$

где  $\alpha$  – коэффициент «тяжести» пуска;

$\alpha = 2.5$  – легкий пуск, когда время разгона эл. двигателя меньше 10 с;

$\alpha = 1.6$  – тяжелый пуск, когда время разгона эл. двигателя больше 10 с или частые включения (п.5.3.56 ПУЭ).

$$I_{\text{пв}1} \geq \frac{I_{\max 1}}{\alpha} = \frac{114}{2.5} = 45.6 \text{ А.}$$

Выбираем предохранители типа НПН2-60. Номинальный ток предохранителя 63 А, ток плавкой вставки выбираем ближайший больший, чем 45.6 А.

По градуировке плавких вставок предохранителей – 63 А.

Для токоприемников 2 и 3 (FU2).

*Электродвигатель насоса* поз.2 АИР90L4  $P_H = 2.2$  кВт,  $\cos \varphi = 0.83$ ,

$$I_{\text{пуск}2} / I_{H2} = 6.5, \quad \eta = 0.81;$$

$$I_{H2} = \frac{P_H}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi \times \eta} = \frac{2.2}{\sqrt{3} \times 0.38 \times 0.83 \times 0.81} \approx 5 \text{ А;}$$

$$I_{\text{пуск}2} = 6.5 \times 5 = 32.5 \text{ А.}$$

*Электродвигатель вентилятора* поз.3 типа АИР 71А4  $P_H = 0.55$  кВт,

$$\cos \varphi = 0.7, \quad \eta = 0.705, \quad \frac{I_{\text{пуск}3}}{I_{H3}} = 7,$$

$$I_{н3} = \frac{0.55}{\sqrt{3} \times 0.38 \times 0.7 \times 0.705} = 1.7 \text{ А},$$

$$I_{\text{пуск3}} = 1.7 \times 7 = 11.9 \text{ А}.$$

Расчетный ток линии  $I_{p2} = 5 + 1.7 = 6.7 \text{ А}$  (трасса 2Н1).

Ток линии максимальный будет, когда больший из электродвигателей включается, а другой работает  $I_{\text{max}2} = 32.5 + 1.7 = 34.2 \text{ А}$ .

Выбираем ток плавкой вставки:

$$1) I_{\text{пв2}} \geq I_{p2} = 6.7 \text{ А};$$

$$2) I_{\text{пв2}} \geq \frac{I_{\text{max}2}}{\alpha} = \frac{34.2}{2.5} = 13.7 \text{ А}.$$

Выбираем ток плавкой вставки (ближайшее большее значение) – 16 А. Аналогично рассчитываем токи плавких вставок для FU3 и FU4, к которым будут подключены воздухоохладители мощностью  $2 \times 1.5 \text{ кВт}$  учитывая, что двигатели воздухоохладителя включаются одновременно.

Резервную группу FU5 примем с током плавких вставок на 63 А, как FU1.

Пускатели 2КМ и 3КМ выбираем серии ПМЛ в комплекте с тепловым реле и кнопками управления (типа ПМЛ 122002). Пускатели установим на стене в электрощитовой, степень защиты пускателей IP54. Номинальный ток пускателя должен быть не менее номинального тока управляемого электродвигателя: для 2 КМ – больше 5 А, для 3 КМ – больше 1,7 А. Номинальный ток пускателя ПМЛ 122002 – 10 А. Тепловое реле выбирается и настраивается на номинальный ток защищаемого электродвигателя.

Данные выбора пускозащитной аппаратуры записываем в соответствующих графах принципиальной схемы распределительной сети на чертеже ЭМ–2 (приложение 4).

### **Выбор электропроводки**

Схему питающей и распределительной сети (чертеж ЭМ–2) выполняют по форме 3 ГОСТ 21.613–88 «Силовое электрооборудование».

В соответствии с требованием ГОСТ 21.613–88 обозначаем трассы электропроводок распределительной сети буквенно-цифровыми обозначениями. Первые цифры – номер токоприемника на плане, затем буква Н для силовых электропроводок и буква К для электропроводок цепей управления и сигнализации (контрольных), далее цифра – порядковый номер трассы к электроприемнику, указанному на первом месте настоящего обозначения.

*Например*, для насоса 2 трасса от РП до пускателя 2 КМ обозначается 2Н1, далее от 2 КМ до электродвигателя – 2Н2.

Для токоприемника 1 трасса от РП до ШУ 1Н1, от ШУ до электродвигателя – 1Н2. Расчетный ток линии 15,2 А. По конструктивному исполнению трасса 1Н1 – кабель по стене с креплением скобами, 1Н2 – провода в трубе скрыто в полу.

По нагреву (таблица 1.3.7 ПУЭ) выбираем для 1Н1 кабель марки АВВГ сечением  $5 \times 2,5 \text{ мм}^2$ , длительно допустимый ток кабеля 17,5 А, для 1Н2 провод АПВ 4 ( $1 \times 2,5$ )  $\text{мм}^2$  в стальной водогазопроводной легкой трубе ГОСТ 3262–86 диаметром 20 мм. Длительно допустимый ток проводов 19 А.

Длина трассы 1Н1 – 12 м, длина кабеля тоже 12 м. Длина трассы 1Н2 – 4 м, длина трубы – 4 м, длина провода определяется  $4 \times 4 = 16$  м с прибавлением на «змейку» проводов в трубе и на разделку концов. Принимаем длину проводов трассы 1Н2 – 20 м.

Аналогично выбираем электропроводку для остальных токоприемников. Все данные указаны на листе ЭМ – 2.

Проверим провода и кабели по потере напряжения.

