

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Данная работа предназначена для углубления теоретических и практических знаний по курсу "Электроснабжение с основами электротехники". При выполнении данной работы студент овладевает навыками самостоятельного подхода к составлению и расчету простых схем электроснабжения, выбору материалов и оборудования по схемному решению, а также по обеспечению и безопасности электрических сетей.

В данных методических указаниях все необходимые справочные материалы представлены в виде приложений, что ввиду сложности поиска этих данных в существующей справочной, позволяет студенту более эффективно и оперативно выполнять поставленные задачи. Задания не привязаны к каким-то конкретным специальностям. Поэтому они могут быть использованы всеми студентами по направлению «Строительство».

Задание предусматривает расчет разных типов двигателей, что несколько усложняет работу, но позволяет избежать шаблона при расчетах и повышает уровень знаний студентов.

В работе использована типовая логика при подходе к решению аналогичных задач в практике строительства. Сначала формируется задание, затем выполняется схемное решение, после чего выполняется расчет. Работа заканчивается построением итоговой таблицы и составлением электрической схемы. В методических указаниях приведен порядок выполнения работы со ссылками на соответствующие разделы. Это в значительной степени помогает правильному выполнению работы.

Для более углубленного изучения данного раздела рекомендована учебная литература, приведенная ниже.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Кононенко В.В., Электротехника и электроника. Ростов на/Дону: Феникс, 2007. – 778 с.
2. Воробьев А.В., Электротехника и оборудование строительных процессов. – М.: Изд-во АСВ, 1995. – 400 с.
3. Касаткин А.С., Немцов М.В., Электротехника. – М.: Высшая школа, 2000.– 542 с.
4. Немцов В.В., Электротехника и электроника. – М.: Высшая школа, 2007. – 705с.
5. Копылов И.П. Электрические машины. – М.: Высшая школа, 2002. – 609 с.

## КУРСОВАЯ РАБОТА

При выполнении данной работы студент должен ознакомиться: с

- аппаратами управления электроприводом;
- графическим обозначением двигателей и элементов устройств управления;
- основными аппаратами защиты электротехнических устройств;
- основными принципами расчёта электрических сетей.

Вариант указывается преподавателем.

В задании требуется спроектировать и рассчитать силовую сеть с аппаратурой управления и защиты для указанных на плане производственного помещения электродвигателей, используемых в качестве электропривода технологического оборудования. Правильный расчёт силовой сети должен обеспечивать экономную, производительную и надёжную работу технологического оборудования с использованием электропривода.

### Основные сведения необходимые для выполнения работы

#### 1. Расчет электродвигателей

Расчет номинального тока электродвигателей является основой для всех последующих расчетов силовой сети.

Электродвигатель является основной частью электропривода.

Электроприводом называется часть машинного устройства, состоящая из электродвигателя, передаточного механизма к рабочей машине и аппаратуры управления.

Выбор электродвигателя производится по напряжению, роду тока, рабочим характеристикам, условиям среды, мощности и скорости вращения.

В данной работе в качестве электродвигателей рассматриваются:

- трёхфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, которые являются основными для нерегулируемого электропривода мощностью до 100 кВт, как самые простые, дешёвые и надёжные в эксплуатации;

- трёхфазные асинхронные двигатели с фазным ротором, которые следует применять в том случае, когда асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором не могут быть применены по условиям режима работы электропривода. Их используют в случае, когда требуется плавный разгон с тяжёлыми условиями пуска, а также в случае работы двигателя в

повторно-кратковременном режиме с большим числом пусков в час (подъёмные машины);

– электродвигатели постоянного тока, обеспечивающие в электроприводах плавное регулирование оборотов рабочей машины в широких пределах.

Приведённые в качестве электропривода рабочих машин трёхфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором серии 4А предназначены для работы в различных условиях окружающей среды. Для данной серии предусмотрены различные модификации: двигатели с повышенным пусковым моментом, с повышенным скольжением, многоступенчатые.

Крановые асинхронные двигатели серии МТКФ (с короткозамкнутым ротором) и МТФ (с фазным ротором) предназначены для привода крановых механизмов общепромышленного назначения, а также других агрегатов, работа которых характеризуется кратковременными и повторно-кратковременными режимами работы и большими кратностями нагрузок.

Двигатели постоянного тока предназначены для работы в электроприводах крановых, экскаваторных и других механизмов в условиях повышенной влажности, запылённости и вибраций.

Промышленностью выпускаются двигатели, рассчитанные на три номинальных режима: продолжительный, кратковременный и повторно-кратковременный.

Под номинальной мощностью, указываемой в паспорте электродвигателя, следует понимать полезную механическую мощность, которую электродвигатель может отдавать на валу в течение времени, соответствующего его номинальному режиму.

Выбор номинальной мощности двигателей производится по условиям нагрева с учётом режима эксплуатации рабочих машин.

Номинальные мощности электродвигателей для механизмов длительной работы с постоянной нагрузкой при температуре воздуха не выше +35°С должны выбираться по статической нагрузке на валу механизма:

$$P_H \geq P_{P,M}, \quad (1)$$

где  $P_H$  – номинальная мощность двигателя;

$P_{P,M}$  – номинальная мощность рабочей машины на валу двигателя.

Номинальный ток рассчитывается по разным формулам, в зависимости от типа электродвигателей:

– для асинхронных двигателей 
$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H} \quad (\text{А}); \quad (2)$$

– для двигателей постоянного тока 
$$I_H = \frac{P_H}{U_H \cdot \eta_H} \quad (\text{А}), \quad (3)$$

$P_H$  при расчетах берётся в Вт.

Характеристики электродвигателей выбираются по приложению 3.

## 2. Размещение и подключение электрооборудования

Расчет силовой сети нельзя выполнять без плана размещения оборудования на территории цеха или участка с подключением его к силовым распределительным устройствам (силовым щитам). Подключение электрооборудования к силовым щитам определяется выбором схемы электроснабжения. Для цеховых сетей применяются радиальные и магистральные схемы электроснабжения. Для крупных объектов возможно использование комбинированных схем. При радиальной схеме электроснабжения приёмники электроэнергии (электродвигатели) соединяются независимо друг от друга с источниками электропитания (силовые распределительные пункты, шкафы электропитания и др.). При этом электродвигатель соединяется с источником питания отдельным кабелем. Достоинством такой радиальной схемы является высокая надёжность.

