

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Тверской государственный технический университет»**  
(ТвГТУ)

Кафедра электроснабжения и электротехники

## ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Методические указания к курсовому проекту  
для студентов дневного и заочного обучения специальности 140400

Тверь 2015

УДК  
ББК

Рецензент доцент кафедры ЭС и Э канд. техн. наук. Корнеев К.Б.

Методические указания к курсовому проекту для студентов дневного и заочного обучения специальности 140400 / сост. А.С. Енин. Тверь: ТвГТУ, 2015, 16 с.

Разработаны в соответствии с рабочей программой курса «Электроснабжение» и учебным планом для студентов специальности 140400.

Выполнение курсового проекта нацелено на получение новых знаний по дисциплине «Электроснабжение», а также закрепление и расширение ранее полученных в процессе обучения знаний, сведение этих знаний в единый комплекс проекта, где разрабатываются вопросы расчёта нагрузок, выбора и проверки электрических сетей и электрооборудования, расчёт токов короткого замыкания, защиты.

Обсуждены и рекомендованы к печати на заседании кафедры ЭС и Э (протокол № 6 от 26 января 2015 г.).

## ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Методические указания к курсовому проекту  
для студентов дневного и заочного обучения специальности 140400

Технический редактор Ю.Ф. Воробьева  
Корректор И.С. Тихомирова

---

Подписано в печать 16.02.15

Формат 60x84/16

Физ. печ. л. 1

Тираж экз. 150

Усл. печ. л. 0,93

Заказ № 13

Бумага писчая

Уч.-изд. л. 0,87

С – 11

---

Редакционно-издательский центр  
Тверского государственного технического университета  
170026 г. Тверь, наб. А. Никитина,

© Тверской государственный  
технический университет, 2015  
© Енин А.С., 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	4
2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	4
3. ТЕМАТИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	4
4. РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА	5
5. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА	11
6. ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА	11
ПРИЛОЖЕНИЕ	12
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	16

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Целью курсового проектирования является овладение методикой и приобретение навыков проектирования системы внутрицехового электроснабжения с решением всего комплекса соответствующих вопросов.

Задачами проектирования являются выбор и расчёт принципиальной схемы электроснабжения цеха или производственного участка, расчёт электрических нагрузок, выбор силовых трансформаторов, расчёт компенсирующих устройств, выбор и проверка электрической сети, расчёт токов короткого замыкания, выбор и проверка аппаратов защиты.

## 2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В курсовом проекте рассматриваются следующие вопросы, которые отражаются в пояснительной записке в виде отдельных глав проекта:

- выбор напряжения, схемы и конструктивного выполнения цеховой электрической сети;
- расчёт электрических нагрузок первого, второго и третьего уровней;
- выбор и проверка основных элементов питающей и распределительной цеховой сети напряжением до 1 000 В;
- выбор силовых трансформаторов цеховой подстанции (ТП);
- расчёт и выбор компенсирующих устройств (КУ) и уточнение мощности силовых трансформаторов с учётом места установки КУ;
- расчёт токов короткого замыкания (ТКЗ);
- выбор и проверка защитной и коммутационной аппаратуры.

При курсовом проектировании решается задача создания системы внутрицехового электроснабжения, которая отвечает действующим правилам устройства электроустановок, правилам технической эксплуатации и техники безопасности, обеспечивает надёжность электроснабжения и оптимальные технико-экономические показатели.

Курсовой проект состоит из расчётно-пояснительной записки объёмом 30–35 страниц текста на бумаге формата А4 и двух листов графической части формата А1.

Оформление курсового проекта должно соответствовать действующим стандартам и нормам.

## 3. ТЕМАТИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Система внутрицехового электроснабжения (СЭС) проектируется в соответствии с правилами устройства электроустановок [1]. В состав цеха должно входить 3...4 различных производственных участка (металлообрабатывающий, термический, сварочный и т.д.) с общим числом электроприёмников не менее 50.

Исходными данными являются

- план и габариты цеха с расстановкой технологического оборудования;
- установленная мощность электроприёмников;
- коэффициент реактивной мощности энергосистемы  $\text{tg}\varphi_c$  или величина реактивной мощности  $Q_c$ , выдаваемой энергосистемой потребителю в период максимума активных нагрузок;
- сведения об источниках питания;

Исходные данных принимаются по результатам производственной практики, которая проводится после четвёртого семестра. Возможна разработка СЭС потребителя, который предполагается выбрать в дальнейшем объектом выпускной работы бакалавра. В этом случае исходные данные могут быть заданы руководителем выпускной работы.

## 4. РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

### 4.1. Составление сводной ведомости электрооборудования

Ведомость, рекомендуемая форма которой приведена в приложении (табл. П1), составляется на основании исходных данных. Если тип электрооборудования неизвестен, то его следует выбирать по [2...4] на основании сведений о технологическом оборудовании. Например, для металлообрабатывающего станка с мощностью электропривода 10 кВт выбирается двигатель 4А132М2УЗ, имеющий  $P_{\text{ном}} = 11$  кВт;  $\eta_{\text{ном}} = 0,88$ ;  $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,9$ ;  $I_{\text{ном}} = P_{\text{ном}} / (\sqrt{3} * U_{\text{ном}} * \cos \varphi_{\text{ном}} * \eta_{\text{ном}}) = 21,1$  А.