*Определим потерю напряжения* от РП до электродвигателя насоса 2.

К участку 2Н1 подключены электродвигатели 2 и 3 общей мощностью  $2.2 + 0.55 = 2.75$  кВт, длина трассы 7 м.

$$\Delta U_{\%} = \frac{Pl}{CF} = \frac{2.75 \times 7}{46 \times 2.5} = 0.17\%.$$

На участке 2Н2  $P = 2.2$  кВт,  $l = 12$  м.

$$\Delta U_{\%} = \frac{2.2 \times 12}{46 \times 2.5} = 0.23\% .$$

Общая потеря напряжения от распределительного шкафа до электродвигателя насоса 2 составляет  $0.17 + 0.23 = 0.4$  %. Допускаются потери во внутрицеховых сетях до 4 %.

Проверим соответствие выбранного сечения электропроводки выбранной защите.

Трассы 1Н1 и 2Н1 расположены в помещении с нормальными условиями среды, участки этой сети должны быть защищены только от токов к.з., защита сети от перегрузки не требуется (см. ПУЭ п. 3.1.10). Ток к.з. в конце линии должен быть не менее  $3I_{пв}$ .  $I_{к.з.} \geq 3 \times 63 = 189$  А для трассы 1Н1;  $I_{к.з.} \geq 3 \times 16 = 48$  А для 2Н1.

В соответствии с п. 3.1.9 ПУЭ допускается не выполнять расчетной проверки тока к.з., если выполняется условие:  $\frac{I_{пв}}{I_{длит.пров.}} \leq 3$ .

Для трассы 1Н1  $\frac{63}{17.5} = 3.6$  условие не выполняется. Сечение кабеля трассы должно быть увеличено. Примем сечение  $5 \times 4$  мм<sup>2</sup>  
 $I_{длит.пров.} = 24.8$  А.  $\frac{63}{24.8} = 2.54 < 3$  условие выполняется.

Для трассы 2Н1  $\frac{16}{17.5} = 0.91 < 3$  условие выполняется.

Трассы 1Н2 и 2Н2 расположены во взрывоопасной зоне класса В-1б. Эти участки сети должны быть защищены от перегрузки в соответствии с п. 3.1.10 ПУЭ. В соответствии с п. 3.1.11 ПУЭ должно быть выполнено условие  $\frac{I_{пв}}{I_{длит.пров.}} \leq 0.8$  для предохранителей или  $\frac{I_{нр}}{I_{длит.пров.}} \leq 1$  при защите автоматическим выключателем с расцепителем, имеющим обратно зависимую от тока характеристику.



Трасса 1Н2 защищена автоматическим выключателем с комбинированным расцепителем, который установлен в шкафу ШУ, поставляемом комплектно с компрессором. Номинальный ток комбинированного расцепителя 16 А,  $\frac{16}{19} = 0.64 < 1$ , условие выполняется.

Трасса 2Н2 защищена от перегрузки предохранителем FU2.

$$\frac{I_{\text{пв}}}{I_{\text{длит.пров.}}} = \frac{16}{19} = 0.64 < 0.8, \text{ условие выполняется.}$$

Аналогично выбираем электропроводку для остальных электроприемников. Данные указаны на чертеже ЭМ–2 (приложение 4).

На чертеже ЭМ–2 не представлены таблички потребности кабелей, проводов и труб, которые требуются по ГОСТ 21.613–88, из-за экономии места на чертеже. Общая потребность кабелей и труб дана в спецификации оборудования, которая прилагается к чертежам (лист ЭМ.СО–1, приложение 4).

### **Управление электроприводами**

На чертеже ЭМ–3 (приложение 4) представлена схема управления электроприводами системы охлаждения компрессора. Предусмотрен ручной наладочный режим управления насосом воды и вентилятором с помощью кнопок управления 2SB, 3SB и автоматический режим управления, при котором насос воды включается при включении компрессора и, если температура воды выше 12 °С, включается вентилятор градирни. Если температура воды опускается ниже 10 °С при работающем насосе вентилятор отключается. Питание цепей управления выполнено на напряжение 380 В, что соответствует п. 5.3.38 ПУЭ.

Выбор режима управления производится пакетным переключателем SA.

Схема управления выполняется в соответствии с ГОСТ 2.701–84 и ГОСТ 2.702–75\*.

Чтобы система работала в соответствии с предлагаемой схемой, нужно выполнить монтаж (схему соединения) и соединить элементы схемы управ-

ления токопроводящими цепями управления (контрольными кабелями).

Эти соединения выполнены на чертеже ЭМ–4 ( приложение 4). Трассы цепей управления обозначены цифрой с буквой К. Место расположения аппаратов и прокладка электропроводок показана на чертеже ЭМ–5 в соответствии с требованиями ГОСТ 21.614–88 (приложение 4).

Силовые кабели и кабели цепей управления (контрольные) прокладываются по возможности совместно (по общим трассам).

Общие потребности кабелей, труб и монтажных материалов, необходимые для выполнения схемы соединений, на чертеже ЭМ–4 не представлены из-за небольшого их количества и экономии места на чертеже. Это все учтено в спецификации оборудования и материалов, которая прилагается к чертежам комплекта ЭМ под маркой ЭМ.СО (приложение 4).

### **Оформление комплекта проектной документации**

После выполнения комплекта основных чертежей, необходимых для реального воплощения всех проектных решений, составляют первый чертеж, на котором размещают ведомость (перечень) чертежей основного комплекта, ведомость ссылочных и прилагаемых документов, а также текстовые пояснения в виде общих указаний. Этот чертеж называется «*Общие данные*».