При магистральной схеме электроснабжения однотипные электроприёмники подключаются к общей линии (шине, шиносборке). Это обеспечивает простоту и экономичность подключения, но связано с меньшей надёжностью и взаимозависимостью работы энергоприёмников.

В данной работе подключение электроприёмников осуществляется по радиальной схеме с помощью трёх- или четырёхжильных кабелей для асинхронных двигателей и двухжильных кабелей для двигателей постоянного тока. Прокладка кабелей осуществляется под землёй в газовых трубах или подвеской вдоль стен и опор.

Прокладка кабелей к типовому электроприводу осуществляется от источников электроснабжения вдоль стен. При этом кабель протягивается вдоль стены, а затем – перпендикулярно к ней до двигателя (см. рис. 3 приложение 11). Этим облегчаются доступность ремонта оборудования, замена кабеля и другие работы на производственной площади.

## 3. Выбор сечения кабелей

Выбор кабелей осуществляется по нагреву и условиям прокладки.

Двигатели группируются по типу или по характеру работы. Питание каждой группы осуществляется от отдельного силового распределительного устройства (шкаф электропитания). В данной работе

используются 3 таких устройства, подключённые в свою очередь к обмотке низкого напряжения, питающего трансформатора. Питающее напряжение объекта – 380/220В. Подвод энергии к силовым распределительным устройствам осуществляется с помощью трёх- или четырёхжильных кабелей, называемых линиями питания. Линия питания всего объекта часто называется вводом. Все кабели на схемах изображаются в однолинейном исполнении.

Одной из основных расчётных характеристик для двигателей с постоянной нагрузкой являются номинальная мощность. При этом мощность:

а) для одиночного электродвигателя –  $P_n$ , (кВт);

б) для группы из  $n$  однотипных двигателей, подключенных к одному распределительному устройству – РУ:

$$P_{н.гр.} = K_c \cdot (P_{n1} + P_{n2} + \dots + P_{nn}), \quad (\text{кВт}) \quad (4)$$

где  $K_c$  – коэффициент спроса, (принимается равным 0,9).

Выбор сечения производится по номинальному току ( $I_H$ ) двигателя. В данной работе расчёт  $I_H$  производится, как уже указывалось, отдельно для асинхронных двигателей и двигателей постоянного тока. Для линий, от которых питаются группы двигателей, подключаемых к распределительным устройствам СУ, сечение кабелей подбирается по номинальным токам линий.

Исходя из значений номинальных токов, сечения трех- четырехжильных и двухжильных кабелей, берутся соответственно из таблиц приложений 6(1) и 6(2). При выборе расчетное значение округляется до ближайшего табличного значения (в большую сторону). При выборе учитывать данные для прокладки кабелей в земле.

Выбранное сечение кабеля проверяется на допустимое падение напряжения в нем ( $\varepsilon$ ), которое не должно превышать 5%. Падение напряжения  $\varepsilon$  рассчитывается отдельно для каждого двигателя по формуле:

$$\varepsilon = \frac{P_n \cdot \ell}{U_H^2 \cdot \gamma \cdot S} \cdot 100 \quad \% , \quad (5)$$

где  $P_n \cdot \ell$  – момент нагрузки ( $P_n$  берётся в Вт);

$\ell$  – длина кабеля в метрах от силового распределительного пункта до рассчитываемого двигателя;

$U_H$  – номинальное напряжение двигателя, В (прил. 3);

$S$  – сечение жилы кабеля (провода), мм<sup>2</sup> ;

– удельная проводимость металла жилы кабеля (  $\gamma_{\text{МЕДИ}} = 57 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ,  
 $\gamma_{\text{АЛЮМИНИЯ}} = 35,6 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ).

В том случае, если  $\varepsilon > 5\%$ , сечение жилы кабеля берётся большим сечением (следующим по номиналу) и расчёт повторяется.

Тип и марка кабеля определяется по приложению 5. Для линий сечение кабеля подбирается по номинальному току линии ( $I_L$ ).

#### 4. Выбор пускозащитной аппаратуры

Для пуска двигателей чаще всего используются магнитные пускатели. Пускатель обеспечивает управление пуском и отключением двигателя и одновременно защищает двигатель от пониженного напряжения и перегрузки (в комплекте с тепловым реле).

Выбор пускателя и теплового реле для двигателей осуществляется по номинальному току и напряжению (приложение 9).

Для защиты электродвигателей и электрических сетей от токов короткого замыкания используются предохранители с плавкими вставками или автоматические выключатели защиты, устанавливаемые на распределительных пунктах и в силовых шкафах.

Номинальные токи защитных аппаратов должны быть минимальными, но не меньше расчётных, обеспечивая избирательность действия.

Величина номинального тока плавкой вставки  $I_{вс}$  предохранителя при подключении одиночного электродвигателя должна удовлетворять условию:

$$I_{вс} \geq \frac{I_{пвск}}{2,5} . \quad (6)$$

Значение пускового тока двигателя  $I_{пвск}$  берется из приложения 3 или определяется по формуле:

$$I_{пвск} = k_i \cdot I_n,$$

где  $k_i$  – кратность пуска (приложение 3).

***Для двигателей постоянного тока и крановых двигателей с фазным ротором (серия МТ)  $I_{вс}$  выбирается по номинальному току  $I_n$ .***

Для защиты от токов короткого замыкания на линиях к группам электродвигателей и на линиях ввода, предохранители выбираются, исходя из расчётного тока линии –  $I_L$  (формулы 8 или 9). Для этого предварительно определяется мощность линии  $P_{лин}$ :

$$P_{лин} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n , \quad (7)$$

где  $P_1, P_2, P_3$  и т.д. – мощности подключаемых данной к линии двигателей.

$$I_{Л} = \frac{P_{\text{ЛИН}}}{\sqrt{3} \cdot U_{Н} \cdot \cos \varphi_{Л}} \quad - \text{ для асинхронных двигателей;} \quad (8)$$

$$I_{Л} = \frac{P_{\text{ЛИН}}}{U_{Н}} \quad - \text{ для двигателей постоянного тока.} \quad (9)$$

Коэффициент мощности линии  $\cos \varphi_{Л}$  определяется по формуле:

$$\cos \varphi_{Л} = \frac{P_1 \cdot \cos \varphi_1 + P_2 \cdot \cos \varphi_2 + \dots + P_n \cdot \cos \varphi_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n} \quad (10)$$

Выбор предохранителей и плавких вставок к ним осуществляется по приложению 4, при этом берётся ближайшее (большее) стандартное значение плавкой вставки.