Примерный срок готовности раздела – вторая неделя учебного семестра.

### 4.2. Выбор напряжения цеховой питающей электросети

Решением этого вопроса относится к технико-экономическим задачам.

В курсовом проекте сопоставляются варианты напряжения 0,38 кВ и 0,66 кВ для общепромышленных установок и напряжения 6,3 кВ и 10,5 кВ для высоковольтных установок при наличии их в цехе.

Эти задачи могут быть решены на основании общих положений [2...4].

Срок выполнения раздела – вторая неделя учебного семестра.

### 4.3. Разработка принципиальной схемы внутрицехового электроснабжения.

На основании рекомендаций [1...4] и с учётом конкретных факторов проектируемой СЭС (категорийность потребителей, тип и размещение технологического и электрооборудования, его мощность, режим работы и т.д.) следует разработать принципиальную схему электроснабжения.

Срок выполнения раздела – третья неделя учебного семестра.

### 4.4. Расчёт электрических нагрузок

#### 4.4.1. Общие положения.

Данный расчёт необходим для выбора числа и мощности силовых трансформаторов, мощности и места установки компенсирующих устройств, для выбора токоведущих элементов по условию допустимого нагрева, определения потерь мощности и напряжения, выбора защитной аппаратуры.

Основной метод расчёта электрической нагрузки для промышленных предприятий – метод упорядоченных диаграмм, который изложен в [2...8].

Для цеховой электрической сети расчёт производится на трёх уровнях электроснабжения: I уровень – линии от отдельных электроприёмников до распределительного пункта (РП) или шинпровода, к которому они подключены; II уровень – линии от РП до ТП, магистральные (ШМ) и распределительные (ШР) шинпроводы; III уровень – шины низкого напряжения цеховой ТП.

#### 4.4.2. Расчёт нагрузки I уровня электроснабжения

Расчётные нагрузки всех проводников I уровня:

$$P_{\text{м1}} = P_{\text{ф}} = K_{\text{з}} * P_{\text{ном}}, \quad Q_{\text{м1}} = P_{\text{м1}} * \text{tg} \varphi_{\text{ном}}, \quad (1)$$

где  $P_{\text{ф}}$  – максимальная фактическая мощность потребителя, кВт;  $K_{\text{з}}$  – коэффициент загрузки по активной мощности;  $\text{tg} \varphi_{\text{ном}}$  – номинальный коэффициент реактивной мощности, принимается по [2...4].

Для электроприёмников, работающих в длительном режиме, номинальная мощность равна паспортной ( $P_{\text{ном}} = P_{\text{пасп}}$ ), а в повторно-кратковременном  $P_{\text{ном}} = P_{\text{пасп}} * \sqrt{ПВ}$ , где ПВ – паспортная продолжительность включения, отн. ед.

Результаты расчёта приводятся в табл. П1.

#### 4.4.3. Расчёт нагрузки II уровня электроснабжения

На II уровне расчётная нагрузка для группы электроприёмников, определяется по методу упорядоченных диаграмм:

$$P_{\text{МII}} = K_{\text{М}} * \sum_{i=1}^n K_{\text{Иi}} * P_{\text{номi}}, \quad Q_{\text{МII}} = K_{\text{МQ}} * \sum_{i=1}^n K_{\text{Иi}} * P_{\text{номi}} * \text{tg} \varphi_{\text{СМi}} \quad (2)$$

где  $K_{\text{М}}$  – коэффициент максимума по активной мощности, определяемой расчётом;  $K_{\text{Иi}}$  – коэффициент использования, справочная величина [2...4];  $\text{tg} \varphi_{\text{СМ}}$  – среднесменный коэффициент реактивной мощности, принимается по [2...4];  $K_{\text{МQ}}$  – коэффициент максимума по реактивной мощности,  $K_{\text{МQ}} = 1$  при  $n_{\text{э}} \geq 10$  или  $K_{\text{МQ}} = 1,1$  при  $n_{\text{э}} < 10$  (здесь  $n_{\text{э}}$  – эффективное число электроприёмников в группе). Для потребителей с равномерным графиком нагрузки при  $K_{\text{Иi}} \geq 0,6$  принимают  $K_{\text{М}} = 1$ .

Результаты расчёта приводятся в табл. П2.

#### 4.4.4. Расчёт нагрузки III уровня электроснабжения

Электрические нагрузки III уровня определяются выражениями:

$$P_{\text{МIII}} = \lambda * \sum_{i=1}^n K_{\text{Иi}} * P_{\text{номi}}, \quad Q_{\text{МIII}} = \lambda * \sum_{i=1}^n K_{\text{Иi}} * P_{\text{номi}} * \text{tg} \varphi_{\text{СМi}} \quad (3)$$

где  $\lambda$  – корректирующий справочный коэффициент [2...4].

Результаты расчёта приводятся в табл. П2.

#### 4.4.5. Особенности расчёта нагрузки отдельных потребителей

Отдельно производится расчёт нагрузки однофазных электроприёмников, а также сварочных установок. Методика расчёта приведена в [2].