Прилагаемыми документами являются спецификации оборудования и материалов, чертежи установки оборудования, опросные листы, необходимые для заказа и монтажа электрооборудования или приборов и т.д.

## 5 НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАМ ЗДАНИЙ. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ И ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

### Общие требования

По статистике количество несчастных случаев на 1 млн жителей от поражения электрическим током в странах СНГ приблизительно в 10 раз больше, чем в странах западной Европы.

В связи с этим необходимо проводить ряд мероприятий, направленных на защиту живых организмов от воздействия электрического тока. Если живой организм (человек или животное) поражается электрическим током, то степень поражения зависит от: 1) величины тока, 2) времени протекания тока по живому организму.

Как защитить человека от поражения электрическим током?

- 1) Улучшить изоляцию, исключить попадание высокого потенциала на токопроводящие части электроустановки. Двойная изоляция.
- 2) Уменьшить величину тока, возможно протекаемого через живой организм.
- 3) Уменьшить по возможности время протекания тока.

1) *Улучшение изоляции* – работа над улучшением качества изоляции проводников, особенно мест соединения кабелей и проводов (любое соединение токоведущих частей является наиболее вероятным очагом аварии). Есть много новых комплектов и наполнителей для изоляции мест соединения проводников электрического тока. Появляются новые изоляционные материалы, и тем не менее изоляция повреждается, стареет, и имеется вероятность попадания потенциала на токопроводящие части электроустановки (на корпус или конструкции крепления).

2) *Уменьшить величину* протекания тока через человека или животное, если в результате неисправности электроустановки человек или животное попало под ток.

Это можно достичь применением электроустановок на напряжение 42 В и ниже (например, лампы местного переносного освещения). Сопротив-

ление тела человека принято в расчетах 1000 Ом, хотя колеблется от 600–700 до 1200–1300 Ом и даже зависит от состояния человека.

Наибольшее распространение получили электроприемники на напряжение 380/220 В, 50 Гц. Такова система напряжений практически у всех пользователей. Величина тока при прикосновении к токопроводящим частям электроустановки такого напряжения большая.

3) Остается по возможности *уменьшить время протекания тока* при прикосновении к частям электроустановки, могущим оказаться под напряжением. Нужны устройства защитного отключения (УЗО).

### **Требования к электроустановкам в соответствии с ГОСТ 30331**

Основным документом, внесшим большие изменения в требования электробезопасности установок, является:

в РБ ГОСТ 30331. XX – 95...2001;

↑  
год утверждения

↑  
номер разработки

в РФ ГОСТ Р50571. XX –... «Электроустановки зданий»

Разработчиком является Российская Федерация (РФ).

В РБ аутентичный текст стандарта (принят с сохранением номеров разделов и глав), только под другим номером. Это межгосударственный стандарт. Он принят всеми странами СНГ кроме Грузии и стран Прибалтики.

Утверждение и введение стандартов вызывает необходимость изменения некоторых глав ПУЭ 6-е изд.

РФ разработаны новые правила устройства электроустановок (ПУЭ 7-е изд.).

В РБ действует ПУЭ 6-е изд. с изменениями и дополнениями.

Так как ГОСТ 30331 – документ основополагающий, то мы уже обязаны исполнять его требования. ПУЭ 7-е изд. пользоваться можно, там более доходчиво объяснены требования, а ссылаться в официальных документах нужно на ГОСТ 30331.

**Стандартом ГОСТ 30331 определены типы систем заземления и их буквенное обозначение.**

Первая буква – характер заземления источника питания (состояния нейтрали источника питания).

*T* – заземленная нейтраль.

*I* – изолированная нейтраль.

Вторая буква – характер заземления открытых проводящих частей электроустановки (состояние открытых проводящих частей относительно земли).

*T* – открытые проводящие части заземлены, независимо от отношения к земле нейтрали источника питания или какой-либо точки питающей сети.

*N* – открытые проводящие части присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания (может быть *TN*; *TT*; *IT*).


Существующая наиболее распространенная система *TN*, встречается *TT* (например, питание погружных насосов водопроводных насосных станций).

Последующие буквы (после *N*) – совмещение в одном проводнике или разделение функций нулевого рабочего и нулевого защитного проводников.

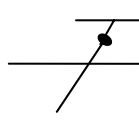
*S* – нулевой рабочий (*N*) и нулевой защитный (*PE*) проводники разделены.

*C* – функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике (*PEN*-проводник).

ГОСТ 30331 регламентирует обозначение:

