

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

### **Методические указания**

по курсовому проектированию

для студентов специальности

1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Изложены тематика, состав и структура курсовой работы по дисциплине «Проектирование систем автоматизации предприятий строительных материалов» для специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств», приведены рекомендации по выполнению отдельных разделов, требования по оформлению графической части и пояснительной записки.

Составители: О.Н. Прокопеня, к.т.н., доцент  
А.А. Клопоцкий, старший преподаватель  
А.Г. Олех, ассистент

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение .....	4
1 Тематика курсовой работы.....	4
2 Задание на курсовую работу.....	4
3 Содержание курсовой работы.....	5
4 Рекомендации по выполнению курсовой работы .....	5
4.1 Принципиальная электрическая схема системы электроснабжения .....	6
4.2 План расположения оборудования и проводок .....	6
4.3 Выбор аппаратуры управления и защиты.....	6
4.4 Выбор сечения проводов и жил кабелей.....	9
4.5 Проверка на соответствие выбранным аппаратам защиты .....	10
4.6 Расчет падения напряжения в линии .....	11
4.7 Проектирование пульта или щита .....	11
4.8 Энергосбережение .....	12
4.9 Охрана труда.....	12
5 Требования к оформлению .....	13
5.1 Оформление графической части проекта .....	13
5.2 Оформление пояснительной записки.....	13
5.3 Оформление списка информационных источников.....	14
Литература .....	14
Приложение А .....	16
Приложение Б .....	17
Приложение В .....	19
Приложение Г.....	22

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Проектирование систем автоматизаций предприятий строительных материалов» преподается на завершающем этапе подготовки специалиста, когда он уже обладает определенными знаниями по системам автоматики, методам их расчета и проектирования. Поэтому в данной дисциплине делается акцент на разработку схем энергоснабжения систем автоматизации, проектирование пультов и щитов управления, правильность оформления проектной документации. Данные вопросы крайне важны для решения задачи проектирования системы автоматизации в целом и в то же время мало затрагиваются в других дисциплинах.

Курсовая работа по дисциплине «Проектирование систем автоматизаций предприятий строительных материалов» позволяет выработать практические навыки решения указанных вопросов, что необходимо для будущей профессиональной деятельности. Они также непосредственно используются при выполнении соответствующих разделов дипломного проекта.

### 1 ТЕМАТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа направлена на решение задачи электроснабжения системы автоматизации одного из технологических процессов производства строительных материалов или изделий. Система автоматизации включает в себя исполнительные устройства (электродвигатели, нагреватели и т.п.), а также управляющую часть, конструктивно выполненную в виде шкафов или щитов автоматики. Щиты, шкафы и исполнительные устройства являются потребителями электрической энергии. Таким образом, для нормального функционирования системы автоматизации необходимо обеспечить подвод энергии к соответствующим потребителям.

В качестве объекта обычно выбирается технологический процесс средней сложности, который выполняется группой механизмов, имеющей в своем составе 6-7 приводов. Оборудование располагается на определенной площади в производственном помещении, так что отдельные потребители энергии находятся на некотором удалении друг от друга. Это может быть цех, производственный участок и т.д.

Таким образом, тема курсовой работы может быть сформулирована как:

- система электроснабжения участка формования стеновых панелей;
- система электроснабжения цеха по производству железобетонных изделий;
- система электроснабжения участка камер тепло-влажностной обработки;
- система электроснабжения бетоносмесительного узла и т.п.

### 2 ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Следует отметить, что непосредственно система автоматизации в данной курсовой работе не разрабатывается. Поэтому параметры ее отдельных частей, рассматриваемых в качестве потребителей электроэнергии, численно указываются в задании на курсовую работу. Для шкафов и щитов автоматики задается непосредственно потребляемая мощность. Для электродвигателей указывается тип, что позволяет определить параметры по каталогу. Могут также непосредственно указываться мощности двигателей. Кроме того, дается план участка или цеха с расположением потребителей, выполненный в масштабе. Это дает возможность примерно оценить длину линий электропроводки. Пример плана представлен на рисунке А.1.

На плане приводится также циклограмма работы приводов. Это позволяет определить токовую нагрузку в линиях в любой момент времени с учетом пусковых токов двигателей.

Вторая часть работы состоит в проектировании силового щита. Обычно выбирается местный щит управления группой механизмов в ручном режиме средней сложности. Выбор предварительно согласуется с руководителем.

Все исходные данные и требования к проектируемой системе указываются в задании на курсовую работу.

### **3 СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Курсовая работа включает в себя три раздела:

1. Разработка принципиальной электрической схемы системы электроснабжения участка или цеха.
2. Разработка плана расположения проводок.
3. Проектирование щита управления или силового щита.

Результатом выполнения каждого раздела является разработанная текстовая и графическая документация.

В первом разделе разрабатывается принципиальная электрическая схема системы электроснабжения. Разработка принципиальной электрической схемы сопровождается выбором аппаратуры управления и защиты, а также сечений проводов и жил кабелей. Выбор обосновывается соответствующими расчетами, которые приводятся в пояснительной записке.

Второй раздел посвящен практическому исполнению электрической сети. В нем разрабатывается план расположения электропроводок. При этом производится выбор конкретных типов проводов и кабелей, а также способов их прокладки с соответствующим обоснованием в пояснительной записке.

Данные графические документы выполняются на одном листе формата А1.

Третий раздел посвящен проектированию щита управления. В графической части выполняется чертеж общего вида щита на листе формата А1. В пояснительной записке приводится принципиальная электрическая схема управления группой механизмов, управляемых с данного щита. На основе схемы выполняется перечень составных частей щита и таблица соединений. Данные документы помещаются в приложениях к пояснительной записке.

Таким образом, общий объем графической части составляет 2 листа формата А1, а расчетно-пояснительная записка содержит 25...30 листов формата А4.

Расчетно-пояснительная записка оформляется в соответствии с требованиями к оформлению текстовых документов. Она содержит введение, основную часть, заключение, список литературы, приложения.

### **4 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Первым этапом является выбор структуры системы электроснабжения. Для этого в масштабе выполняется план цеха с расстановкой оборудования. На плане показывается расположение вводного силового щита и местных щитов для питания отдельных групп потребителей. В зависимости от расположения потребителей и требований по надежности выбирается схема электроснабжения (радиальная или магистральная, с односто-

ронным или двусторонним питанием). Выбор должен обеспечивать минимальную протяженность линий и, соответственно, расход кабеля. Линии проводок наносят на план расположения. Параллельно разрабатывают принципиальную электрическую схему.

#### **4.1 Принципиальная электрическая схема системы электроснабжения**

Как правило, данная схема строится в однолинейном изображении для распределительной сети участка или цеха с вводом от питающей сети. На схеме показываются линии электропроводок, а также аппаратура управления и защиты, располагаемая в щитах. Пример выполнения схемы приведен в приложении Б на рисунке Б.1.

Цеховые распределительные сети рекомендуется выполнять трехфазными пятипроводными, для подключения однофазных потребителей использовать трехпроводные линии. Аппараты защиты должны обеспечивать защиту всех участков сети от коротких замыканий, а для двигателей также защиту от перегрузок. Это достигается выбором соответствующего типа расцепителя (электромагнитный, тепловой и т.д.). Защитные аппараты устанавливают в щитах на вводе и, обычно, на каждой из отходящих линий.

В соответствующем разделе пояснительной записки приводится расчет токовых нагрузок всех потребителей. К ним относятся электродвигатели, щиты автоматики и др. Для двигателей находятся номинальные и пусковые токи. Затем осуществляется выбор аппаратуры управления и защиты, а также сечений проводов и жил кабелей с соответствующим обоснованием. Сечения проводов должны быть проверены на соответствие аппаратам защиты. Для наиболее удаленной точки линии с наименьшим сечением необходимо вычислить снижение напряжения вследствие падения в линии и сравнить его с допустимым. Длину линий определяют по плану расположения.