Полученная нагрузка суммируется с расчётной нагрузкой соответствующего уровня электроснабжения.

#### 4.4.6. Определение пиковых нагрузок

Пиковая нагрузка, обусловленная пуском электродвигателей и кратковременными эксплуатационными КЗ, например, при электросварке, определяет выбор защитной аппаратуры и проверку электрической сети по потере напряжения.

Для одного электродвигателя

$$I_{п} = I_{пуск} = K * I_{ном}, \quad (4)$$

где  $K$  – коэффициент кратности пускового тока  $I_{пуск}$  по отношению к номинальному, справочная величина.

Пиковый ток группы электродвигателей

$$I_{п гр} = I_{пуск \max д} + I_{мп} - I_{ном \max д} * K_c, \quad (5)$$

где  $I_{пуск \max д}$  – максимальный пусковой ток электродвигателя в группе;  $I_{мп}$  – расчётный ток второго уровня нагрузки группы электродвигателей;  $I_{ном \max д}$  – номинальный ток при ПВ = 1 двигателя с максимальным пусковым током;  $K_c$  – коэффициент спроса ( $K_c = K_i * K_m$ ).

Пиковый ток печных и сварочных трансформаторов принимается по паспортным данным, а при отсутствии таких данных – не менее трёхкратного номинального тока без приведения к ПВ = 1.

Результаты расчёта приводятся в табл. П2.

Срок выполнения данного раздела – шестая неделя учебного семестра.

#### 4.5. Выбор типа, числа и мощности силовых трансформаторов, типа и места установки цеховой трансформаторной подстанции

Тип трансформаторов цеховых ТП определяется условиями их установки и состоянием окружающей среды. Число трансформаторов зависит от категоричности нагрузки, её величины и равномерности распределения [1...4].

Выбор мощности цеховых трансформаторов следует производить в соответствии с [1...8]. Ориентировочно эта мощность может быть определена по удельной плотности нагрузки. При напряжении 380 В и плотности нагрузки до 0,2 кВА/м<sup>2</sup> целесообразно использовать трансформаторы мощностью до 1 000 кВА включительно; при плотности 0,2...0,3 кВА/м<sup>2</sup> – мощностью до 1 600 кВА; при плотности более 0,3 кВА/м<sup>2</sup> – мощностью 1 600 или 2 500 кВА.

Уточнение мощности трансформаторов производится по суточному графику нагрузки или по расчётной мощности. В последнем случае номинальная мощность трансформатора

$$S_{номТ} \geq S_{МП} / N * K_з, \quad (6)$$

где  $N$  – число трансформаторов;  $K_3$  – коэффициент загрузки трансформатора, равный  $0,65 \dots 0,7$  для двухтрансформаторных ТП (трансформаторы с масляным охлаждением) или  $0,5 \dots 0,6$  (трансформаторы с воздушным охлаждением); для однострансформаторных подстанций  $K_3 = 0,7 \dots 0,8$ .

При совместном подключении к трансформаторам силовой и осветительной нагрузки расчётная мощность  $S_{МШ}$  должна определяться с учётом данного фактора:

$$P_{осв} = P_{уд} * F, \quad Q_{осв} = P_{осв} * tg \varphi_{осв}, \quad (7)$$

где  $P_{уд}$  – удельная осветительная нагрузка, кВт/м<sup>2</sup>, справочная величина;  $F$  – производственная площадь объекта, м<sup>2</sup>.

После выбора мощности трансформаторов следует произвести их проверку по аварийной перегрузке. В следующем разделе проекта мощность трансформаторов цеховой ТП уточняется с учётом решения вопросов компенсации реактивной перегрузки.

Цеховые ТП, как правило, принимаются комплектного исполнения (КТП). Тип и место расположения КТП определяются характером окружающей среды, планировкой цеха и рядом других факторов. Ориентировочно место установки КТП может быть определено путём построения картограммы нагрузки цеха.

Результаты расчёта приводятся в табл.ПЗ.

Срок выполнения раздела – седьмая неделя учебного семестра.

#### 4.6. Компенсация реактивной мощности

##### 4.6.1. Общие положения

Мощность компенсирующих устройств, устанавливаемых на предприятии или в цехе, определяется по технико-экономическим условиям [2...4]

$$Q_{ку} = Q_M^l - Q_{C \max} = K * Q_M - P_M * tg \varphi_c, \quad (8)$$

где  $Q_M$ ,  $P_M$  – наибольшие суммарные расчётные реактивная и активная нагрузка потребителя до компенсации;  $K$  – справочный коэффициент несовпадения по времени максимума активной нагрузки энергосистемы и максимума реактивной нагрузки потребителя;  $Q_{C \max}$  – реактивная мощность, выдаваемая энергосистемой предприятию в часы максимума.

Регулируемая часть КУ определяется выражением:

$$Q_{КУрег} = Q_{KV} - Q_{C \min}, \quad (9)$$

где  $Q_{C \min}$  – реактивная мощность, выдаваемая энергосистемой предприятию в часы минимума.

4.6.2. Определение мощности компенсирующих устройств в сети напряжением до 1 000 В.