Для защиты линий от токов перегрузки используются тепловые реле или автоматические выключатели с комбинированными (электромагнитными и тепловыми) расцепителями. Выбор автоматических выключателей осуществляется по приложению 7. В основу выбора берётся номинальный ток расцепителя:

$$I_{Н.Р} \geq I_{Л},$$

при этом должно быть учтено также номинальное напряжение сети –  $U_{Н}$ .

##### 5. Компенсация реактивной мощности в линиях нагрузки

Использование асинхронных двигателей приводит к понижению коэффициента мощности цепи –  $\cos \varphi$ . Рациональное значение этого коэффициента должно быть  $\geq 0,95$ . Для повышения коэффициента мощности цепи ( $\cos \varphi$ ) до данного значения могут быть использованы компенсаторы реактивной мощности, в качестве которых используются специальные статические конденсаторы (прил.10(1)). Наибольшая реактивная мощность цепи  $Q_m$  может быть определена:

$$Q_m = P_{\text{лин}} \cdot \text{tg} \varphi_{Л}, \quad (11)$$

где  $P_{\text{лин}}$  – мощность линии (формула 7);

$\varphi_{Л}$  – угол сдвига фаз данной линии, определяется как  $\arccos \varphi_{Л}$ .

Мощность компенсатора при рациональном значении коэффициента мощности линии  $\cos \varphi_{\text{рац}} = 0,95$  определяется как:

$$Q_K = P_{\text{лин}} \cdot (\operatorname{tg}\varphi_{\text{РАЦ}} - \operatorname{tg}\varphi_{\text{Л}}), \quad (\text{кВАр}). \quad (12)$$

Количество и тип статических конденсаторов выбирается по приложению 10 и определяется по формуле:

$$n = \frac{Q_K}{Q_H}, \quad (13)$$

где  $Q_H$  – номинальная мощность выбранного статического конденсатора (количество конденсаторов округлить в большую сторону).

#### 6. Принципиальная электрическая схема объекта

На принципиальной электрической схеме производственного объекта кроме линии самой электрической цепи обозначены и её элементы, такие как предохранители, автоматические выключатели, выключатели нагрузок (прил. 8), двигатели (прил. 1), а также источники электропитания, силовые распределительные устройства (PCY), выпрямители. На линиях питания можно использовать различные варианты защиты электродвигателей: плавкие предохранители (FU) и магнитные пускатели с тепловым реле (КК), плавкие предохранители и автоматические выключатели (QF), имеющим тепловую защиту ( $>T^\circ$ ) или автоматические выключатели типа QF $>IT^\circ$ , с защитой от короткого замыкания и от перегрузки (тепловая защита). Магнитные пускатели могут применяться (на схеме показаны их силовые контакты КМ) с тепловым реле или без него.

***В данной работе для защиты асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, крановых двигателей серии МТК с к. з. ротором необходимо рассчитать и подобрать предохранители (FU) и тепловое реле (КК), а для защиты двигателей с фазным ротором серии МТ, двигателей постоянного тока и защиты линии ввода – автоматические выключатели (QF).***

На схеме (рис. 1) указать номера двигателей, номиналы подобранных элементов управления и защиты.

Например:

- СУ 9521-12, СУ 9531-11;
- QF1 63 А; QF2 150 А и т.д.;
- FU1 10 А, FU2 25А и т.д.;
- КМ1 ПМЕ-211; КМ2 ПАЕ-511 и т.д.;
- КК1  $I_H$  6,3 А; КК2  $I_H$  40 А;
- номер двигателя вместо обозначения «М».

Выключатели нагрузки SF рассчитывать и подбирать не надо.