После этого производят окончательный выбор типов проводов и кабелей и наносят соответствующие обозначения на схему и плане расположения. Обозначение числа жил кабелей и аппаратуры на схеме должно соответствовать ГОСТ 2.702-2011.

#### **4.2 План расположения оборудования и проводок**

При выполнении схемы расположения допускается применять различные способы построения (аксонометрия, план, условная развертка, разрез и т.п.). Обозначение схемы 37 согласно ГОСТ 2.701-84. В данной работе строится план расположения оборудования и проводок. За основу берется приложение к заданию на проектирование, содержащее план цеха или участка с установленными электроприемниками.

Далее в соответствии с выбранной структурой сети на плане изображают местные силовые щиты, а также линии электропроводок. Их следует прокладывать по кратчайшему расстоянию. Способ монтажа электропроводки выбирается по ГОСТ 30331.15-2001. Установленное оборудование и электропроводки обозначаются на плане по ГОСТ 21.614-88. В соответствующих местах необходимо предусматривать защиту электропроводок от нагрева внешними источниками тепла, попадания воды и внешних твердых тел, воздействия коррозионно-активных и загрязняющих веществ, механических воздействий. Наличие указанных факторов должно также учитываться при выборе типа кабеля.

Пример выполнения плана расположения оборудования и проводок показан в приложении Б на рисунке Б.2.

#### **4.3 Выбор аппаратуры управления и защиты**

Выбор всей релейно-контактной аппаратуры осуществляется по допустимому напряжению и току контактов.

В качестве устройств управления двигателями используются магнитные пускатели. Они характеризуются следующими параметрами: номинальным током главных контактов  $I_{Н.ГЛ}$ , предельным током главных контактов  $I_{ПР.ГЛ}$ , номинальным током блокировочных контактов  $I_{Н.БЛ}$ , номинальным напряжением контактов  $U_{Н.К}$ .

Выбор магнитных пускателей осуществляется исходя из условий

$$I_{Н.ГЛ} \geq I_H; \quad U_{Н.К} \geq U_H,$$

где  $I_H$  и  $U_H$  – номинальные значения тока и напряжения двигателя.

Необходимо также, чтобы пускатель без разрушения коммутировал пусковой ток двигателя  $I_H$ , т.е. должно выполняться  $I_{ПР.ГЛ} \geq I_H$ .

При установке пускателя необходимо обеспечить, чтобы ток через блокировочные контакты в цепи управления также не превышал  $I_{Н.БЛ}$ .

Магнитные пускатели отличаются видом и количеством блок-контактов, могут иметь встроенные тепловые реле и могут быть заблокированы для управления реверсивными двигателями. Указанные особенности отражаются в обозначении пускателя. Например, пускатели серии КМИ имеют в обозначении 5 цифр. Первая обозначает габарит корпуса контактора, вторая и третья – ток главных контактов, четвертая – исполнение (1 – нереверсивный без оболочки, 2 – нереверсивный с тепловым реле без оболочки, 3 – реверсивный без оболочки, 4 – реверсивный с тепловым реле без оболочки, 5 – нереверсивный в оболочке, 6 – нереверсивный с тепловым реле в оболочке), пятая – вид и количество дополнительных контактов (0 – один нормально разомкнутый, 1 – один нормально замкнутый, 2 – один нормально разомкнутый и один нормально замкнутый).

Пример обозначения магнитного пускателя серии КМИ на ток 12 А с одним нормально разомкнутым контактом нереверсивного: КМИ-11210. Технические параметры магнитных пускателей серий КМИ и КТИ, широко применяемых для управления трехфазными асинхронными электродвигателями, приведены в таблицах Г.1, Г.2 приложения Г.

Автоматические выключатели используются в качестве аппаратов защиты от коротких замыканий и перегрузок, а также для нечастых оперативных отключений электроприемников. В зависимости от вида выполняемой защиты они могут иметь следующие расцепители: электромагнитный (М), тепловой (Т), электромагнитный с гидравлическим замедлителем срабатывания (МГ), комбинированный.

Последние буквы в обозначении автоматического выключателя указывают тип расцепителя, цифра перед буквой – число коммутируемых линий. Пример обозначения трехполюсного автоматического выключателя АП50 с комбинированным (электромагнитным и тепловым) расцепителем: АП50-ЗМТ.

Электромагнитный расцепитель обладает высоким быстродействием и обеспечивает защиту от коротких замыканий. Тепловой расцепитель более инерционный и имеет обратную зависимость от тока характеристику (чем больше перегрузка, тем быстрее происходит срабатывание). Аналогичной характеристикой обладает электромагнитный расцепитель с гидравлическим замедлителем. Они обеспечивают защиту от небольших по величине, но длительных перегрузок.

Автоматические выключатели характеризуются номинальным напряжением  $U_{НОМ.А}$  и номинальным током  $I_{НОМ.А}$ , а их расцепители – номинальным током расцепителя  $I_{НОМ.РАСЦ}$  и током уставки.

При выборе автоматического выключателя необходимо обеспечить, чтобы напряжение сети не превышало  $U_{НОМ.А}$ , а длительный ток был не более  $I_{НОМ.А}$ .

Номинальный ток расцепителя (не зависимо от типа) должен быть не меньше номинального тока двигателя или расчетного тока линии

$$I_{НОМ.РАСЦ} \geq I_H.$$

Ток уставки выбирается с учетом типа расцепителя. Ток уставки электромагнитного расцепителя  $I_{УСТ.ЭЛ.МАГН}$  – это наименьший ток, при котором срабатывает расцепитель. Обычно ток уставки указывается в виде  $kI_{НОМ.РАСЦ}$ , где  $k$  – кратность тока уставки (отсечки). Его значение выбирается из условия

$$I_{УСТ.ЭЛ.МАГН} \geq 1,25I_{П}.$$

Для питания группы двигателей

$$I_{УСТ.ЭЛ.МАГН} \geq 1,25(\sum I_{НОМ.ДВ} + I_{П}),$$

где  $\sum I_{НОМ.ДВ}$  – сумма номинальных токов одновременно работающих двигателей до момента пуска двигателя или группы двигателей, дающих наибольший прирост тока;

$I_{П}$  – пусковой ток двигателя или группы двигателей, дающих наибольший прирост тока.

Номинальный ток уставки теплового расцепителя  $I_{НОМ.УСТ.ТЕПЛ}$  – это наибольший ток, при котором расцепитель не срабатывает. Он выбирается из условия

$$I_{НОМ.УСТ.ТЕПЛ} \geq I_H.$$

Параметры некоторых типов автоматических выключателей приведены в таблице Г3 приложения Г.

Тепловые реле используются для защиты двигателей от перегрузок. Номинальный ток теплового элемента принимают

$$I_{НОМ.Т} \geq I_H.$$

Затем с помощью механизма регулировки уставки осуществляют настройку на  $I_H$ .

Параметры тепловых реле приведены в таблице Г.4 приложения Г.

Плавкие предохранители чаще используют для защиты цепей управления. Обычно применяют безынерционные предохранители с медными плавкими вставками. В отдельных случаях они могут применяться и для защиты электродвигателей. Номинальное напряжение предохранителя выбирают большим и, по возможности, близким к напряжению сети.

Выбор плавкой вставки осуществляют по условию

$$I_{НОМ.ВСТ} \geq I_{ДЛИТ},$$

где  $I_{НОМ.ВСТ}$  – номинальный ток плавкой вставки;

$I_{ДЛИТ}$  – длительный расчетный ток линии.

При защите трехфазных асинхронных электродвигателей необходимо также выполнение условия

$$I_{НОМ.ВСТ} = I_{ПУСК} / 2,5,$$

где  $I_{ПУСК}$  – пусковой ток двигателя.

При защите магистральной линии, которая питает группу электродвигателей,

$$I_{НОМ.ВСТ} \geq (\sum I_{НОМ.ДВ} + I_{П}) / 2,5.$$

Параметры плавких предохранителей приведены в таблице Г.5 приложения Г.