Предварительно определяются вспомогательные параметры [2]:

$$Q_{НКУ1} = Q_{MT} - Q_T = Q_{MT} - \sqrt{(N * K_3 * S_{НОМТ})^2 - P_{MT}^2}, \quad (10)$$

$$Q_{НКУ2} = Q_{MT} - Q_{НКУ1} - \gamma * N * S_{НОМТ}, \quad (11)$$



где  $P_{MT}$ ,  $Q_{MT}$  – суммарные расчётные активная и реактивная нагрузки ТП;  $\gamma$  – расчётный справочный коэффициент [2];  $Q_T$  – мощность, которую целесообразно передавать через цеховые трансформаторы в сеть до 1 000 В;  $K_3$  – коэффициент загрузки трансформаторов.

Если в результате расчётов по (10) или (11) получаются отрицательные величины, то соответствующий параметр принимается равным нулю.

Общая мощность КУ на стороне до 1 000 В:

$$Q_{HKV} = Q_{HKV1} + Q_{HKV2}. \quad (12)$$

#### 4.6.3. Уточнение мощности силовых трансформаторов

Установка КУ на стороне до 1 000 В цеховой ТП позволяет разгрузить трансформаторы по реактивной мощности и в ряде случаев снизить принимаемую номинальную мощность трансформатора. При этом

$$S^1_{номТ} \geq P_{MT} / K_3 * N, \quad (13)$$

где  $K_3$  принимается по (6).

Если в результате уточняющего расчёта при условии  $Q_{HKV} \leq Q_{KV}$  мощность трансформатора по п. 4.6.3 ( $S^1_{номТ}$ ) окажется меньше, чем по п. 4.5 ( $S_{номТ}$ ), то в качестве расчётной принимается  $S^1_{номТ}$ .

Срок выполнения раздела – девятая неделя учебного семестра.

#### 4.7. Расчёт силовой электрической сети цеха

Выбор типа и марки проводников цеховой электросети и способ их прокладки производится с учётом типа электроприёмников, их мощности и режимов работы, условий окружающей среды [1...4].

Выбор сечения проводников производится по условию допустимого нагрева на основании расчётного тока для соответствующего уровня электропитания:

$$I_{дд} \geq I_{мi}. \quad (14)$$

Выбранные проводники должны быть проверены по допустимой потере напряжения при расчётной нагрузке:

$$\Delta U_{расч} = \left( \sum_{i=1}^n P_{Mi} * r_{Ci} + \sum_{i=1}^n Q_{Mi} * x_{Ci} \right) * 100 / U_{ном}^2 \leq \Delta U_{доп} \%, \quad (15)$$

где  $\Delta U_{доп}$  – допустимая величина суммарной потери напряжения;  $r_{ci}$ ,  $x_{ci}$  – активное и реактивное сопротивления участков сети;  $P_{mi}$ ,  $Q_{mi}$  – активная и реактивная расчётные мощности соответствующих участков сети.

Результаты расчёта и выбора проводников приводятся в табл. П4.

Срок выполнения данного раздела – десятая неделя учебного семестра.

#### 4.8. Расчёт токов короткого замыкания

Расчёт производится на шинах 0,4 кВ ТП, в узлах нагрузки и у отдельных электроприёмников. Методика расчёта, основанная на составлении схемы замещения и её преобразовании, подробно изложена в [2, 9, 10].

В курсовом проекте следует определить токи трёхфазного и однофазного КЗ – соответственно для проверки отключающей способности и чувствительности защитных аппаратов.

Влияние электродвигателей, непосредственно связанных с точкой короткого замыкания, допускается не учитывать.

Значения  $R$ ,  $X$  элементов системы электроснабжения принимаются в соответствии с [1...4, 9, 10], а сопротивление дуги  $R_d$  определяется по [9] или принимается  $R_d = 15 \text{ мОм}$  [11].

Начальное действующее значение тока трехфазного КЗ от источника питания

$$I_{KG} = I_K^{(3)} = U_{CP \text{ ном}} / \sqrt{3} * \sqrt{(R_{1\Sigma})^2 + (X_{1\Sigma})^2}, \quad (16)$$

где  $U_{CP \text{ ном}}$  – среднее номинальное напряжение, В;  $R_{1\Sigma}$ ,  $X_{1\Sigma}$  – суммарное активное и индуктивное сопротивления прямой последовательности, мОм.

Начальное действующее значение тока однофазного КЗ:

$$I_K^{(1)} = \sqrt{3} * U_{CP \text{ ном}} / \sqrt{(2 * R_{1\Sigma} + R_{0\Sigma})^2 + (2 * X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}, \quad (17)$$

$$I_K^{(1)} = \sqrt{3} * U_{CP \text{ ном}} / \sqrt{(R_T^{(1)} + 3 * R_{\Phi O} + R_d)^2 + (X_T^{(1)} + 3 * X_{\Phi O})^2}, \quad (18)$$

где  $R_{0\Sigma}$ ,  $X_{0\Sigma}$  – суммарные сопротивления нулевой последовательности.

Расчёт может быть проведён с использованием компьютерных программ.

Результаты расчёта приводятся в табл. П5 и используются при проверке коммутационных и защитных аппаратов.