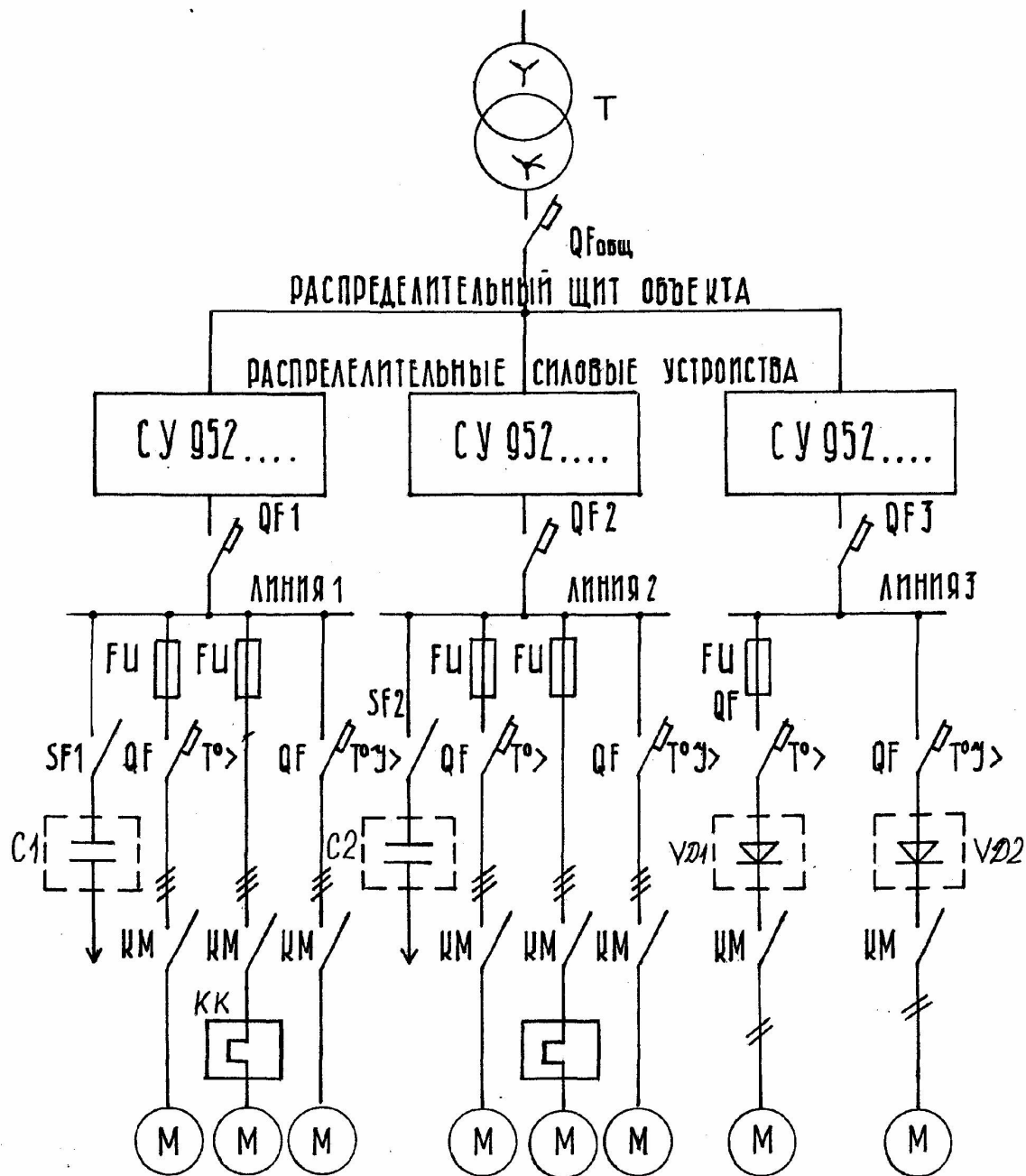


Рис.1. Принципиальная электрическая схема силовой сети промышленного объекта (**пример**)

Обозначения на схеме: Т – силовой трансформатор, SF – выключатель нагрузки, KM – магнитный пускатель, KK – тепловое реле магнитного пускателя, С – конденсатор, FU – предохранитель плавкий, VD – выпрямитель, М – электродвигатель, QF – выключатель автоматический.

Обозначения автоматических выключателей по типу защиты:  
 Т° – максимальной температуры (защита от перегрузки),  
 J° – максимального тока (защита от короткого замыкания),

**Предложенная в качестве примера электрическая схема на рис.1 носит ориентировочный характер.**

Порядок расчёта силовой сети  
производственного объекта

1. Согласно выданному заданию (№ варианта) нарисовать в масштабе производственное помещение (рис. 2, 3) с расположенными на нём двигателями (приложения 1 и 2). Условно указать вход в помещение (ворота).

2. В плане помещения нарисовать силовую сеть в однолинейном исполнении, обозначив места распределительных силовых устройств (PCY, приложение 8), учитывая возможность свободного доступа к ним и характер сосредоточения нагрузки (см. рис.3). **Линейное напряжение сети 380 В.**

Прокладку кабеля от PCY до двигателя вести вдоль стены и затем перпендикулярно стене по кратчайшему расстоянию. Количество двигателей, подключаемых к одному PCY не должно превышать 4. Двигатель постоянного тока должен быть подсоединен двухжильным кабелем через выпрямитель (VD) к отдельному PCY. Питание всех PCY осуществляется трехжильными кабелями.

3. Выписать из приложения 3 данные выбранных двигателей, рассчитать их номинальные токи  $I_n$  (3,4) и записать в таблицу 1 (таблицу представить в конце пояснительной записки).

Пример

Таблица 1

№ двигателя по плану	Тип двигателя	Номинал. мощн., $P_n$ , кВт	Номинал. к.п.д.	$\cos\phi$	Кратность пускового тока (пусковой ток, А)	Скорость вращения, ( $n_n$ ), об/мин	Номинал. ток, А
21	4A112 M4Y3	5,5	0,85	0,87	7,0	2970	12
63	МТК 011-6	1,4	0,61	0,66	15 А	875	5,3
89	МП-12	2,5	0,80	—	—	1300	14

Для двигателей серии МТФ и двигателей постоянного тока, в графе «Кратность пускового тока» принимается равной единице.

Технические данные выбранного двигателя постоянного тока привести в конце приведённой таблицы.

4. По приложению 4 для каждого двигателя подобрать предохранитель с током плавкой вставки  $I_{вс}$ , рассчитанным с учётом пускового тока (6).

5. По приложениям 5 и 6 выбрать марку и сечение кабеля для каждого двигателя. Кабели прокладываются в газовых трубах под землей.

6. Определить номинальные токи линий для групп двигателей, подключаемых к отдельным силовым распределительным пунктам. По полученным данным из приложения 4 подобрать предохранители с конкретными токами плавких вставок. Аналогично сделать это для общей линии (ввода).

7. Выбрать тип автоматического выключателя с указанием номинального тока расцепителя для всех линий (приложение 7).

8. Выбрать марку и сечение жилы кабелей для всех линий (приложения 5 и 6) по величине тока линии  $I_{л}$  (8,9).

9. По величине тока линии выбрать тип силовых распределительных устройств с указанием типа и номинального тока (приложение 8).

10. Выбрать магнитные пускатели (приложение 9) для всех двигателей с указанием напряжения и максимально допустимого тока нагрузки.

11. Определить потери напряжения  $\varepsilon$  (%) для всех двигателей (5),  $\varepsilon$  не должен превышать 5%.

12. Определить компенсирующую реактивную мощность для асинхронных двигателей по линиям (11,12). Количество и тип статических конденсаторов выбирать по приложению 10 (определяется по формуле 13).

13. Нанести на схему силовой сети (приложение 11) места расположения двигателей, обозначения марки кабеля, количество жил, сечение и длину. Например, ВВГ 3 × 2,5 (50 м). Указать тип силовых распределительных пунктов.

14. Нарисовать принципиальную электрическую схему силовой сети (пример на рис.1).

15. В пояснительной записке к работе указать конкретные данные по характеру силовой сети, принцип расчёта и выбор конкретных элементов электрической сети (марку и сечения кабелей, способ прокладки, принцип компоновки электрической сети).

В конце пояснительной записки представить в виде табл. 1 и 2 расчётные значения и выбранные элементы электрической сети.