Для трехфазного асинхронного электродвигателя

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3}U_H \eta_H \cos \varphi_H},$$

где  $U_H$ ,  $\eta_H$  и  $\cos \varphi_H$  – номинальные значения напряжения, КПД и коэффициента мощности (из каталога).

Паспортные данные электродвигателей приводятся в справочной литературе [1, 2].

При выборе аппаратов, обеспечивающих защиту группы потребителей, необходимо по циклограмме работы механизмов проанализировать все возможные ситуации, возникающие в процессе пуска двигателей, и выбрать вариант, при котором кратковременный ток имеет наибольшее значение. Обычно это имеет место, когда запускаются наиболее мощные двигатели.

#### 4.4 Выбор сечения проводов и жил кабелей

Основным условием при выборе является температура провода или кабеля вследствие его нагрева за счет потерь мощности на активном сопротивлении при протекании тока. В справочной литературе приводятся таблицы с допустимыми значениями токов для различных значений сечения жилы в зависимости от материала жилы и изоляции, а также способа прокладки линии (в земле, в воздухе и т.д.). Указанные значения обеспечивают выполнение данного условия (температура провода или кабеля в процессе эксплуатации не превышает допустимого значения). Для кабелей с медными жилами такие значения приведены в таблицах Г.6, Г.7 приложения Г. Из соответствующей таблицы выбирается наименьшее сечение, для которого выполняется условие

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{расч.длит}},$$

где  $I_{\text{доп}}$  – допустимый ток провода или кабеля (по таблице);

$I_{\text{расч.длит}}$  – расчетный длительный ток линии.

Минимальные сечения жил ограничиваются условиями механической прочности. Согласно ГОСТ 30331.15-2001 сечения жил токопроводящих проводников не должны быть меньше следующих значений:

- в силовых и осветительных цепях для кабелей и изолированных проводников с медными жилами 1,5 мм<sup>2</sup>, с алюминиевыми жилами 2,5 мм<sup>2</sup>;
- в цепях сигнализации и управления для кабелей и изолированных проводников с медными жилами 0,5 мм<sup>2</sup> (с алюминиевыми жилами не используются);
- в силовых цепях для не изолированных проводников с медными жилами 10 мм<sup>2</sup>, с алюминиевыми жилами 16 мм<sup>2</sup>;
- в цепях сигнализации и управления для не изолированных проводников с медными жилами 4 мм<sup>2</sup> (с алюминиевыми жилами не используются).

Сечение нулевого рабочего проводника должно быть таким же, как и у фазных проводников. В трехфазных сетях оно может быть меньше, если фазные проводники имеют сечение более 16 мм<sup>2</sup> (медные) и 25 мм<sup>2</sup> (алюминиевые), но не менее указанных значений. При этом нулевой проводник должен быть защищен от токов короткого замыкания.

Согласно ГОСТ 30331.10-2001 сечение защитных проводников должно быть равным сечению фазных проводников, если сечение последних не более 16 мм<sup>2</sup>. При сечении фазных проводников выше 16 мм<sup>2</sup>, но не более 35 мм<sup>2</sup>, сечение защитных проводников принимается равным 16 мм<sup>2</sup>. Если сечение фазных проводников выше 35 мм<sup>2</sup>, то сечение защитных проводников принимается равным половине сечения фазных проводников.

Данный стандарт содержит формулу, позволяющую более точно рассчитать сечение защитных проводников с учетом различных факторов. Однако во всех случаях сечение защитных проводников, не входящих в состав кабеля, должно быть не менее 2,5 мм<sup>2</sup> при наличии механической защиты и не менее 4 мм<sup>2</sup> при ее отсутствии.

#### 4.5 Проверка на соответствие выбранным аппаратам защиты

Выборное сечение жил проводов и кабелей должно соответствовать токам срабатывания аппаратов, осуществляющих защиту линии и подключенного к ней оборудования. Если защита осуществляется аппаратом с тепловым расцепителем, должно выполняться условие

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{РАСЦЕПЛ}}$$

где  $I_{\text{РАСЦЕПЛ}}$  – ток срабатывания теплового расцепителя.

Время отключения тока короткого замыкания в любой точке цепи не должно превышать времени, в течение которого температура проводников достигнет допустимого предела. Согласно ГОСТ 30331.5-95 для короткого замыкания продолжительностью до 5 с указанное время  $t$  может быть приближенно оценено по формуле

$$\sqrt{t} = K \frac{S}{I}$$

где  $S$  – сечение проводника, мм<sup>2</sup>;  $I$  – действующее значение тока короткого замыкания, А;  $K$  – коэффициент, зависящий от материала жилы и изоляции ( $K = 115$  для медных проводников с поливинилхлоридной изоляцией,  $K = 135$  для медных проводников с резиновой изоляцией и с изоляцией из сшитого полиэтилена).

Время срабатывания защитного аппарата должно быть меньше определяемого данной формулой. Оно может быть найдено по время-токовой характеристике защитного аппарата.

Время срабатывания электромагнитного расцепителя (отсечки) обычно указывается в паспорте и составляет доли секунды, что обеспечивает своевременное отключение линии при коротком замыкании. Для надежного срабатывания данного расцепителя должно выполняться условие

$$I_{\text{РАСЦ.ЭМ}} \leq I_{\text{КЗ}}$$

где  $I_{\text{РАСЦ.ЭМ}}$  – ток срабатывания электромагнитного расцепителя (по характеристике берется минимальное значение);  $I_{\text{КЗ}}$  – ток короткого замыкания.

Приближенное значение тока однофазного короткого замыкания

$$I_{\text{КЗ}} = \frac{U_{\Phi}}{z_{\text{Л}} + z_{\text{Т}}/3},$$

где  $U_{\Phi}$  – фазное напряжение сети;  $z_{\text{Л}}$  – полное сопротивление цепи фазный провод – нулевой провод;  $z_{\text{Т}}$  – полное сопротивление обмоток трансформатора (при мощности трансформатора до 400 кВА составляет около 0,2 Ом).

Полное сопротивление цепи фаза-нуль

$$z_{\text{Л}} = l \cdot \sqrt{r_0^2 + x_0^2},$$

где  $l$  – длина провода в линии (фазного и нулевого), км;

$r_0$  и  $x_0$  – удельные активное и индуктивное сопротивления линии, Ом/км.

Значения удельных сопротивлений приведены в таблицах Г.8, Г.9 приложения Г.

#### 4.6 Расчет падения напряжения в линии

Снижение напряжения на потребителе из-за падения в линии не должно превышать допустимой величины, которая зависит от типа электроприемника. Обычно данное условие проверяют для наиболее удаленных потребителей

$$\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп}},$$

где  $\Delta U_{\text{доп}}$  – допустимое отклонение напряжения в процентах.

Фактическое отклонение напряжения, выраженное в процентах,

$$\Delta U = \frac{I_p \cdot l}{U_H} \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi) \cdot 100\%,$$

где  $I_p$  – расчетный ток линии;

$U_H$  – номинальное фазное напряжение сети.

Допустимые отклонения напряжения на зажимах электроприемников:

- аппаратуры управления (реле, контакторы) и электродвигателей -5...+10%;
- контрольно-измерительных приборов  $\pm 5\%$ ;
- сигнальных ламп -2,5...+5%..

#### 4.7 Проектирование пульта или щита

В курсовой работе разрабатывается один из щитов или пультов (средней сложности), входящих в состав проектируемой системы. Предполагается, что с данного щита осуществляется управление отдельной группой компактно расположенных механизмов либо всеми механизмами.

Вначале разрабатывается принципиальная электрическая схема щита. При разработке следует предусмотреть ручной и автоматический режим управления. Для управления в автоматическом режиме выбирается программируемый контроллер с необходимым количеством дискретных выходов. Схема помещается в пояснительной записке. На схеме необходимо проставить нумерацию цепей и выводов аппаратуры.