Срок выполнения данного раздела – двенадцатая неделя учебного семестра.

#### 4.9. Выбор защитной и коммутационной аппаратуры

В сети напряжением до 1 000 В выбираются контакторы, магнитные пускатели, автоматические выключатели, плавкие предохранители.

Выбор контакторов и магнитных пускателей производится по номинальному напряжению и току электрооборудования, типу исполнения, с учётом режима работы и условий окружающей среды. Типы этих аппаратов указаны в [2...4].

Выбор номинальных параметров защитных аппаратов, установленных для защиты от коротких замыканий, производится по двум основным условиям:

$$I_{номА} \geq I_{номЭ} (I_{Mj}), \quad I_{номА} \geq I_{пускЭ} (I_{Пj}) / K, \quad (19)$$

где  $I_{номА}$  – номинальный ток защитного аппарата, А;  $I_{номЭ}$ ,  $I_{пускЭ}$  – номинальный и пусковой токи защищаемой электроустановки, А;  $I_{Mj}$ ,  $I_{Пj}$  – расчётный и пиковый токи группы электроустановок, А;  $K$  – коэффициент, учитывающий особенности режима работы защищаемого оборудования и тип защитного аппарата,  $K = 1,6...2,5$ .

По выражениям (19) выбираются: для автоматического выключателя – номинальный ток, ток уставки теплового и электромагнитного (электронного)

расцепителя (при его наличии); для предохранителя – номинальный ток плавкой вставки и номинальный ток патрона предохранителя. Затем определяется тип защитного аппарата и уточняется тип РП. Принятые к установке РП должны соответствовать схеме электроснабжения, числу возможных подключений, допустимым токам и комплектоваться соответствующими аппаратами.

Выбранные коммутационные аппараты следует проверить на отключающую способность и по чувствительности.

Кроме того, защитные аппараты проверяются по условию селективности. Для этого производится построение карты селективности на характерном участке сети (рис. П1, П2). Эта часть работы является факультативной.

Результаты выбора приводятся в табл. Пб.

Срок выполнения раздела – четырнадцатая неделя учебного семестра.

## 5. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

Графическая часть курсового проекта должна соответствовать [11]. Чертежи выполняются на двух листах формата А1.

На первом листе приводятся план цеха с размещением оборудования (указывается номер электроприёмника и его установленная мощность) с указанием места расположения ТП, РП, ШМ, ШР, а также схема прокладки электрических сетей (рис. П1).

На втором листе приводятся принципиальная электрическая схема КТП (рис. П2) и принципиальная электрическая схема питающей сети (рис. П3).

Срок выполнения раздела – шестнадцатая неделя учебного семестра.

## 6. ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Полностью оформленные материалы проекта студент предоставляет руководителю в сроки, установленные графиком проектирования. После проверки проекта, а при необходимости после его доработки, определяются дата и время защиты.

При защите студент должен сделать краткий доклад (до 10 мин) по результатам работы и ответить на предложенные ему вопросы по проекту. Оценка определяется в соответствии с качеством выполнения курсового проекта, успешности защиты и с учётом работы студента по данной дисциплине в течение семестра.

Защита проекта производится на семнадцатой и восемнадцатой неделях учебного семестра.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица П1. Сводная ведомость электрооборудования цеха и результатов расчёта нагрузки первого уровня

№ по плану цеха	Наименование отделения, участка, технологического оборудования	Установленная мощность потребителя, кВт	Тип электрооборудования	Номинальные параметры электрооборудования					P <sub>м1</sub> , кВт	I <sub>м1</sub> , А
				P <sub>ном</sub> , кВт	η <sub>ном</sub>	cos φ <sub>ном</sub>	I <sub>ном</sub> , А	I <sub>пик</sub> , А		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Таблица П2. Определение расчётной нагрузки второго и третьего уровней

Узел нагрузки, оборудование	Установленная мощность, P, кВт	Число электроприёмников, n	Коэффициент использования, Ки	cos φ <sub>см</sub> / tg φ <sub>см</sub>	P <sub>см</sub> , кВт	Q <sub>см</sub> , квар	Эффективное число приёмников, пэ	Коэффициент максимума, Км	P <sub>мп</sub> , кВт	Q <sub>мп</sub> , квар	S <sub>мп</sub> , кВА	I <sub>мп</sub> , А	I <sub>пик</sub> , А	λ	P <sub>мп3</sub> , кВт	Q <sub>мп3</sub> , квар	S <sub>мп3</sub> , кВА	I <sub>мп3</sub> , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Таблица П3. Сведения о трансформаторной подстанции

Тип КТП	Трансформаторы		Тип шкафа			
	тип	количество	ввод ВН	ввод НН	линейный	секционный
1	2	3	4	5	6	7

Таблица П4. Сводная таблица выбора проводников

Начало трассы	Окончание трассы	Проводник				Ток нагрузки		ΔU*, %
		способ прокладки	тип	сечение, мм <sup>2</sup>	I <sub>дд</sub> , А	I <sub>м</sub> , А	I <sub>пик</sub> , А	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

\*- потеря напряжения должна соответствовать требованиям [12].