 нулевой рабочий проводник *N*

 нулевой защитный проводник *PE*

 совмещенный нулевой рабочий и нулевой защитный проводник *PEN*

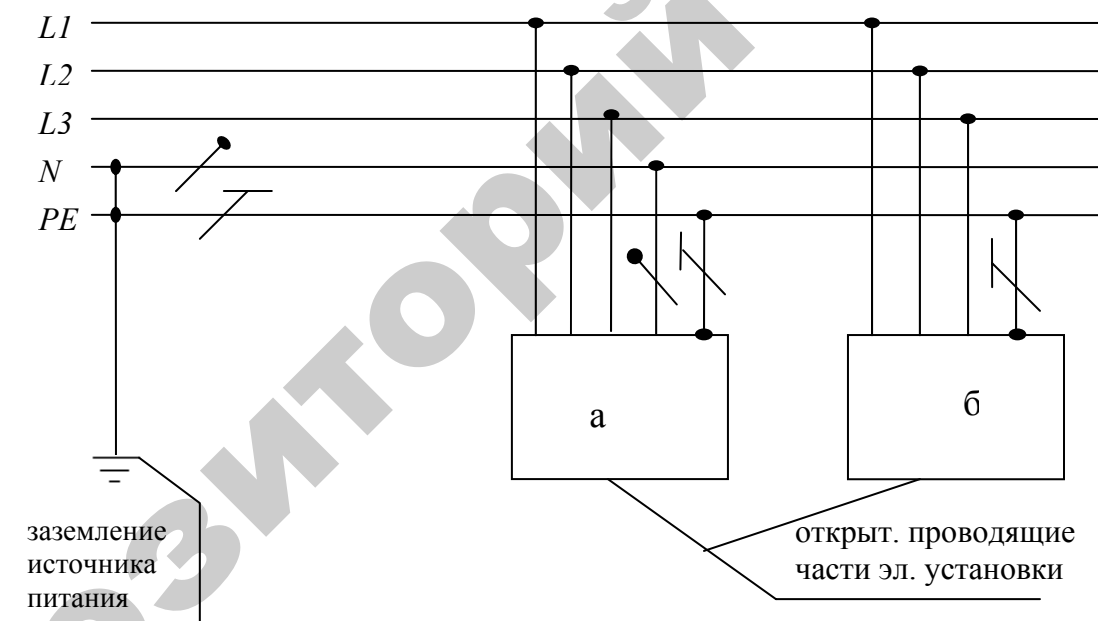


Рисунок 7 – Система TN-S:

а – в электрической установке есть однофазная нагрузка (катушки пускателей, сигнализация, электроосвещение и др. нагрузки на 220 В); б – в электрической установке нет однофазной нагрузки. Пускатели с катушками на  $U_K \sim 380$  В, электродвигатели с коротко замкнутым ротором (например вентиляторы)

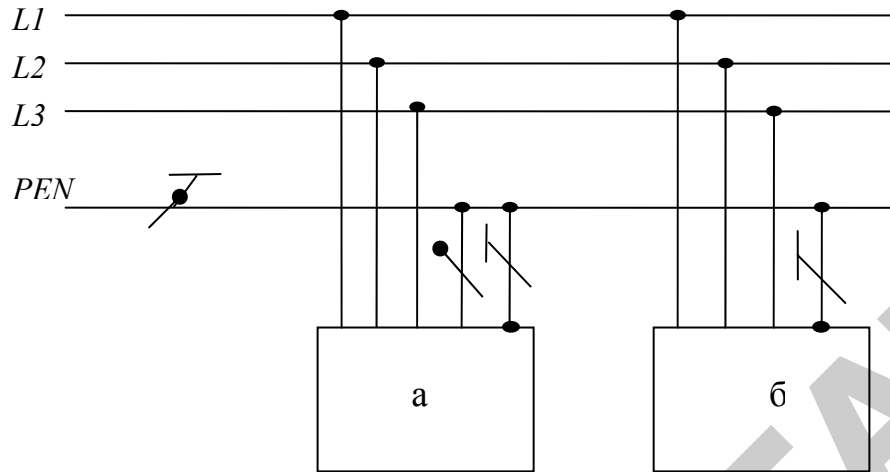


Рисунок 8 – Система *TN-C* (по сети)

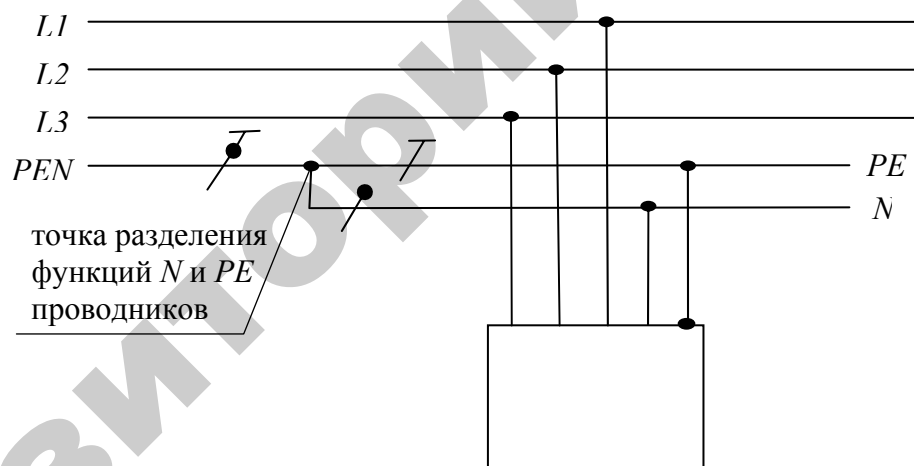


Рисунок 9 – Система *TN-C-S*

Функции нулевого рабочего *N* и нулевого защитного *PE* проводников можно совмещать, если сечение *PEN* проводника не менее  $10 \text{ мм}^2$  по меди (Cu) и не менее  $16 \text{ мм}^2$  по алюминию (Al) и рассматриваемая сеть не защищена устройством дифференциальной защиты (УЗО). После разделения *PEN* проводника на *PE* и *N* объединение их в электроустановке после точки разделения запрещено.

Трехфазные четырех– и пятипроводные линии при питании трехфазных симметричных нагрузок должны иметь сечение нулевых рабочих  $N$  –проводников, равное сечению фазных проводов, если фазные проводники имеют сечение до  $16 \text{ мм}^2$  по меди (Cu) и  $25 \text{ мм}^2$  по алюминию (Al), а при больших сечениях фазных проводников их сечение может быть уменьшено, но не менее чем до  $16 \text{ мм}^2$  по меди (Cu) и  $25 \text{ мм}^2$  по алюминию (Al) (см. п.524.3 ГОСТ 30331.15–2001).