Далее выполняется чертеж общего вида щита. Данный чертеж выполняется в соответствии с руководящими материалами РМ4-107-82. Он включает в себя перечень составных частей, вид спереди, вид на внутренние плоскости, местные виды (при необходимости) [3].

Перечень составных частей является первым листом чертежа. Он имеет основную надпись как на первых листах графических документов.

На виде спереди показывают установленные приборы и изделия для нанесения надписей, указывающих назначение приборов (упрощенно, в виде внешних очертаний, сплошными основными линиями). Пример выполнения вида спереди и перечня составных частей щита приведен на рисунке В1, В2 приложения В.

На виде спереди представляют габаритные размеры щита и размеры, координирующие установку всех приборов. Размеры проставляют по ГОСТ 2.307-68 от следующих базовых линий:

- а) по вертикали – от нижнего края фасадной панели щита или двери малогабаритного щита;
- б) по горизонтали – от вертикальной оси симметрии панели или двери.

При вводе проводок в щиты сверху на поле чертежа помещают вид на крышку щита, на котором координируют и указывают вводы для электрических и трубных проводок.

На чертеже вида на внутренние плоскости щита боковые стенки, поворотные конструкции, крышки, находящиеся в разных плоскостях, изображают условно развернутыми в плоскость чертежа. Над изображением помещают заголовок «Вид на внутренние плоскости (развернуто)». Допускается смещать изображения составных частей щита (показывать отдельно). При этом над изображением помещается надпись по типу «Поворотная рама смещена».

На внутренних плоскостях щитов показывают:

- а) установленные приборы и аппаратуру;
  - б) изделия для монтажа электропроводок: блоки зажимов, рейки с наборными зажимами, маркировочные колодки, упоры;
  - в) изделия для монтажа трубных проводок;
  - г) элементы для крепления внутрищитовой аппаратуры (рейки, скобы, угольники и т.д.).
- Промежуточные детали для крепления аппаратуры к рейкам и угольникам при этом не изображают. При установке внутри щита аппаратуры, требующей увеличенного изображения (сборки зажимов и т.п.), следует выполнять выносные фрагменты на поле чертежа.

Технические требования выполняют по ГОСТ 21.105-79 и помещают над основной надписью. Они должны содержать размеры для справок, вариант выполнения покрытия щита, размеры шрифта для надписей и др.

В приложениях к пояснительной записке помещают перечень составных частей и таблицу соединений. Запись проводок в таблицу соединений производят на основании принципиальной электрической схемы. Номера выводов приборов и аппаратов проставляют в соответствии с технической документацией завода-изготовителя. Пример выполнения таблицы соединений и принципиальной электрической схемы показан на рисунках В3, В4 приложения В.

#### 4.8 Энергосбережение

При проектировании должны предусматриваться конкретные мероприятия, обеспечивающие экономию энергоресурсов. Прежде всего не должны приниматься нерациональные технические решения, которые в дальнейшем приведут к работе оборудования в неэкономичном режиме. Не следует завышать необоснованно мощность устанавливаемых электродвигателей, т.к. это приведет к их работе с пониженным КПД. Не следует устанавливать несколько параллельно работающих двигателей вместо одного эквивалентной мощности, т.к. у двигателей меньшей мощности КПД, как правило, ниже. Для пуска и регулирования скорости двигателей не следует применять реостаты, т.к. на них выделяется тепловая энергия. Более экономичными являются устройства на полупроводниковых элементах. Для торможения следует предусматривать режимы с рекуперацией энергии в сеть.

Кроме того, существуют мероприятия, целенаправленно обеспечивающие уменьшение энергопотребления. К таким мероприятиям относится применение частотно-регулируемых приводов. Однако следует иметь в виду, что эффект экономии обеспечивается лишь при правильном их использовании. Привод обязательно должен работать в регулируемом режиме на нагрузку, зависящую от скорости (производительности). Это легко реализуется в приводах насосов, вентиляторов и т.п.

#### 4.9 Охрана труда

Принимаемые в курсовой работе технические решения должны обеспечивать безаварийную работу оборудования и безопасные условия его эксплуатации. Безаварийная

работа оборудования обеспечивается использованием блокировок. Они реализуются с помощью датчиков, контролирующих возникновение недопустимых ситуаций в состоянии оборудования. При этом сигналы датчиков блокируют дальнейшую работу оборудования. В реверсивных приводах обязательно должна предусматриваться блокировка одновременной подачи двух взаимоисключающих команд (движение вперед и движение назад). Для этого могут использоваться как контактные, так и бесконтактные датчики.

Безопасные условия эксплуатации обеспечиваются за счет применения защитной аппаратуры и заземления токопроводящих частей установки, не находящихся под напряжением при нормальной работе. Все указанные части (корпуса двигателей, щитов и т.д.) должны быть надежно соединены с нулевым защитным проводником. Линии электропроводок должны быть защищены от коротких замыканий и перегрузок.

## **5 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ**

В основном при оформлении курсовой работы следует руководствоваться требованиями стандартов «Единой системы конструкторской документации (ЕСКД)» и «Системы проектной документации для строительства (СПДС)». Основное обозначение разработанного комплекта документации включает в себя: обозначение специальности, номер группы и вид работы (курсовая работа). Пример обозначения: 1-53 01 01.АТП-5.КР. В каждом конкретном случае оно дополняется обозначением вида документа, например 1-53 01 01.АТП-5.КР.ЭЗ для схемы электрической принципиальной.

### **5.1 Оформление графической части проекта**

Графическая часть проекта включает в себя принципиальные электрические схемы, план расположения оборудования и проводок, чертеж общего вида щита. Схемы следует выполнять в соответствии с общими требованиями по ГОСТ 2.701-84 и ГОСТ 2.702-2011. Вся графическая документация дипломного проекта выполняется на листах формата А1. Следует обратить внимание на то, чтобы при распечатке документов машинным способом был сохранен исходный масштаб.

На принципиальных электрических схемах УГО элементов должны выполняться согласно соответствующим стандартам, буквенно-цифровые обозначения по ГОСТ 2.710-2001, обозначения проводников и соединений по ГОСТ 2.709-89. Буквенно-цифровые обозначения должны проставляться сверху и справа от УГО.

При выполнении чертежа общего вида щита или пульта необходимо следовать рекомендациям [1]. Особенно следует обратить внимание на правила простановки размеров на виде спереди. Пример выполнения данного вида приведен на рис. В.1 приложения В.

При выполнении плана расположения оборудования и проводок следует руководствоваться ГОСТ 2.702-2011. Обозначение оборудования и проводок должно соответствовать ГОСТ 21.614-88.

Принятая толщина линий должна выдерживаться при выполнении всех графических документов. Основные надписи на чертежах и схемах должны соответствовать ГОСТ 21.101-97.

### **5.2 Оформление пояснительной записки**

В основном следует руководствоваться требованиями ГОСТ 2.105-95 к оформлению текстовых документов. Первым является титульный лист. Далее помещается задание на курсовую работу. Затем следует содержание. В него следует включать введение, наиме-

нования всех разделов и подразделов, заключение, список информационных источников, приложения.

Все листы пояснительной записки должны иметь рамку и основную надпись по ГОСТ 21.101-97. Первый лист – основную надпись, как на первых листах текстовых документов.

Абзацы в тексте начинают отступом 15 - 17 мм. Расстояние от рамки до границ текста сверху и снизу – не менее 10 мм, с боков – не менее 3 мм. Высота шрифта – не менее 2,5 мм (рекомендуется 14 пунктов). Расстояние между заголовками разделов и подразделов – 2 интервала, между заголовками и текстом – 3 интервала. Заголовки следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Текст пояснительной записки разделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзачного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Если документ не имеет подразделов, то нумерация пунктов в нем должна быть в пределах каждого раздела, и номер пункта должен состоять из номеров раздела и пункта, разделенных точкой. В конце номера пункта точка не ставится.

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: 4.2.1.1, 4.2.1.2, 4.2.1.3 и т.д.

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления.

Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис или при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзачного отступа, как показано в примере.