Итоговая таблица (Пример)

Таблица 2

№ двигателя (линии)	Расчётный ток, А	Марка и сечение провода, кабеля	Падение напряжения в линии	Тип пускателя, теплового реле (автоматического выключателя)	Номинальный ток теплового реле (автоматического выключателя), А	№ и тип предохранителя	Номинальный ток плавкой вставки, А
16	13	ААШВ 3х16	1,2	КМ1 ПМЕ-211 ТРН-40	16	РУ1 ПН-2-60	20
30	41,3	ААШВ 3х6	1,9	КМ3 ПМЕ-411 ТРП-60	50	РУ3 ПН-2-60	60
94	110	ВВВГ 2х10	0,9	QF5 ВА51-35	125	—	—
Д1 СУ9521- 15-310	330	АВВГ 3х70		QF1 ВА52-37	400	—	—
Д3 СУ9521- 15-310	110	АВВГ 3х50		QF3 АВ2М 4Н-53-41	120	—	—

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Варианты заданий

№ варианта	Название производственного помещения (цеха)	Размеры помещения		Номера двигателей на плане производственного помещения
		ав	вс	
1	2	3	4	5
1	Арматурный	60	84	9,20,30,44,55,64,80,96
2	Формовочный	70	72	17,42,51,55,60,67,88,95
3	Заготовка тяжёлой арматуры	80	120	5,9,16,19,45,63,84,90
4	Сварочный	40	120	3,14,22,28,31,72,83,92
5	Механический	90	96	20,33,36,42,51,73,82,94
6	Бетонный	80	72	3,12,31,41,44,73,81,96
7	Деревообрабатывающий	60	84	9,15,26,33,50,73,79,93
8	Панельных перекрытий	100	120	13,22,38,42,59,66,82,91
9	Ремонтно-механические мастерские	110	110	7,14,19,23,46,75,81,93.
10	Арматурный	80	80	1,15,30,45,60,73,81,89
11	Формовочный	80	80	8,16,21,32,34,74,84,92
12	Заготовка тяжёлой арматуры	100	100	81,31,39,43,51,63,83,95
13	Сварочный	80	80	1,15,30,45,60,73,81,89
14	Механический	60	60	2,8,36,42,4,51,73,82,93,
15	Бетонный	70	70	7,11,17,49,69,7283,98
16	Деревообрабатывающий	50	40	10,25,38,42,54,66,82,91
17	Панельных перекрытий	100	90	15,20,34,46,56,70,87,99
18	Арматурный	90	80	20,34,38,40,64,74,88,89
19	Сварочный	60	70	6,8,22,30,39,70,88,92
20	Механический	70	60	18,43,48,50,56,69,84,98
21	Бетонный	90	100	11,19,27,36,40,67,76,95
22	Деревообрабатывающий	50	60	4,13,24,37,52,68,76,99
23	Панельных перекрытий	120	90	18,20,26,32,42,65,79,99

## Окончание приложения 1

№ варианта	Название производственного помещения (цеха)	Размеры помещения		Номера двигателей на плане производственного помещения
		ав	вс	
1	2	3	4	5
24	Ремонтно-механический	80	70	18,21,336,44,51,65,84,9
25	Арматурный	90	90	8.13.24,33.55.65,72,99
26	Формовочный	70	50	4,10,23,27,44,67,77,97
27	Арматурный	90	120	3,22,28,35,41,86,77,93
28	Сварочный	60	120	3,7,26,32,44,65,88,92
29	Механический	80	84	9,17,25,30,42,67,80,97
30	Бетонный	80	72	22,27,30,39,42,71,79,97
31	Деревообрабатывающий	80	120	8,21,29,33,48,68,77,90
32	Панельных перекрытий	100	60	9,15,21,33,37,68,82,92
33	Сварочный	90	96	19,35,41,47,54,72,81,91
34	Арматурный	60	84	17,29,33,37,47,74,83,93
35	Сварочный	40	96	12,17,27,38,51,70,80,94
36	Механический	60	96	12,20,25,35,45,63,78,99
37	Формовочный	80	60	23,26,28,31,47,68,88,93
38	Сварочный	50	120	10,18,24,35,40,69,84,93
39	Механический	80	90	20,25,28,30,39,70,83,93
40	Бетонный	120	96	3,20,39,44,49,71,80,90
41	Деревообрабатывающий	100	120	2,22,29,38,43,72,79,96
42	Панельных перекрытий	40	80	1,16,39,49,50,71,78,97
43	Арматурный	70	120	4,23,25,44,54,70,77,91
44	Формовочный	80	60	14,19,21,33,52,68,76,94
45	Деревообрабатывающий	40	96	15,20,24,30,54,67,79,90
46	Панельных перекрытий	90	84	16,26,29,37,55,66,80,89
47	Сварочный	96	84	17,21,31,34,48,65,84,92
48	Механический	120	60	3,20,39,44,49,71,80,90
49	Бетонный	80	120	9,15,21,33,37,68,82,92
50	Арматурный	120	90	3,22,28,35,41,86,77,93