Сечение  $PEN$  проводников должно быть не менее сечения  $N$  проводников и не менее  $10 \text{ мм}^2$  по меди (Cu) и  $16 \text{ мм}^2$  по алюминию (Al) независимо от сечения фазных проводников.

Сечение  $PE$  – проводников должно равняться сечению фазных при сечении последних до  $16 \text{ мм}^2$ ,  $16 \text{ мм}^2$  при сечении фазных проводников от  $16$  до  $35 \text{ мм}^2$  и  $50 \%$  сечения фазных проводников при больших сечениях (таблица 1).

Сечение  $PE$  – проводников, не входящих в состав кабеля, должно быть не менее  $2,5 \text{ мм}^2$  – при наличии механической защиты и  $4 \text{ мм}^2$  при ее отсутствии.

Таблица 1 – Сечение фазных проводников

| Сечение фазных проводников | Наименьшее сечение $PE$ – проводников |
|----------------------------|---------------------------------------|
| $S \leq 16$                | $S$                                   |
| $16 < S \leq 35$           | 16                                    |
| $S > 35$                   | $S/2$                                 |

Буквенно-цифровые и цветовые обозначения одноименных шин в каждой электроустановке должны быть одинаковыми.

Шины должны быть обозначены и окрашены при переменном трехфазном токе:

$A$  – желтым;

$C$  – красным;

$B$  – зеленым;

$N$  – голубым;

$PE$  – чередующимися продольными или поперечными полосами одинаковой ширины желтого и зеленого цветов;



*PEN*-проводник – голубым цветом по всей длине и желто-зелеными полосами на концах.

Цветовое обозначение должно быть выполнено по всей длине шины электроустановки.

На вводе в здание должна быть выполнена система уравнивания потенциалов путем объединения защитных проводников, стальных труб коммуникаций, металлических частей строительных конструкций, молниезащиты, систем вентиляции, отопления, кондиционирования. Главные проводники системы уравнивания потенциалов должны быть сечением не менее половины наибольшего сечения защитного проводника (*PE*) установки, но не менее  $6 \text{ мм}^2$  и не более  $25 \text{ мм}^2$  по меди (*Cu*).

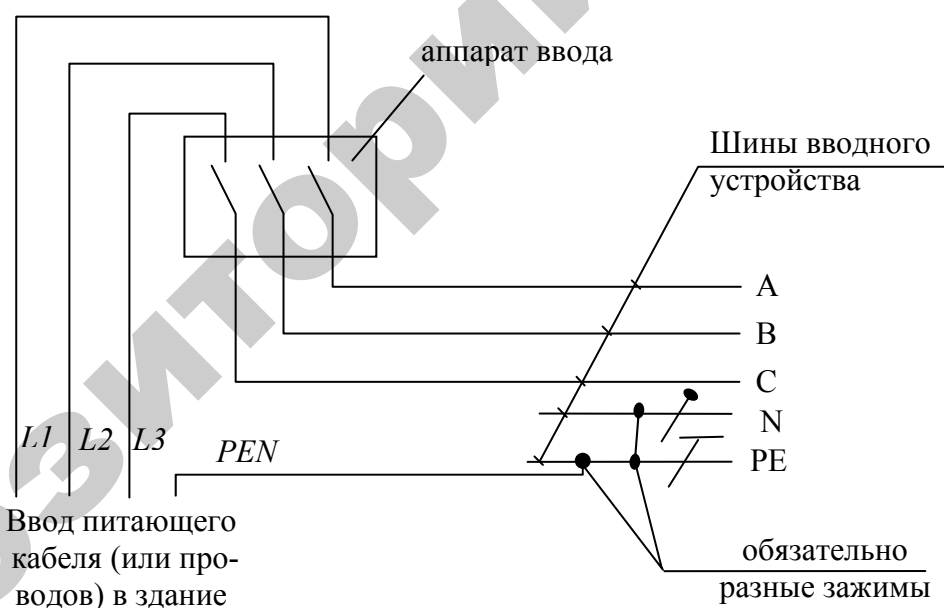


Рисунок 10 – Пример выполнения ввода в здание при системе *TNC-S*

**Требования ГОСТ 30339-95** «Электроснабжение и электробезопасность мобильных (инвентарных) зданий из металла или с металлическим каркасом для уличной торговли и бытового обслуживания населения».

Электроснабжение здания следует осуществлять от электрической сети напряжением 380/220В с заземленной нейтралью.

Схема электроснабжения – электрическая сеть *TT*. Электрические проводки системы *TT* показаны на рисунке 11.

Сопротивление заземляющего устройства в самый неблагоприятный сезон не должно превышать  $R=12/1,4I_y$

$I_y$  – уставка УЗО по току утечки в А.

Допускается применять электрическую сеть *TN-S*.