Пример

- а) \_\_\_\_\_
- б) \_\_\_\_\_
  - 1) \_\_\_\_\_
  - 2) \_\_\_\_\_
- в) \_\_\_\_\_

Нумерацию формул, рисунков и таблиц рекомендуется выполнять в пределах каждого раздела. Нумерацию страниц целесообразно проставлять вручную после окончательного оформления и подписания пояснительной записки.

Перечни и таблицы к графическим документам помещаются в приложениях к пояснительной записке.

### **5.3 Оформление списка информационных источников**

Список источников должен содержать перечень источников, использованных при выполнении дипломного проекта. Источники располагаются в порядке появления ссылок в тексте. Сведения об источниках должны даваться в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003.

Примеры:

Учебники, монографии

4. Клюев, А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие [Текст] / А.С. Клюев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Клюев; под ред. А.С. Клюева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.

Статьи в журналах

5. Боголюбов, А.Н. О вещественных резонансах в волноводе с неоднородным заполнением [Текст] / А.Н. Боголюбов, А.Л. Делицын, М.Д. Малых // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3, Физика. Астрономия. – 2001. – № 5. – С. 23–25.

Стандарты

10. Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Входные и выходные параметры и типы соединений. Технические требования [Текст]: ГОСТ Р 517721–2001. – Введ. 2002–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – IV, 27 с.: ил.; 29 см.

11. Система стандартов безопасности труда: [сборник]. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 102, [1] с.: ил.; 29 см. – (Межгосудар. стандарты). – Содерж.: 16 док. – 1231 экз.

Каталоги, технические паспорта

12. Машина специальная листогибочная ИО 217М [Текст]: листок-каталог: разработчик и изготовитель Кемер. з-д электромонтаж. изделий. – М., 2002. – 3 л.; 20 см. – 350 экз.

Учебно-методические пособия

17. Иванов, В.В. Методические указания к выполнению расчетно-графической работы «Обработка и оценка точности результатов измерений» по дисциплине «Метрология, технологические измерения в отрасли и сертификация приборов» для студентов специальности 53 01 01 // УО «Брестский государственный технический университет». – Брест: БрГТУ, 2006. – 24 с.

При использовании информации, располагаемой в информационных сетях (Интернет и др.), ссылка должна содержать полные и достоверные сведения об авторах, времени издания, режиме доступа и т.д.

Примеры:

1. Исследовано в России [Электронный ресурс]: многопредметный научный журнал / Моск. физ. техн. ин-т. – Электрон. Журн. – Долгопрудный: МФТИ, 1998. – Режим доступа: <http://zhurnal.mipt.rssi.ru/>

2. Российская государственная библиотека [Электронный ресурс] / Центр информ. технологий РГР; ред. Т.В. Власенко; Web-мастер Н.В. Козлова. – Электрон.дан. – М.: Рос. гос. б-ка, 1997. – Режим доступа: <http://www.rsl.ru>, свободно. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

## Литература

1. Копылов, И.П. Справочник по электрическим машинам: в 2-х томах / Под общ. ред. И.П. Копылова, Б.К. Клокова. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – Т.1. – 456 с.

2. Копылов, И.П. Справочник по электрическим машинам: в 2-х томах / Под общ. ред. И.П. Копылова, Б.К. Клокова. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – Т.2. – 688 с.

3. Клюев, А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / А.С. Клюев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Клюев; под ред. А.С. Клюева. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.

Приложение А (справочное)

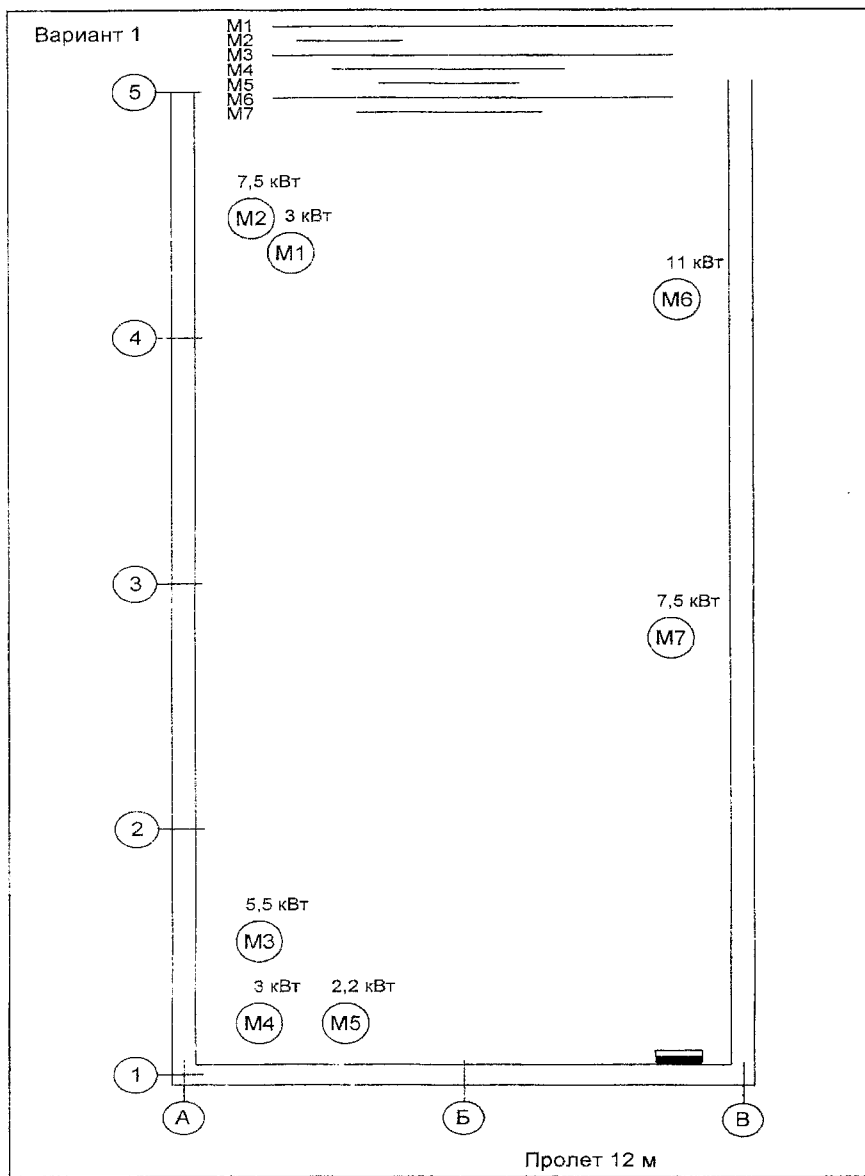
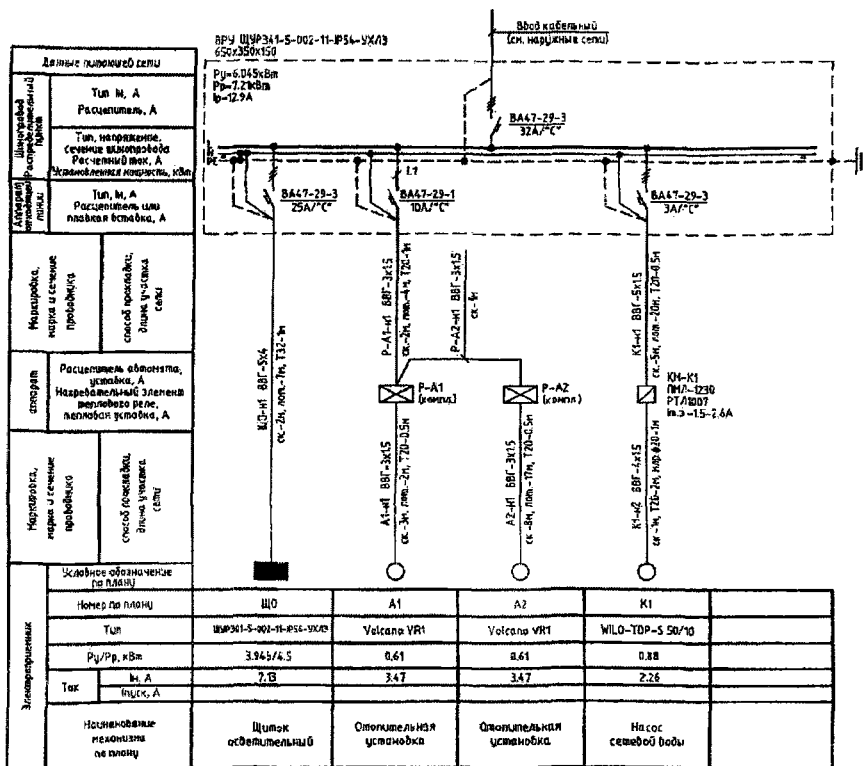