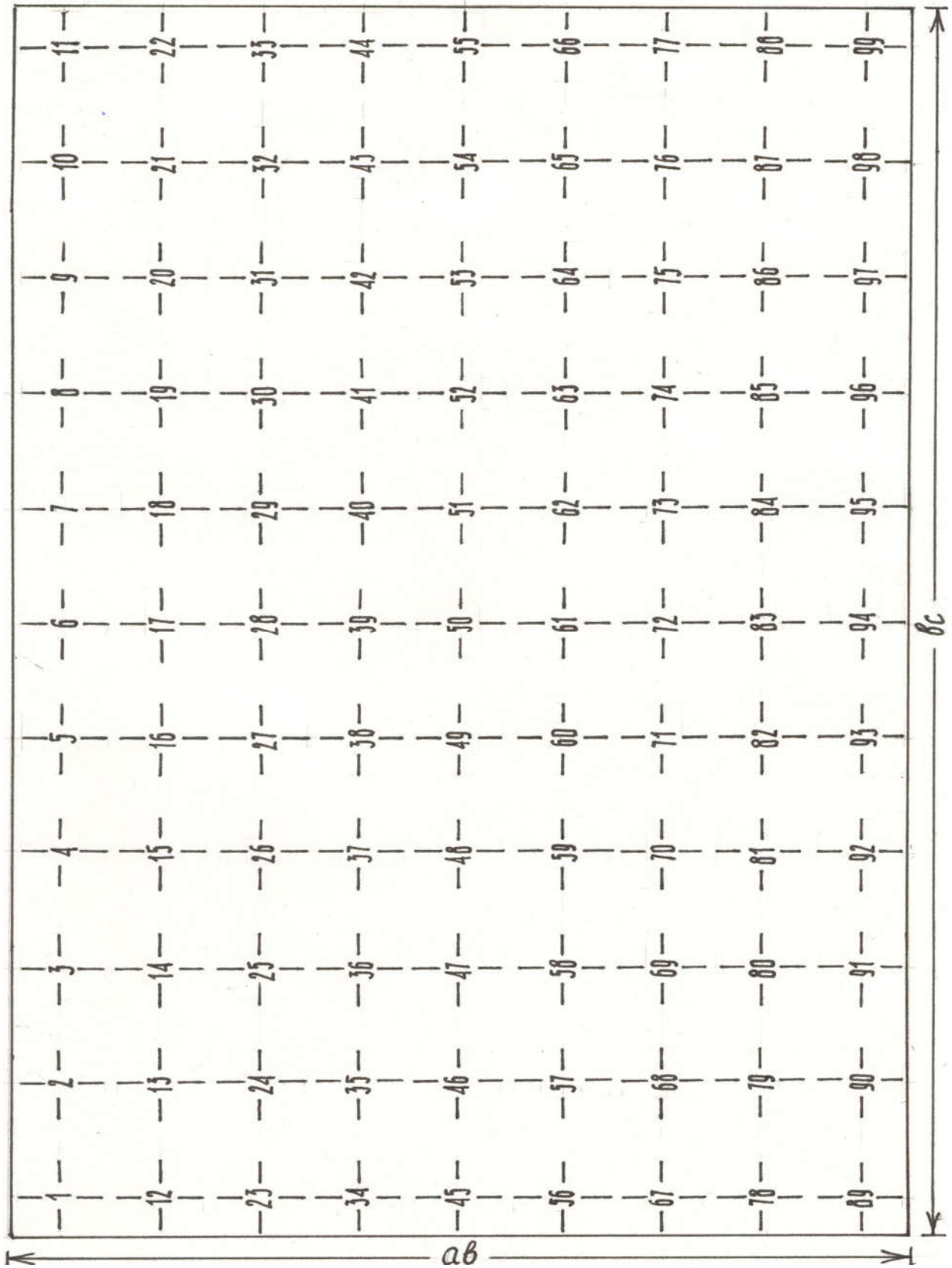


Рис.2. Схема размещения электродвигателей на плане помещения (цеха)

*Технические характеристики трехфазных асинхронных двигателей к.з. ротором на напряжение  $U_{ном} = 380 В$*

Синхронная скорость	Номер двигателя	Тип	Номинальная мощность, Р <sub>н</sub> , кВт	Номинальный к.п.д., η <sub>н</sub>	cosφ	Кратность пуска, k <sub>i</sub>	η <sub>н</sub> , об/мин
1	2	3	4	5	6	7	8
3000 об/мин	1	4A100МУЗ	5,5	0,87	0,91	2,5	2880
	2	4A112М2УЗ	7,5	0,87	0,88	7,5	2990
	3	4A132М2УЗ	11	0,88	0,9	7,5	2990
	4	4A16092УЗ	15	0,88	0,91	7,0	2940
	5	4A160М2УЗ	18,5	0,88	0,92	7,0	2940
	6	4A180 2УЗ	22	0,88	0,91	7,5	2940
	7	4A180М2УЗ	30	0,9	0,9	7,5	2945
	8	4A200М2УЗ	37	0,9	0,83	7,5	2945
	9	4A200 2УЗ	45	0,91	0,9	7,5	2945
	10	4A225М2УЗ	55	0,91	0,92	7,5	2945
	11	4A250 2УЗ	75	0,91	0,89	7,5	2960
	12	4A250М2УЗ	90	0,92	0,9	7,5	2960
1500 об/мин	13	4A112МУЗ	5,5	0,88	0,85	7,0	1445
	14	4A132 4УЗ	7,5	0,87	0,86	7,5	1455
	15	4A132М4УЗ	11	0,87	0,87	7,5	1460
	16	4A160 4УЗ	15	0,88	0,88	7,0	1465
	17	4A160М4УЗ	18,5	0,89	0,88	7,0	1465
	18	4A180 4УЗ	22	0,9	0,9	6,5	1470
	19	4A180М4УЗ	30	0,91	0,9	6,5	1470
	20	4A200 4УЗ	37	0,91	0,9	7,0	1475
	21	4A200М4УЗ	45	0,92	0,9	7,0	1475
	22	4A225 4УЗ	55	0,92	0,8	7,0	1480
	23	4A225М4УЗ	75	0,93	0,9	7,0	1480
	24	4A250 4УЗ	90	0,93	0,91	7,0	1480



Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8
1000 об/мин	25	4A132 6У3	5,5	0,85	0,8	6,5	965
	26	4A132M62У3	7,5	0,85	0,81	6,5	970
	27	4A160 6У3	11,5	0,86	0,86	6,0	975
	28	4A160M6У3	15	0,87	0,87	6,0	975
	29	4A160M6У3	18,5	0,88	0,87	5,0	975
	30	4A200 M6У3	22	0,9	0,9	6,5	975
	31	4A200 6У3	30	0,9	0,9	6,5	980
	32	4A225M6У3	37	0,91	0,89	6,5	980
	33	4A250 6У3	46	0,92	0,89	6,5	985
	34	4A250M6У3	55	0,92	0,89	6,5	985
	35	4A280 6У3	75	0,92	0,89	5,5	985
	36	4A280M6У3	90	0,93	0,89	5,5	985
750 об/мин	37	4A132M8У3	5,5	0,83	0,74	5,5	720
	38	4A160 38У3	7,5	0,86	0,75	6,0	720
	39	4A160M8У3	11	0,87	0,75	6,0	730
	40	4A180 M8У3	15	0,87	0,82	6,0	730
	41	4A800M8У3	18,5	0,88	0,84	5,5	735
	42	4A200 38У3	22	0,89	0,84	5,5	730
	43	4A225M8У3	30	0,9	0,81	6,0	735
	44	4A250 8У3	37	0,91	0,83	6,0	735
	45	4A250 8У3	45	0,91	0,84	6,0	740
	46	4A280M8У3	55	0,32	0,84	5,5	735
	47	4A280M8У3	75	0,92	0,85	5,5	735
	48	4A315 8У3	90	0,93	0,85	6,5	740
	49	4A112 M8У3	2,2	0,76	0,71	5,0	700
	50	4A112 M38У3	3,0	0,79	0,74	5,0	700
	51	4A132 8У3	4,0	0,83	0,7	5,5	720
600 об/мин	52	4A250 10У3	30	0,88	0,81	6,0	590
	53	4A250M10У3	37	0,84	0,81	6,0	590
	54	4A280 10У3	37	0,91	0,78	6,0	590
	55	4A280M10У3	45	0,91	0,78	6,0	590
	56	4A315M10У3	55	0,92	0,75	6,0	590
	57	4A315M10У3	75	0,92	0,8	6,0	590
	58	4A355M10У3	90	0,93	0,83	6,0	590

Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8
500 об/мин	59	4A315 12УЗ	45	0,91	0,75	6,0	490
	60	4A315M12УЗ	55	0,91	0,75	6,0	490
	61	4A355 12УЗ	75	0,91	0,76	6,0	490
	62	4A355M12УЗ	90	0,92	0,76	6,0	490