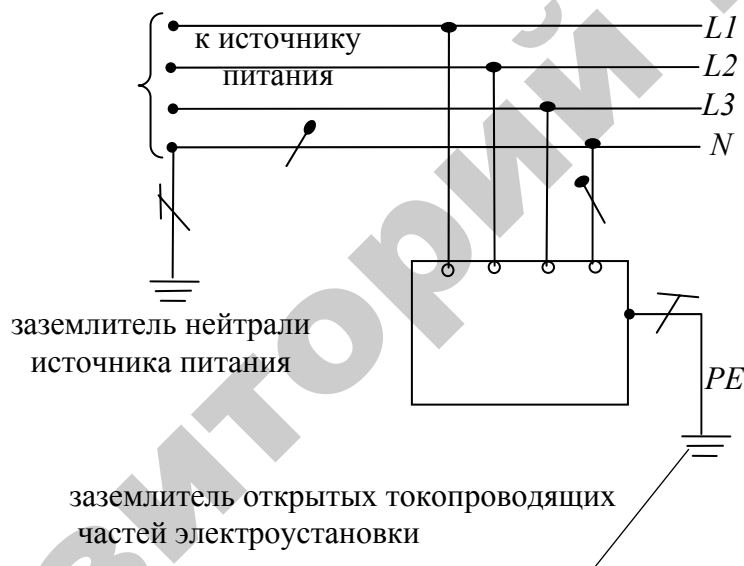


Рисунок 11 – Система *TT*

### Установка устройств защитного отключения (УЗО)

Система заземляющих проводников, уравнивание потенциалов и т.д. нужна для устройств защитного отключения (УЗО). Для возможности до минимума свести время поражения электрическим током людей или животных, которые могут оказаться под током вследствие неисправности или повреждения изоляции и попадание потенциала на токопроводящие части корпусов или конструкций крепления электроустановок.

ГОСТ 30331.3–95 «Защита от поражения электрическим током» оговаривает наибольшее время отключения защитных устройств для любых систем *TN* (*TN-C-S*, *TN-C*, *TN-S*) распределительных сетей (таблица 2).

Таблица 2 – Наибольшее время отключения защитных свойств

| Напряжение между фазой и землей, В | Время отключения, с |                  |
|------------------------------------|---------------------|------------------|
| 120                                | 0,8                 |                  |
| 230                                | 0,4                 | система 380/220В |
| 277                                | 0,4                 |                  |
| 400                                | 0,2                 |                  |
| 580                                | 0,1                 |                  |

Что касается питающих сетей от подстанций до ГРЩ здания и распределительных от ВУ, ВРУ, ГРЩ до распределительных пунктов и щитков (по ГОСТ 21.613–88 на силовое электрооборудование их называют питающими сетями). Это время не должно превышать 5 с.

Для животноводческих помещений в соответствии с ГОСТ 30331.14–2001 нормальное напряжение прикосновения 0,2 В (таблица 3).

Таблица 3 – Наибольшее допустимое напряжение прикосновения

| Время возможного воздействия напряжения прикосновения, с. | Наибольшее допустимое напряжение прикосновения, В |
|---|---|
| 0,2   | 150   |
| 0,5   | 100   |
| 1,0   | 75  |
| 5,0   | 35  |
| 10,0  | 25  |
| Свыше 10  | Не более 12                                       |

Цепи штепсельных розеток должны быть защищены УЗО на ток не более 30 мА.

Для защиты от пожара на вводе в с.-х. и животноводческое помещение следует установить УЗО с уставкой по дифференциальному току не выше 300 мА.

По ПУЭ (7-е изд.) п. 1.7.171. наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения для системы TN в помещениях для содержания животных должно соответствовать таблице 1.7.11 ПУЭ изд.7-е (таблица 4).

Таблица 4 – Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения

| Наибольшее фазное напряжение, В | Время отключения, с          |
|---------------------------------|------------------------------|
| 127                             | 0,35                         |
| 220                             | 0,2 (наша система 380/220 В) |
| 380                             | 0,05                         |

Нужно выбрать защиту так, чтобы время срабатывания защиты удовлетворяло требованиям стандарта. Если предохранители при низких значениях токов короткого замыкания не обеспечивают требуемое время отключения, следует применять автоматические выключатели. Если обычные автоматические выключатели не обеспечивают время отключения, необходимо применять устройства защитного отключения (УЗО), управляемые дифференциальной защитой.

С 1 июня 1999 г. применение УЗО является обязательным:

- Если устройство защиты от сверхтока не обеспечивает время автоматического отключения 0,4 с и электроустановка не охвачена системой уравнивания потенциалов.
- Для групповых линий, питающих розеточные сети, находящиеся вне помещений и в помещениях особо опасных и с повышенной опасностью поражения электрическим током.
- Для групповых линий в мобильных (инвентарных) зданиях из металла или с металлическим каркасом, предназначенных для уличной торговли и бытового обслуживания населения, а так же на питающих линиях к этим зданиям.

- Для групповых линий в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных в отношении поражения электрическим током при высоте установки светильников общего освещения менее 2,5 м от пола и использовании светильников класса защиты 1.
- На вводе в с.-х. и животноводческие помещения с уставкой по дифференциальному току не выше 300 мА (но не ниже 100 мА по ПУЭ 7-е изд.).

В жилых и общественных зданиях установка УЗО должна производиться в соответствии с требованием пособия к П2-2000 к СНиП 2.08.01–89.

**Расчет УЗО.** При отсутствии данных о токах утечки их следует принимать из расчета 0,4 мА на 1 А тока нагрузки плюс ток утечки сети 10 мкА на 1 м длины фазного провода.

$$I_{ym} = 0,4 \times I + 10 \times 10^{-3} \times l, \text{ где } I - \text{ расчетный ток линии в А; } l - \text{ длина линии в м.}$$

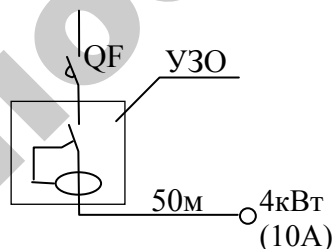
Уставку УЗО по дифференциальному току срабатывания выбираем ближайшую большую.

|  |
|--|
| Шкала уставок диф. тока срабатывания УЗО |
| 10, 30, 100, 300, 500, 1000, 2000 (мА)   |

*Пример:*

Дано:  $I=10$  А,  $l=50$  м.