Рисунок А.1 – Задание на курсовую работу (исходные данные)



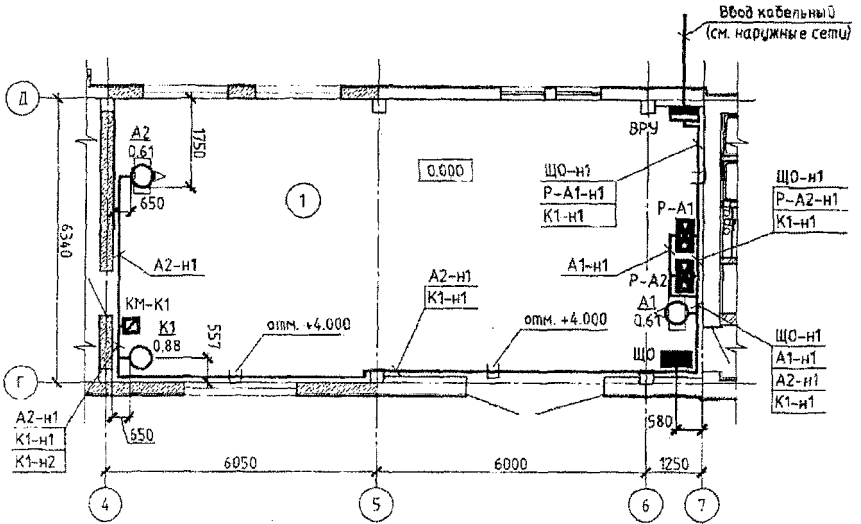
## Приложение Б (справочное)

### Схема электрическая принципиальная распределительной и групповой сетей



**Рисунок Б.1 – Принципиальная электрическая схема системы электроснабжения**

Фрагмент плана между осями 4-7, Г-Д на отм. 0.000



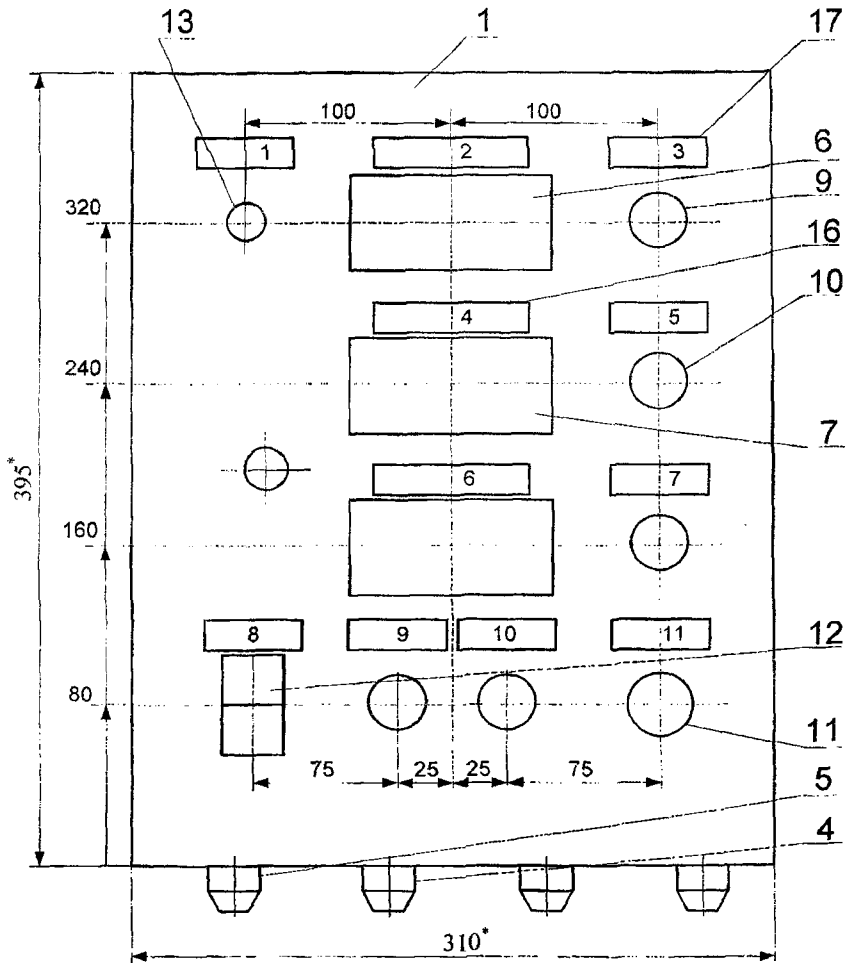
Экспликация помещений

Номер помещения	Наименование	Категория производства по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности
1	Цех	Д

Рисунок Б.2 – План расположения проводок

Приложение В (справочное)

Вид спереди (1:2,5)



1. \*Размеры для справок
2. Монтаж аппаратуры осуществить согласно документации изготовителя.
3. Надписи на шильдиках выполнить прописными буквами, высота букв первой строки 5 мм, второй - 3,5 мм.

Рисунок В.1 – Чертеж общего вида щита (вид спереди)

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
		<u>Документация</u>		
	АБВ.10.00.000.ТБ	Таблица соединений		
		<u>Стандартные изделия</u>		
1		Шкаф щита ЩМП 1 (IP 54)	1	
2		Монтажная DIN-рейка 35 мм (дл. 200 мм)	1	
3		Ограничитель на 35 мм DIN-рейку	4	
4		Сальник PG 7	1	
		<u>Прочие изделия</u>		
5	A1, A2	Измеритель ПИД-регулятор ТРМ 10-Щ2 У.ИР	2	Овен
6	QF1	Выключатель автоматический однополюсный ВА 47-29 (B6)	1	
		<u>Материалы</u>		
		Провод ПВ1-1 - 380 ГОСТ 6323-79	10 м	

Рисунок В.2 – Перечень составных частей щита

Проводн.	Откуда идет	Куда поступает	Данные провода	Примеч.
	<u>Технические требования</u>			
	Таблица соединений АБВ.10.00.000.33	выполнена на основе	схемы	
1	QF1:1	SB1:4	ПВ4-1	
2	SB1:3	SA1:2	ПВ1-1	