Таблица П5. Результаты расчёта токов КЗ

Точка КЗ	Сопротивление схемы замещения, мОм				Ток КЗ, действующее значение, кА	
	трёхфазное КЗ		однофазное КЗ		трёхфазное КЗ	однофазное КЗ
	$r^{(3)}$	$x^{(3)}$	$r^{(1)}$	$x^{(1)}$	$I_K^{(3)}$	$I_K^{(1)}$
1	2	3	4	5	6	7

Таблица П6. Результаты выбора и проверки защитных аппаратов

Участок сети, номер ЭП	Ток нагрузки		Ток КЗ		Защитный аппарат					
	$I_n$ , А	$I_{пик}$ , А	$I_K^{(3)}$ , кА	$I_K^{(1)}$ , кА	тип	Ином расц. или патрона, А	$I_{тр}$ , А	$I_{эм}$ или $I_{пв}$ , А	Кч	$I_{откл}$ , кА
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

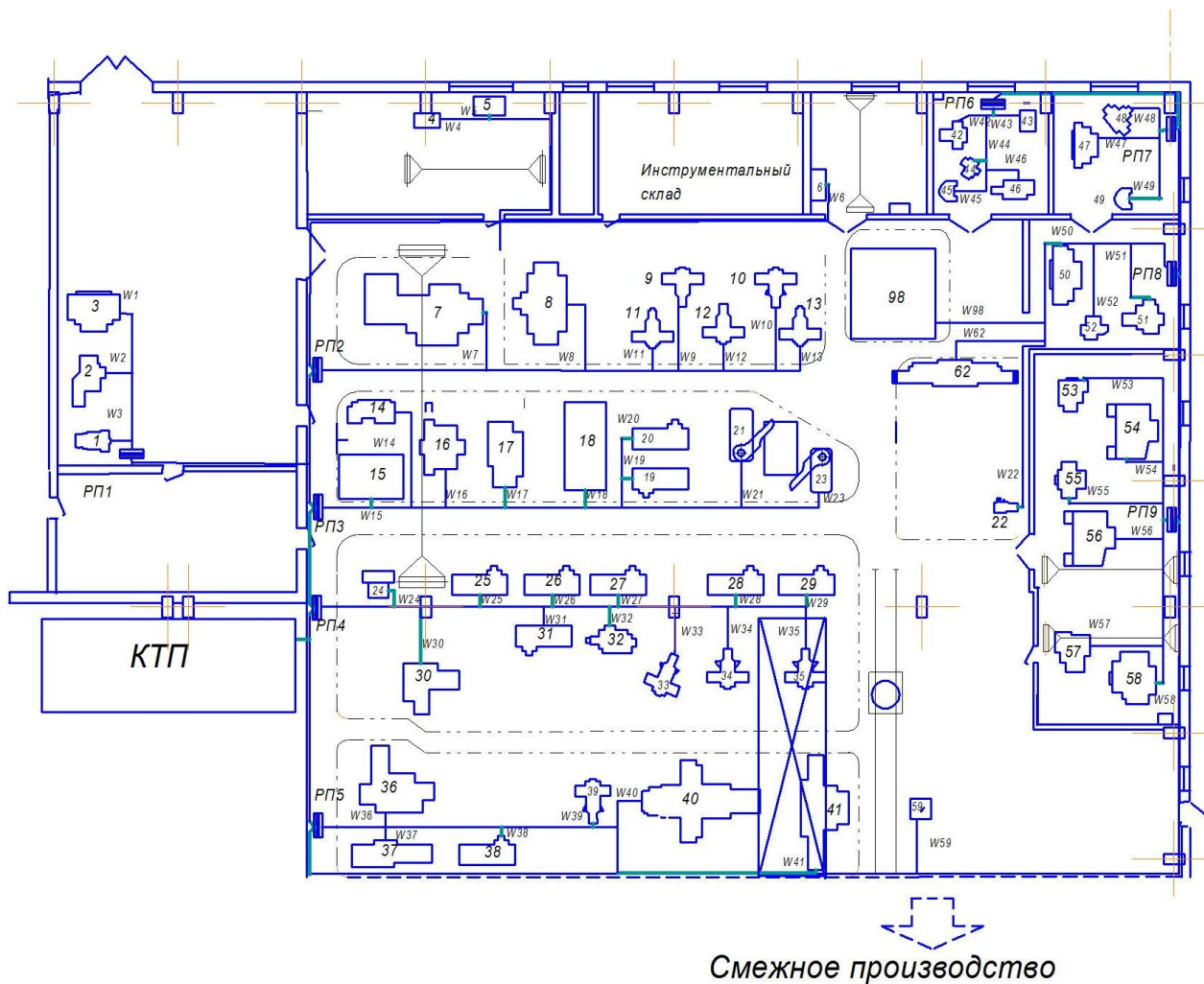


Рис. П1. План размещения оборудования

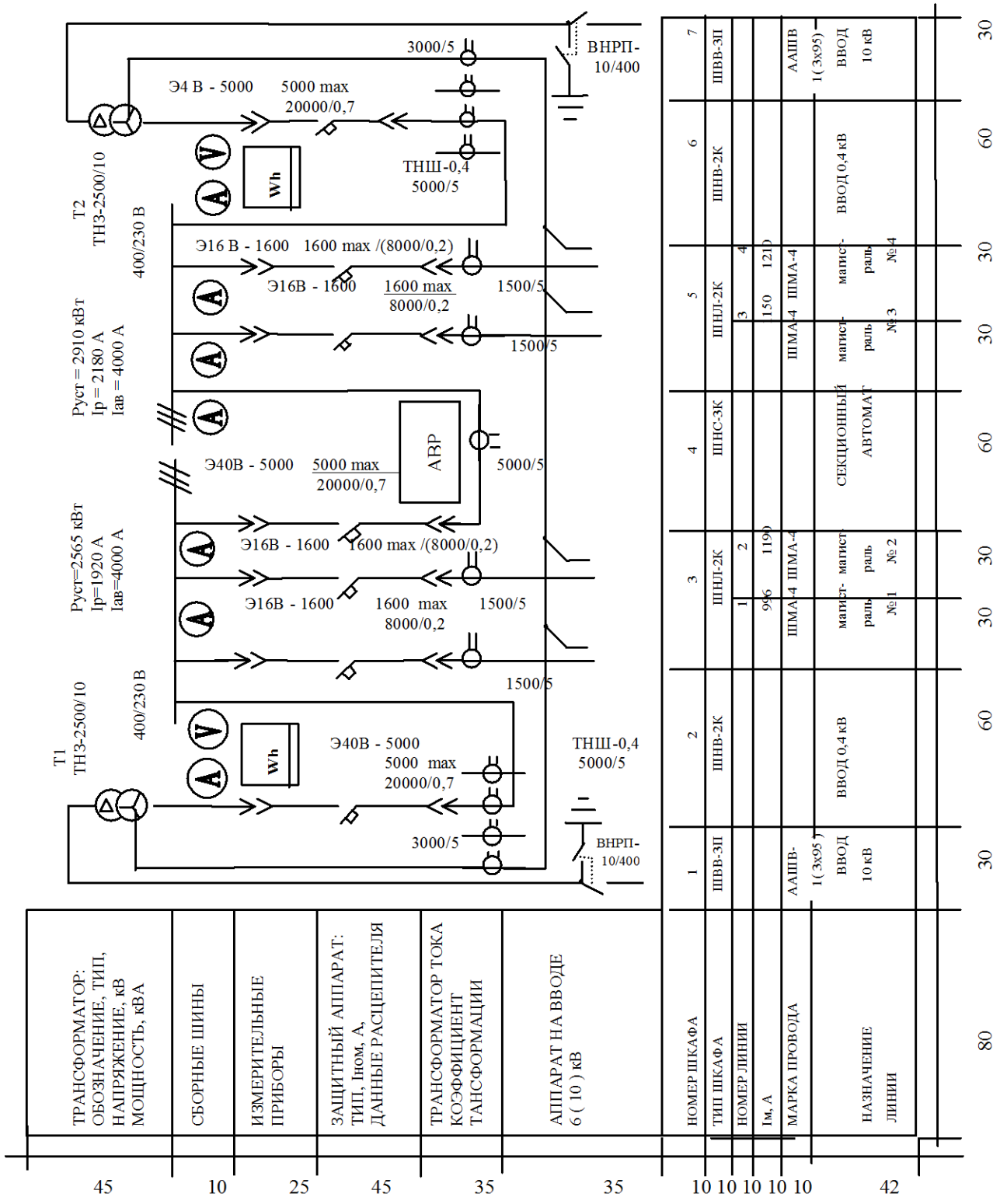


Рис. П2. Принципиальная схема КТП

	25	5	32	5	32	5	72				46			75			