Расчитать ток утечки ( $I_{ym}$ ) и выбрать уставку УЗО по дифференциальному току.



*Решение:*

$$I_{ym} = 0,4 \times I + 10 \times 10^{-3} \times l.$$

$$I_{ym} = 0,4 \times 10 + 10 \times 10^{-3} \times 50 = 4,5 \text{ мА.}$$

Согласно шкале уставок диф. ток срабатывания УЗО будет равен 10 мА. В приложении 5 представлено приложение Е из пособия П–2000 к СНиП 2.08.01–89, в котором даны рекомендации по установке устройств защитного отключения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок [Текст]. – 6-е изд., перераб. и доп., с изм. – Москва : Главгосэнергонадзор России, 1998. – 608 с.
2. Практикум по решению задач на практических занятиях по дисциплине «Основы проектирования энергооборудования» [Текст] : в 2 ч./ БГАТУ, кафедры электрооборудования сельскохозяйственных предприятий; сост. А.К. Занберов, Е.И. Лицкевич. – Минск, 2004.
3. Проектирование электрооборудования [Текст] : метод. указания / сост. А.К. Занберов, Е.И. Лицкевич, А.Г. Мамчиц. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : БГАТУ, 2005. – 136 с.
4. СПДС ГОСТ 21.613–88. Силовое электрооборудование. Рабочие чертежи [Текст]. – Введ. 01.07.88. – Москва: Государственный строительный комитет СССР, 1988. – 9 с.
5. Проектирование систем электрообеспечения [Текст] : сб. задач к практическим занятиям по дисциплине «Проектирование систем электрообеспечения» для специальности С.03.02.00/ сост. А.К. Занберов. – Минск : БГАТУ, 2002. – 131 с.
6. Проектирование электрооборудования [Текст]: учеб.-метод. пособие к практическим занятиям/ сост. Е.И Лицкевич, П.В. Кардашов. – Минск: БГАТУ, 2007. – 48 с. + вкл.

П2–2000 к СНиП 2.08.01–89

**Приложение Е**  
(рекомендуемое)

**Устройства защитного отключения (УЗО) и их применение в  
электроустановках жилых и общественных зданий**

**Е.1** УЗО применяются для защиты от прямого и косвенного прикосновений к токоведущим частям и защиты от возгораний. УЗО не может быть единственной мерой защиты от прямого и косвенного прикосновений.

**Е.2** Устройства защитного отключения, управляемые дифференциальным током, наряду с устройствами защиты от сверхтока относятся к основным видам защиты от косвенного прикосновения, обеспечивающим автоматическое отключение питания.

Защита от сверхтока обеспечивает защиту от косвенного прикосновения путем отключения поврежденного участка цепи при глухом замыкании на корпус. При малых токах замыкания, снижении уровня изоляции, а также при обрыве нулевого защитного проводника УЗО является, по существу, единственным средством защиты.

Основными видами защиты от прямого прикосновения являются изоляция токоведущих частей и мероприятия по предотвращению доступа к ним. Установка УЗО на ток срабатывания до 30 мА считается дополнительной мерой защиты от прямого прикосновения в случае недостаточности или отказа основных видов защиты. Применение УЗО не может являться заменой основных видов защиты, а может их дополнять и обеспечивать более высокий уровень защиты.

**Е.3** Применение УЗО является обязательным:

– если устройство защиты от сверхтока не обеспечивает нормируемое время автоматического отключения из-за низких значений токов короткого замыкания, и электроустановка не охвачена системой уравнивания потенциалов;

- для групповых линий, питающих розеточные сети, находящиеся вне помещений и в помещениях особо опасных и с повышенной опасностью поражения электрическим током;
- для групповых линии в мобильных (инвентарных) зданиях из металла или с металлическим каркасом, предназначенных для уличной торговли и бытового обслуживания населения (торговые павильоны, киоски, палатки, кафе, будки, фургоны, боксовые гаражи и т. п.), а также в передвижных и стационарных вагончиках с местами для проживания;
- для групповых линий, питающих электроприемники классов 01 и 1, монтируемые в ваннах, душевых и парильных помещениях (кроме электроприемников, присоединенных к сети через разделительный трансформатор);
- для групповых линий питания светильников местного стационарного освещения при напряжении сети выше 25 В, устанавливаемых в помещениях особо опасных и с повышенной опасностью поражения электрическим током;
- для групповых линий питания светильников класса защиты *I* общего освещения, устанавливаемых в помещениях особо опасных и с повышенной опасностью поражения электрическим током при высоте установки менее 2.5 м над полом или площадкой обслуживания;
- для групповых линий, питающих розетки на столах учеников в кабинетах и лабораториях школ:
- для систем электрообогрева полов;
- для групповых сетей установок световой рекламы и архитектурного освещения зданий.

#### Е.4 Рекомендуется установка УЗО для:

- электронагревательных кабелей, монтируемых в земле и на открытых пространствах;
- для групповых линий, питающих штепсельные розетки, устанавливаемые на столах для проведения опытов в высших и средних специальных учебных заведениях;



- для групповых линий, питающих штепсельные розетки, электроплиты, насосы и электроводонагреватели в квартирах, коттеджах, в домиках на участках садоводческих товариществ и в хозпостройках;
- в действующем жилом фонде с двухпроводными сетями, где электроприемники не имеют защитного заземления, особенно в случае с плохим состоянием электропроводки (при условии отключения только фазного проводника);
- групповых линий, питающих демонстрационные стенды;
- сетей, где токи короткого замыкания недостаточны для срабатывания максимальной токовой защиты.