Рисунок В.3 – Таблица соединений щита

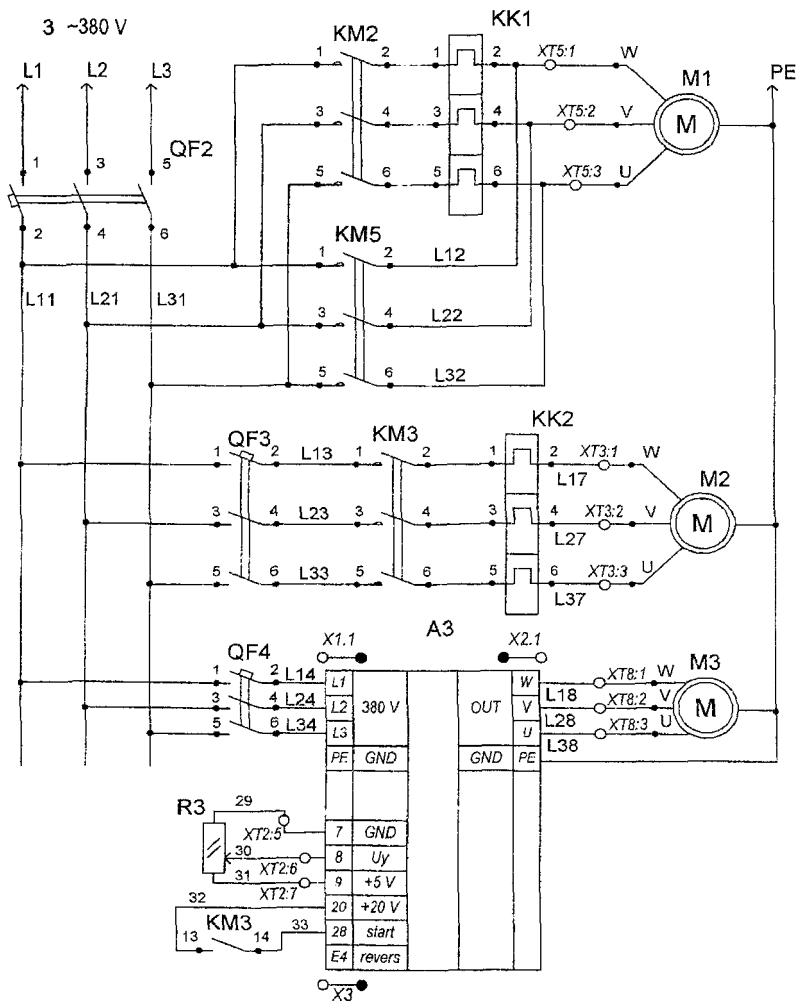


Рисунок В.4 – Принципиальная электрическая схема щита

Приложение Г (справочное)

Таблица Г.1 – Технические параметры магнитных пускателей серии КМИ

Параметр	Типоисполнения									
	КМИ-109	КМИ-112	КМИ-118	КМИ-225	КМИ-232	КМИ-340	КМИ-350	КМИ-465	КМИ-480	КМИ-495
Номинальное рабочее напряжение, В	230, 400, 660									
Номинальный рабочий ток, А	9	12	18	25	32	40	50	65	80	95
Номинальное напряжение катушки, В	24, 42, 110, 230, 400									
Мощность катушки, Вт (при срабат. $\cos \varphi=0,75$ )	60	60	60	90	90	200	200	200	200	200
Мощность катушки, Вт (при удержании) $\cos \varphi=0,3$	7	7	7	7,5	7,5	20	20	20	20	20
Время срабатывания, мс	12-22	12-22	12-22	15-24	15-24	20-26	20-26	20-26	20-35	20-35

Таблица Г.2 – Технические параметры магнитных пускателей серии КТИ

Параметр	Типоисполнения								
	КТИ-5115	КТИ-5150	КТИ-5185	КТИ-5225	КТИ-5265	КТИ-5330	КТИ-6400	КТИ-6500	КТИ-7630
Номинальное рабочее напряжение, В	230, 400, 660								
Номинальный рабочий ток, А	115	150	185	225	265	330	400	500	630
Номинальное напряжение катушки, В	230, 400, 660								
Мощность катушки, Вт (при срабат. $\cos \varphi=0,75$ )	550	550	805	805	1180	650	1075	1100	1650
Мощность катушки, Вт (при удержании) $\cos \varphi=0,3$	45	45	55	55	84	10	15	18	22
Время срабатывания, мс	23-35	23-35	20-35	20-35	40-65	40-65	40-75	40-75	40-80

Таблица Г.3 – Технические параметры автоматических выключателей серии ВА

Параметр	Типоисполнения								
	ВА 47-29	ВА 47-100	ВА 88-32	ВА 88-32	ВА 88-33	ВА 88-35	ВА 88-37	ВА 88-40	ВА 88-43
Номинальное рабочее напряжение, В	230/400			400					
Номинальный ток, А	63	100	125	125	160	250	400	800	1600
Номинальный ток теплового расцепителя, А	0,5; 1,6; 2,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 13; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	10; 16; 25; 32; 35; 40; 50; 63; 80; 100	12,5; 16; ; 20; 25; 32; 40	50; 63; 80; 100; 125	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	125; 160; 200; 250	250; 315; 400	400; 500; 630; 800	800; 1000; 1250; 1600
Характеристика электромагнитного расцепителя, $t_{ср}$ $\leq 0,1$ с.	B, C, D	C, D	-	-	-	-	-	-	-
Уставка электромагнитного расцепителя	-	-	50 А	10 <sub>НОМ</sub>	10 <sub>НОМ</sub>	10 <sub>НОМ</sub>	10 <sub>НОМ</sub>	10 <sub>НОМ</sub>	Регу-лир.

Таблица Г.4 – Технические параметры тепловых реле РТИ

Типоисполнение	РТИ-1301	РТИ-1302	РТИ-1303	РТИ-1304	РТИ-1305	РТИ-1306	РТИ-1307	РТИ-1308	РТИ-1310	РТИ-1312	РТИ-1314
Диапазон установки тока, А	0,1-0,16	0,16-0,25	0,25-0,4	0,4-0,63	0,63-1	1-1,6	1,6-2,5	2,5-4	4-6	5,5-8	7-10
Типоисполнение	РТИ-1316	РТИ-1321	РТИ-1322	РТИ-2353	РТИ-3353	РТИ-3355	РТИ-3357	РТИ-3359	РТИ-3361	РТИ-3363	РТИ-3365
Диапазон установки тока, А	9-13	12-18	17-25	28-36	23-32	30-40	37-50	48-65	55-70	63-80	80-93

Таблица Г.5 – Технические данные предохранителей серий НПН и ПН2.

Тип	Номинальный ток, А	
	предохранителя	плавких вставок
НПН15	15	6, 10, 15
НПН60М	60	20, 25, 35, 45, 60
ПН2 - 100	100	30, 40, 50, 60, 80, 100
ПН2 - 250	250	80, 100, 120, 150, 200, 250
ПН2 - 400	400	200, 250, 300, 350, 400
ПН2 - 600	600	300, 400, 500, 600

Таблица Г.6 – Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в земле

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей					
	одножильных до 1 кВ	двухжильных до 1 кВ	трехжильных напряжением, кВ			четырёхжильных до 1 кВ
			до 3	6	10	
6	—	80	70	—	—	—
10	140	105	95	80	—	85
16	175	140	120	105	95	115
25	235	185	160	135	120	150
35	285	225	190	160	150	175
50	360	270	235	200	180	215
70	440	325	285	245	215	265
95	520	380	340	295	265	310
120	595	435	390	340	310	350
150	675	500	435	390	355	395
185	755	—	490	440	400	450
240	880	—	570	510	460	—
300	1000	—	—	—	—	—
400	1220	—	—	—	—	—
500	1400	—	—	—	—	—
625	1520	—	—	—	—	—
800	1700	—	—	—	—	—

Таблица Г.7 – Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей					
	одножильных до 1 кВ	двужильных до 1 кВ	трехжильных напряжением, кВ			четырёхжильных до 1 кВ
			до 3	6	10	
6	–	55	45	–	–	–
10	95	75	60	55	–	60
16	120	95	80	65	60	80
25	160	130	105	90	85	100
35	200	150	125	110	105	120
50	245	185	155	145	135	145
70	305	225	200	175	165	185
95	360	275	245	215	200	215
120	415	320	285	250	240	260
150	470	375	330	290	270	300
185	525	–	375	325	305	340
240	610	–	430	375	350	–
300	720	–	–	–	–	–
400	880	–	–	–	–	–
500	1020	–	–	–	–	–
625	1180	–	–	–	–	–
800	1400	–	–	–	–	–