15	Магистраль	Участок сети 1	Аппарат отходящий (ввода): Обозначение, тип, Ином., А	Участок сети 2	Аппарат ввода в распределительное устройство или пусковой аппарат, тип, Ином., А	Участок сети 3	Кабель, провод				Труба			Распределительное устройство или электроприёмник			
45							Участок сети	Обозначение	Марка	Количество жил и сечение, мм <sup>2</sup>	Длина, м	Обозначение	Длина, м	Обозначение	Руст или Рном	И или Ином/Ипуск	Наименование чертежа
10	МГ1	-	-	-	-	1	H11	АВВГ	4(1x150)	10	-	-	-	1100	996	ввод от ктп лист 1	
	ШМА-4	-	-	-	-	2	H12	АПВ	3(1x120)+1x70	12	П12	6	ПР -1	60	75	ПР-1 лист 2	
	1600 А	-	-	-	-	3	H46	АПВ	3(1x120)+1x70	30	П46	8	ЭВ7	75	150 1010	газодувка	
	380 / 220 В	-	-	-	-	1	H13	АПВ	3(1x70)+1x35	5	-	-	ПР-2	30	40	ПР-2 лист 2	
		-	-	-	-	1	H17	АПВ	3(1x70)+1x35	7	П17	2	ПР-3	35	44	ПР-3 лист 2	