**Е.5** Необходимость применения УЗО определяется проектной организацией исходя из условий обеспечения безопасности в соответствии с требованиями заказчика и утвержденными в установленном порядке стандартами и нормативно-техническими документами.

**Е.6** При выборе конкретных типов УЗО необходимо руководствоваться следующим:

- устройства должны быть сертифицированы в Республике Беларусь в установленном порядке;
- технические условия на изготовление должны быть согласованы с Госэнергонадзором Республики Беларусь и УГПН МЧС Республики Беларусь.

**Е.7** Для защиты от поражения электрическим током УЗО, как правило, должны применяться в отдельных групповых линиях. Допускается присоединение к одному УЗО нескольких групповых линий через отдельные автоматические выключатели (предохранители).

**Е.8** Суммарная величина тока утечки с учетом присоединяемых стационарных и переносных электроприемников в нормальном режиме работы не должна превосходить  $1/3$  номинального тока УЗО. При отсутствии данных о токах утечки электроприемников ее следует принимать из расчета  $0,4 \text{ мА}$  на  $1 \text{ А}$  тока нагрузки, а ток утечки сети – из расчета  $10 \text{ мкА}$  на  $1 \text{ м}$  длины фазного проводника.

**Е.9** При выборе уставки УЗО необходимо учитывать, что в соответствии с МЭК 755 [2] значение отключающего дифференциального тока находится в зоне от 0,5 до 1 номинального тока уставки.

**Е.10** При последовательной установке УЗО должны выполняться требования селективности. При двух- и многоступенчатых схемах УЗО, расположенное ближе к источнику питания, должно иметь уставку и время срабатывания не менее чем в три раза большую, чем у УЗО, расположенного ближе к потребителю.

**Е.11** По наличию расцепителей УЗО изготавливаются как имеющими, так и не имеющими защиту от сверхтока. Преимущественно должны использоваться УЗО, представляющие единый аппарат с автоматическим выключателем, обеспечивающим защиту от сверхтока. Использовать УЗО в групповых линиях, не имеющих защиты от сверхтока, без дополнительного аппарата, обеспечивающего эту защиту, недопустимо.

**Е.12** При использовании УЗО, не имеющих защиты от сверхтока, должна быть проведена расчетная проверка УЗО в режимах сверхтока с учетом защитных характеристик вышестоящего аппарата, обеспечивающего защиту от сверхтока.

**Е.13** Во всех случаях УЗО должно обеспечивать надежную коммутацию цепей нагрузки с учетом возможных перегрузок.

**Е.14** Рекомендуется использовать УЗО, при срабатывании которых происходит отключение всех рабочих проводников, в том числе и нулевого, кроме случая, указанного в Е.4 для действующего жилого фонда, при этом наличие защиты от сверхтока в нулевом полюсе не требуется.

**Е.15** В зоне действия УЗО нулевой рабочий проводник не должен иметь соединений с заземленными элементами и нулевым защитным проводником.

**Е.16** В жилых зданиях не допускается применять УЗО, автоматически отключающие потребителя от сети при кратковременном исчезновении или недопустимом падении напряжения сети. При этом УЗО должно сохранять работоспособность на время не менее 5 с при снижении напряжения до 50 % номинального.

**Е.17** В жилых зданиях могут применяться УЗО типа «А», реагирующие не только на переменные, но и на пульсирующие токи повреждений, или типа «АС», реагирующие только на переменные токи утечки. Источником пульсирующего тока являются, например, стиральные машины с регуляторами скорости, регулируемые источники света, телевизоры, видеомагнитофоны, персональные компьютеры и др.

**Е.18** Для сантехкабин ванн и душевых рекомендуется устанавливать УЗО на ток срабатывания до 10 мА, если на них выделена отдельная линия. При использовании одной линии для сантехкабины, кухни и коридора, допускается использовать УЗО на ток срабатывания до 30 мА. Для электроприемников, указанных в Е.3 и Е.4, рекомендуется устанавливать УЗО на ток срабатывания до 30 мА.

**Е.19** Для повышения уровня защиты от возгорания при замыканиях на заземленные части, когда величина тока короткого замыкания недостаточна для срабатывания максимальной токовой защиты, рекомендуется установка УЗО на ток срабатывания до 300 мА.

**Е.20** При выборе проводников следует учитывать возможность их присоединения к УЗО, так как многие импортные УЗО допускают подключение только медных проводников.

**Е.21** Применяемые типы УЗО функционально должны предусматривать возможность проверки их работоспособности.

Учебное издание

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

### **ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ПИТАЮЩЕЙ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ**

*Учебно-методическое пособие  
к курсовому и дипломному проектированию для студентов  
специальности 1–74 06 05 «Энергетическое обеспечение  
сельскохозяйственного производства»*

Составители:

**Лицкевич** Екатерина Ивановна,  
**Кардашов** Павел Владимирович

Ответственный за выпуск *В.А. Пашинский*  
Редактор *А.П. Бондич*  
Набор, верстка *Е.Н. Музыченко*

Подписано в печать 17.12.2007 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>  
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 6,5.  
Уч.-изд. л. 2,54. Тираж 350 экз. Заказ 658.

Издатель и полиграфическое исполнение  
Белорусский государственный аграрный технический университет  
ЛИ № 02330/0131734 от 10.02.2006. ЛП № 02330/0131656 от 02.02.2006.  
220023, г. Минск, пр. Независимости, 99, к. 2.