Таблица Г.8 – Активные и реактивные сопротивления кабелей

Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Активное сопротивление при 20 °С, Ом/км, жилы		Индуктивное сопротивление, Ом/км, кабеля напряжением, кВ			
	алюминиевой	медной	1	6	10	20
10	2,94	1,79	0,073	0,11	0,122	–
16	1,84	1,12	0,068	0,102	0,113	–
25	1,17	0,72	0,066	0,091	0,099	0,135
35	0,84	0,51	0,064	0,087	0,095	0,129
50	0,59	0,36	0,063	0,083	0,09	0,119
70	0,42	0,256	0,061	0,08	0,086	0,116
95	0,31	0,19	0,06	0,078	0,083	0,11
120	0,24	0,15	0,06	0,076	0,081	0,107
150	0,2	0,12	0,059	0,074	0,079	0,104
185	0,16	0,1	0,059	0,073	0,077	0,101
240	0,12	0,07	0,058	0,071	0,075	–



Таблица Г.9 – Сопротивление жилы одножильных и многожильных кабелей и проводов класса 1 по ГОСТ 22483-77

Номинальное сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Электрическое сопротивление постоянному току 1 км жилы при 20°С, Ом, не более		
	Медные жилы круглые и фасонные		Алюминиевые жилы круглые или фасонные без металлического покрытия или с металлическим покрытием
	нелуженые	луженые	
0,03	588,0	617,3	-
0,05	347,9	365,3	-
0,08	225,3	238,8	-
0,12	130,8	138,6	-
0,20	88,8	90,4	-
0,35	50,7	51,8	-
0,50	36,0	30,7	-
0,75	24,5	24,8	-
1,0	18,1	18,2	28,30
1,2	14,8	14,9	24,2
1,5	12,1	12,2	18,1
2,0	9,01	9,10	14,9
2,5	7,41	7,56	12,1
3,0	6,07	6,13	10,1
4,0	4,61	4,70	7,41
5,0	3,66	3,70	6,07
6,0	3,08	3,11	5,11
8,0	2,25	2,28	3,73
10,0	1,83	1,84	3,08
10,0	1,15	1,16	1,91
25,0	0,727	-	1,20
35	0,524	-	0,868
50	0,387	-	0,641
70	0,268	-	0,443
95	0,193	-	0,320
120	0,153	-	0,253
150	0,124	-	0,206
185	0,0991	-	0,164
240	0,0754	-	0,125
300	0,0001	-	0,100
400	0,0470	-	0,0778
500	0,0300	-	0,0605
625	0,0283	-	0,0469
800	0,0221	-	0,0367
1000	0,0176	-	0,0291

Таблица Г.10 – Параметры асинхронных электродвигателей серии 4А

Типоразмер	$n_H$ , мин <sup>-1</sup>	$P_H$ , кВт	$\eta_H$	$\cos \varphi_H$	$I_H/I_N$
1	2	3	4	5	6
<b>Синхронная частота 3000 мин<sup>-1</sup></b>					
4A71A2Y3	2840	0,75	0,77	0,87	5,5
4A71B2Y3	2810	1,1	0,775	0,87	5,5
4A80A2Y3	2850	1,5	0,81	0,85	6,5
4A80B2Y3	2850	2,2	0,83	0,87	6,5
4A90L2Y3	2880	3	0,845	0,88	6,5
4A100S2Y3	2880	4	0,865	0,89	7,5
4A100L2Y3	2880	5,5	0,875	0,91	7,5
4A112MC2Y3	2900	7,5	0,875	0,88	7,5
4A132MC2Y3	2900	11	0,88	0,9	7,5
4A160S2Y3	2940	15	0,88	0,91	7,5
4A160M2Y3	2940	18,5	0,885	0,92	7,5
4A180S2Y3	2945	22	0,885	0,91	7,5
4A180M2Y3	2945	30	0,9	0,9	7,5
4A200M2Y3	2945	37	0,9	0,89	7,5
4A200L2Y3	2945	45	0,91	0,9	7,5
<b>Синхронная частота 1500 мин<sup>-1</sup></b>					
4A71A4Y3	1390	0,55	0,705	0,7	4,5
4A71B4Y3	1390	0,75	0,72	0,73	4,5
4A80A4Y3	1420	1,1	0,75	0,81	5
4A80B4Y3	1415	1,5	0,77	0,83	5
4A90L4Y3	1425	2,2	0,8	0,83	6
4A100S4Y3	1435	3	0,82	0,83	6,5
4A100L4Y3	1430	4	0,84	0,84	6,5
4A112S4Y3	1445	5,5	0,855	0,85	7
4A132S4Y3	1455	7,5	0,875	0,86	7,5
4A132M4Y3	1460	11	0,875	0,87	7,5
4A160S4Y3	1465	15	0,885	0,88	7
4A160M4Y3	1465	18,5	0,895	0,88	7
4A180S4Y3	1470	22	0,9	0,9	7
4A180M4Y3	1470	30	0,905	0,89	7
4A200M4Y3	1475	37	0,91	0,9	7
4A200L4Y3	1475	45	0,92	0,9	7

Продолжение таблицы Таблица Г.10

1	2	3	4	5	6
<b>Синхронная частота 1000 мин<sup>-1</sup></b>					
4A71A6Y3	910	0,37	0,645	0,69	4
4A71B6Y3	900	0,55	0,675	0,71	4
4A80A6Y3	915	0,75	0,69	0,74	4
4A80B6Y3	920	1,1	0,74	0,74	4
4A90L6Y3	935	1,5	0,75	0,74	5,5
4A100L6Y3	950	2,2	0,81	0,73	5,5
4A112MA6Y3	955	3	0,81	0,76	6
4A112MB6Y3	950	4	0,82	0,81	6
4A132S6Y3	965	5,5	0,85	0,8	7
4A132M6Y3	970	7,5	0,855	0,81	7
4A160S6Y3	975	11	0,86	0,86	6
4A160M6Y3	975	15	0,875	0,87	6
4A180M6Y3	975	18,5	0,88	0,87	6
4A200M6Y3	975	22	0,9	0,9	6,5
4A200L6Y3	980	30	0,905	0,9	6,5
4A225M6Y3	980	37	0,91	0,89	6,5
4A250S6Y3	985	45	0,915	0,89	7
<b>Синхронная частота 750 мин<sup>-1</sup></b>					
4A71B8	680	0,25	0,56	0,65	3,5
4A80A8	675	0,37	0,615	0,65	3,5
4A80B8	700	0,55	0,64	0,65	3,5
4A90LA8Y3	700	0,75	0,68	0,62	4
4A90LB8Y3	700	1,1	0,7	0,68	4
4A100L8Y3	700	1,5	0,74	0,65	5
4A112MA8Y3	700	2,2	0,765	0,71	5
4A112MB8Y3	700	3	0,79	0,74	5,5
4A132S8Y3	720	4	0,83	0,7	5,5
4A132M8Y3	720	5,5	0,83	0,74	6
4A160S8Y3	730	7,5	0,86	0,75	6
4A160M8Y3	730	11	0,87	0,75	6
4A180M8Y3	730	15	0,87	0,82	6
4A200M8Y3	735	18,5	0,885	0,84	6
4A200L8Y3	730	22	0,885	0,84	6
4A225M8Y3	735	30	0,9	0,81	6
4A250S8Y3	735	37	0,9	0,83	6,5
4A250M8Y3	740	45	0,91	0,84	6,5

**Составители:** Прокопеня Олег Николаевич  
Клопоцкий Александр Анатольевич  
Олех Анна Григорьевна

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

### **Методические указания**

по курсовому проектированию

для студентов специальности

1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Ответственный за выпуск Прокопеня О.Н.

Редактор Боровикова Е.А.

Компьютерная вёрстка Кармаш Е.Л.

Корректор Никитчик Е.В.

---

Подписано к печати 15.01.2014 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага «Снегурочка».  
Гарнитура «Arial Narrow». Усл. п. л. 1,6. Уч.-изд. л. 1,75. Заказ № 1311. Тираж 50 экз.

Отпечатано на ризографе учреждения образования  
«Брестский государственный технический университет».

224017, Брест, ул. Московская, 267.