Продолжение приложения 3

*Технические данные крановых двигателей  
серии МТК с к. з. ротором 50 Гц,  $U_n = 380 В$  (при ПВ=40%)*

Номер двигателя	Тип двигателя	Номин. мощность, $P_n$ , кВт	Номин. к.п.д., $\eta_n$	$\cos\varphi_n$	$n_n$ , об/мин	$I_{пуск}$ , А
1	2	3	4	5	6	7
63	МТК 011-6	1,4	0,61	0,66	875	15
64	МТК 012-6	2,2	0,67	0,69	880	22
65	МТК 11-6	3,5	0,72	0,79	885	35
66	МТК 112-6	5	0,71	0,74	895	53
67	МТК 211-6	7,5	0,75	0,77	880	78
68	МТК 311-6	11,5	0,77	0,76	880	190
69	МТК 312-6	15,0	0,81	0,78	890	205
70	МТК 421-6	22,0	0,82	0,79	935	275
71	МТК 412-6	30,0	0,73	0,78	935	380
72	МТК 311-8	7,5	0,73	0,71	690	95
73	МТК 312-8	11,5	0,78	0,74	700	150
74	МТК 44-8	15,0	0,8	0,71	695	185
75	МТК 412-8	22,0	0,81	0,69	700	295

Продолжение приложения 3

Технические данные крановых двигателей

серии МТ с фазным ротором 50 Гц,  $U_H = 380 В$  ( $I_{пуск} = I_{ном}$ )

Синхронная скорость	Номер двигателя	Тип двигателя	Номин. мощность, $P_H$ , кВт	Номин. к.п.д., $\eta_H$	$\cos\varphi_H$	$n_H$ , об/мин
1	2	3	4	5	6	7
1000 об/мин	76	МТ 011-6	1,4	0,61	0,65	885
	77	МТ 012-6	2,2	0,64	0,68	890
	78	МТ 111-6	3,5	0,7	0,78	895
	79	МТ 112-6	5	0,75	0,7	930
	80	МТ 24-6	7,5	0,74	0,7	930
	81	МТ 311-6	11,5	0,79	0,6	945
	82	МТ 312-6	15,0	0,82	0,73	965
	83	МТ 411-6	22,0	0,83	0,73	965
750 об/мин	84	МТ 412-6	30,0	0,85	0,71	970
	85	МТ 311-8	7,5	0,73	0,68	685
	86	МТ 312-8	11,5	0,7	0,71	705
	87	МТ 411-8	15,0	0,81	0,67	710
	88	МТ 412-8	22,0	0,82	0,63	720

Окончание приложения 3

Технические данные двигателей постоянного тока

Номер двигателя	Тип двигателя	Номин. мощность, $P_H$ , кВт	Номин. к.п.д., $\eta_H$	Номин. напряжение, $U_H$	Частота вращения $n_H$ , об/мин
1	2	3	4	5	6
89	МП – 12	2,5	0,80	220	1300
90	МП – 22	5	0,82	440	1300
91	МП – 32	7	0,82	440	900
92	МП – 42	15	0,85	440	700
93	МП – 52	33	0,89	440	650
94	МП – 62	44	0,91	440	580
95	МП – 72	53	0,92	440	580
96	П – 91	19	0,81	220	600
97	П – 61	6	0,84	220	1000
98	П – 81	14	0,81	220	750
99	П – 52	4,5	0,80	220	1000

Параметры предохранителей типа ПН-2  
и номинальные токи плавких вставок

Тип предохранителя	Максимальный ток предохранителя, А	Номинальные токи плавких вставок, А
ПН-2-15	15	6,10,15
ПН-2-60	60	15,20,25,35,45,60
ПН-2-100	100	60,80,100
ПН-2-200	200	100,125,160,200
ПН-2-350	350	200,225,260,350
ПН-2-600	600	350,430,500,600
ПН-2-1000	1000	600,700,830,1000

Марки кабелей, рекомендуемых для прокладки в земле (траншеях)

Область применения	Тип и марки кабелей	
	с медными жилами	с алюминиевыми жилами
1	2	3
В земле (траншеях) с низкой коррозионной активностью	ПвБбШв, ВБбШв, ВБбШнг, ВВБ, ВВБГ, ВБбШвнг	АПвБбШв, ААБнл, ААБл, ААШв, ААШпс, ААПл, АСБ

*Примечания*

1. Все кабели рассчитаны на номинальное напряжение до 1000 В.
2. Все указанные кабели выпускаются в трёхжильном и четырёхжильном исполнении. В качестве защитного заземления и зануления может использоваться металлическая оболочка кабеля.
3. Значение буквы или их сочетания:
  - А – алюминиевая жила;
  - АС – алюминиевая жила в свинцовой оболочке;
  - Б – броня из двух стальных лент;
  - П – броня из оцинкованных плоских проволок, поверх которых наложен защитный покров;
  - Г – отсутствие защитных покровов поверх брони или оболочки;
  - Шв (Шп) – защитный покров в виде выпрессованного шланга из поливинилхлорида (полиэтилена);

ААШв – кабель с алюминиевыми жилами в алюминиевой оболочке и защитным покровом в виде шланга из поливинилхлорида;

ААБв – кабели с выпрессованной оболочкой из поливинилхлорида (в) под бронёй из стальных лент (Б) с защитными покровами.

МШв – кабели с медными жилами в защитной оболочке в виде шланга из поливинилхлорида.

Марки кабелей с медными жилами обозначают как кабели с алюминиевыми жилами, но вместо обозначения АА используют обозначение М или буква А отсутствует (ААШв – кабель с алюминиевыми жилами, МШв – кабель с медными жилами; АВВГ – кабель с алюминиевыми жилами, ВВГ – кабель с медными жилами).