Рис. П3. Схема питающей электрической сети

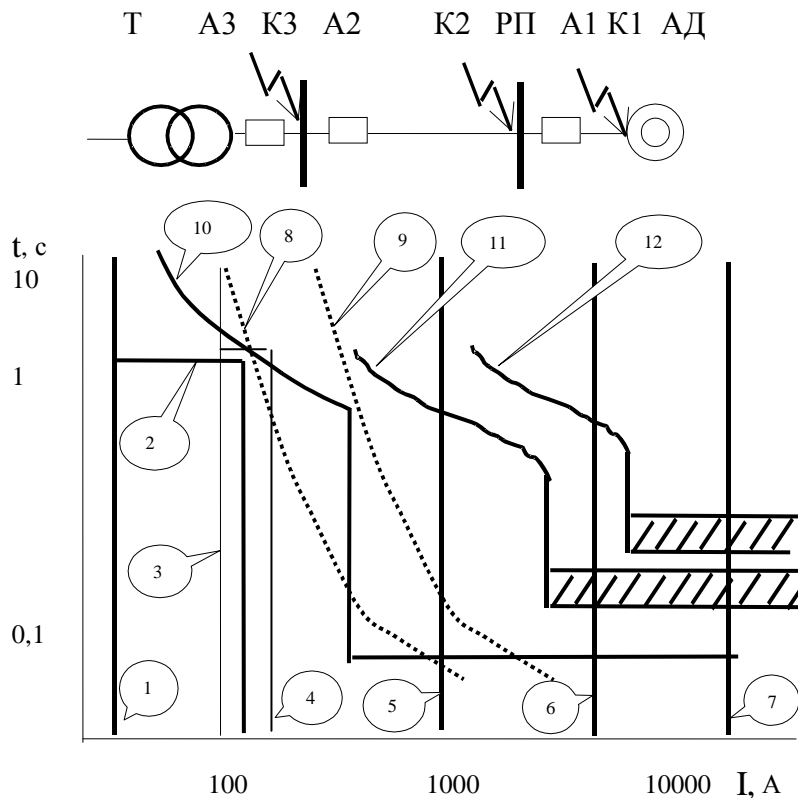


Рис. П4. Поясняющая схема и карта селективности защиты установок до 1 000 В  
 1, 2 – номинальный и пусковой ток АД; 3, 4 – расчётный и пиковый ток РП; 5, 6, 7 – токи КЗ в точках К1, К2, К3; 8, 9 – характеристики плавких вставок А1 и А2 с номинальным током 80 А и 200 А; 10 – характеристика автомата А1 с нерегулируемым комбинированным расцепителем  $I_{ном} = 30$  А; 11, 12 – характеристики регулируемых селективных автоматов А2 и А3

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила устройства электроустановок [Текст]: все действующие разд. шестого и седьмого изд. с изм. и доп. по состоянию на 1 июля 2010 года. М.: КноРус, 2010. 487, [1] с. (83736-30). (621.31; П68).
2. Справочник по проектированию электроснабжения [Текст] / под ред. Ю.Г. Барыбина [и др.] / М.: Энергоатомиздат, 1990. 576 с. (98505-13). (621.3; С74).
3. Алиев, И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию [Текст]: учеб. пособие для вузов М.: Высшая школа, 2007. 255 с. (77525-6) (621.3; А50).
4. Электротехнический справочник: в 4 т. Т. 1 / под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. И.Н. Орлов). М.: МЭИ, 2007. (84797-1) (621.3; Э45).
5. РТМ 36.18.32..4-92 Указания по расчету электрических нагрузок. М.: ВНИИПИ Тяжпромэлектропроект, 1992. Режим доступа: <http://www.technormativ.ru>.
6. Григорьев, В.И. Электроснабжение и электрооборудование цехов [Текст]: учеб. пособие для электротехн. спец. по напр. 654500 Электротехника, электромеханика и электротехнология и 650900 Электроэнергетика / В.И. Григорьев, Э.А. Киреева, В.А. Миронов, А.Н. Чохонелидзе / М.: Мир: Энергоатомиздат, 2003. 245 с.(15420-29) (658; Э45).
7. Киреева, Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий [Текст]: учеб. пособие для вузов по напр. 140600 Электротехника, электромеханика и электротехнология. М.: КноРус, 2011. 368 с. (83510-69) (658; К83).
8. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение [Текст]: учеб. пособие для электротехн. спец./ Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. М.: РадиоСофт, 2011. 327 с. (84868-50) (621.3; С36).
9. ГОСТ 28249 – 93 (2003). Короткое замыкание в электроустановках. Методы расчёта в электроустановках переменного тока напряжением до 1кВ. М: Издательство стандартов, 1993 (2003). Режим доступа: <http://www.technormativ.ru>.
10. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. М.: «Издательство НЦ ЭНАС» , 2002. Режим доступа: <http://www.technormativ.ru>.
11. Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения [Текст]: учебник для вузов по спец. «Электроснабжение» напр. подготовки «Электроэнергетика» – М.: Высшая школа, 2007. 639 с. (68050-77). (621.3; А65).
11. ГОСТ 21.613-88 (2002) СПДС. Силовое электрооборудование. Рабочие чертежи. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. Режим доступа: <http://www.technormativ.ru>.
12. ГОСТ Р54149-2010. Электрическая энергия. Нормы качества. – М.: Стандартинформ, 2012. Режим доступа: <http://www.technormativ.ru>.