#### Приложение 6(1)

*Кабели и провода с алюминиевыми жилами с резиновой изоляцией в металлических защитных оболочках и кабели с алюминиевыми жилами с пластмассовой или резиновой изоляцией в свинцовой, пластмассовой или резиновой оболочках, бронированные и небронированные (до 1000 В).*

Сечение провода, S, мм <sup>2</sup>	Токовые нагрузки кабелей и проводов, А				
	Одножильный	Двухжильный		Трёхжильный	
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1	2	3	4	5	6
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	395	312	440	270	385

Приложение 6(2)

*Кабели с медными жилами, с резиновой изоляцией в свинцовой в поливинилхлоридной, непритовой или резиновой оболочках, бронированные и небронированные*

Сечение, S, мм <sup>2</sup>	Токовые нагрузки кабелей и проводов, А				
	Провода и кабели, рабочее напряжение до 1000В				
	Одножильные	Двухжильные		Трёхжильные	
	При прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1	2	3	4	5	6
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500
Токовые нагрузки относятся к проводам и кабелям, как с заземляющей жилой, так и без неё					

Приложение 7(1)

*Краткие сведения основных автоматических выключателей*

Тип автомата защиты	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток расцепителя, I <sub>н</sub> , А
1	2	3
А 63	400	10; 12,5; 16; 20; 25
АК 50	400	0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 2,5; 2,0; 2,5; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10; 12,5; 15; 20; 30; 40; 50
АП – 50 ЗМТ	500	1,5; 2,5; 4,0; 6,0; 10; 16; 25; 40; 50; 63
АЕ2046	660	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100

Окончание приложения 7(1)

Тип автомата защиты	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток расцепителя, $I_n$ , А
1	2	3
AE2056	660	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100
BA51 - 25	660	3; 15; 4,0; 6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25
BA51 - 35	660	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250
BA52 - 37	660	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 320; 400

Приложение 7(2)

Технические данные автоматических выключателей серии АВ2М

Тип автоматического выключателя	Максимальный ток выключателя, $I_n$ , А	Номинальный ток максимального расцепителя, $I$ , А
1	2	3
AB2M 4H-53-41	250	120; 150; 250
AB2M 4C-55-41	400	120; 150; 200; 250; 300; 400
AB2M 10H-53-41	800	200; 250; 300; 400; 500; 630; 800
AB2M 10C-55-41	1000	600; 800; 1000
AB2M 15H-53-43	1200	600; 800; 1000; 1200
AB2M 15C-55-43	1500	500; 600; 800; 1000; 1200; 1500
AB2M 20H-53-43	2000	800; 1000; 1200; 1500; 2000

Приложение 8

Силовые распределительные устройства серии СУ – 9500

Тип распределит. устройства	Кол-во автоматич. выключ., шт.	Номинал. ток выключ. $I_H$ , А	Тип распределит. устройства	Кол-во авт. выключ., шт	Номинал. ток выключ., $I_H$ , А
1	2	3	4	5	6
СУ 9521-11	6	600	СУ 9523-12	4	1200
СУ 9521-12	2	600	СУ 9523-12	8	800
СУ 9521-14	4	800	СУ 9523-14	4	1200
СУ 9521-15	4	400	СУ 9531-11	6	600
СУ 9522-11	8	800	СУ 9532-11	8	800
СУ 9522-12	10	1000	СУ 9532-12	10	1000
СУ 9522-13	2	600	СУ 9533-11	12	1200
СУ 9522-16	4	800	СУ 9533-13	8	1200
СУ 9522-17	6	1000	СУ 9543-11	10	1400

Приложение 9(1)

Магнитные пускатели (исполнение реверсивное и нереверсивное)

Марка магнитного пускателя	Токовая нагрузка, А
	Рабочее напряжение до 660 В
1	2
ПМЕ – 111	10
ПМЕ – 113(рев)	10
ПМЕ – 211	25
ПМЕ – 213(рев)	25
ПАЕ – 311	40
ПАЕ – 313(рев)	40
ПАЕ – 411	63
ПАЕ – 413(рев)	63
ПАЕ – 511	100
ПАЕ – 513(рев)	100
ПАЕ – 611	146
ПМА – 160	160
ПВН – 250	250
ПМ 12 – 1001	120
ПМ 12 - 1601	160
КТ 6043	400



Приложение 9(2)

Технические данные тепловых реле

Тип теплового реле	Максимальный ток теплового реле, А	Номинальный ток нагревательного элемента теплового реле, А
1	2	3
ТРН - 10	10	2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10
ТРН - 40	40	12,5; 16; 20; 32; 40
ТРП - 60	60	25; 30; 40; 50; 60
ТРП - 150	150	50; 60; 80; 100; 120; 150

Технические данные трёхфазных конденсаторов типа КМ на напряжение 0,23 ... 0,525 кВ

Приложение 10(1)

Тип конденсатора	Емкость С, мкф	Мощность, кВАр
1	2	3
КМ-0,23-5-3	301	5
КМ-0,23-3-3	223	3,7
КМ-0,23-18-3	1125	18
КМ-0,4-5-3	110	5,5
КМ-0,4-7-3	140	7
КМ-0,4-9-3	180	9
КМ-0,4-36-3	726	36
КМ-0,525-7-3	35	7,3
КМ-0,525-9-3	105	9
КМ-0,525-45-3	525	45

*Примечание*

Обозначение типа конденсатора содержит символы: К – косинусный; М – масляный; первое число – номинальное напряжение, кВ; второе – мощность, кВАр; третье – количество фаз.

Данные можно использовать в учебных целях.

Приложение 10(2)

Комплексные, конденсаторные установки

Тип установки	Напряжение, кВ	Номинальная реактивная мощн., кВАр
1	2	3
УКЛ(П)НО 38-150-50 УЗ	0,38	150
УКЛ(П)НО 38-380-50 УЗ	0,38	380
УКМ 0,38 -75 УЗ	0,38	75
УКТ 0,38 -75 УЗ	0,38	75
УКМ 0,38 – 150 УЗ	0,38	150
УКТ 0,38 – 150 УЗ	0,38	150
ККУ 0,38 – Мс БРВ2	0,38	160
УКМ 58 – 0,4 – 20 – 10 УЗ	0,4	20
УКМ 58 – 0,4 – 30 – 10 УЗ	0,4	30
УКМ 58 – 0,4 – 50 – 25 УЗ	0,4	50
УКМ 58 – 0,4 – 67 – 33,3 УЗ	0,4	67
УКМ 58 – 0,4 – 100 – 33,3 УЗ	0,4	100
УКМ 58 – 0,4 – 150 – 30 УЗ	0,4	150
УКМ 58 – 0,4 – 180 – 30 УЗ	0,4	180
УКМ 58 – 0,4 – 200 – 33,3 УЗ	0,4	200
УКМ 58 – 0,4 – 300 – 33,3 УЗ	0,4	300
УКМ 58 – 0,4 – 402 – 67 УЗ	0,4	402
УКМ 58 – 0,4 – 603 – 67 УЗ	0,4	603

Приложение 11

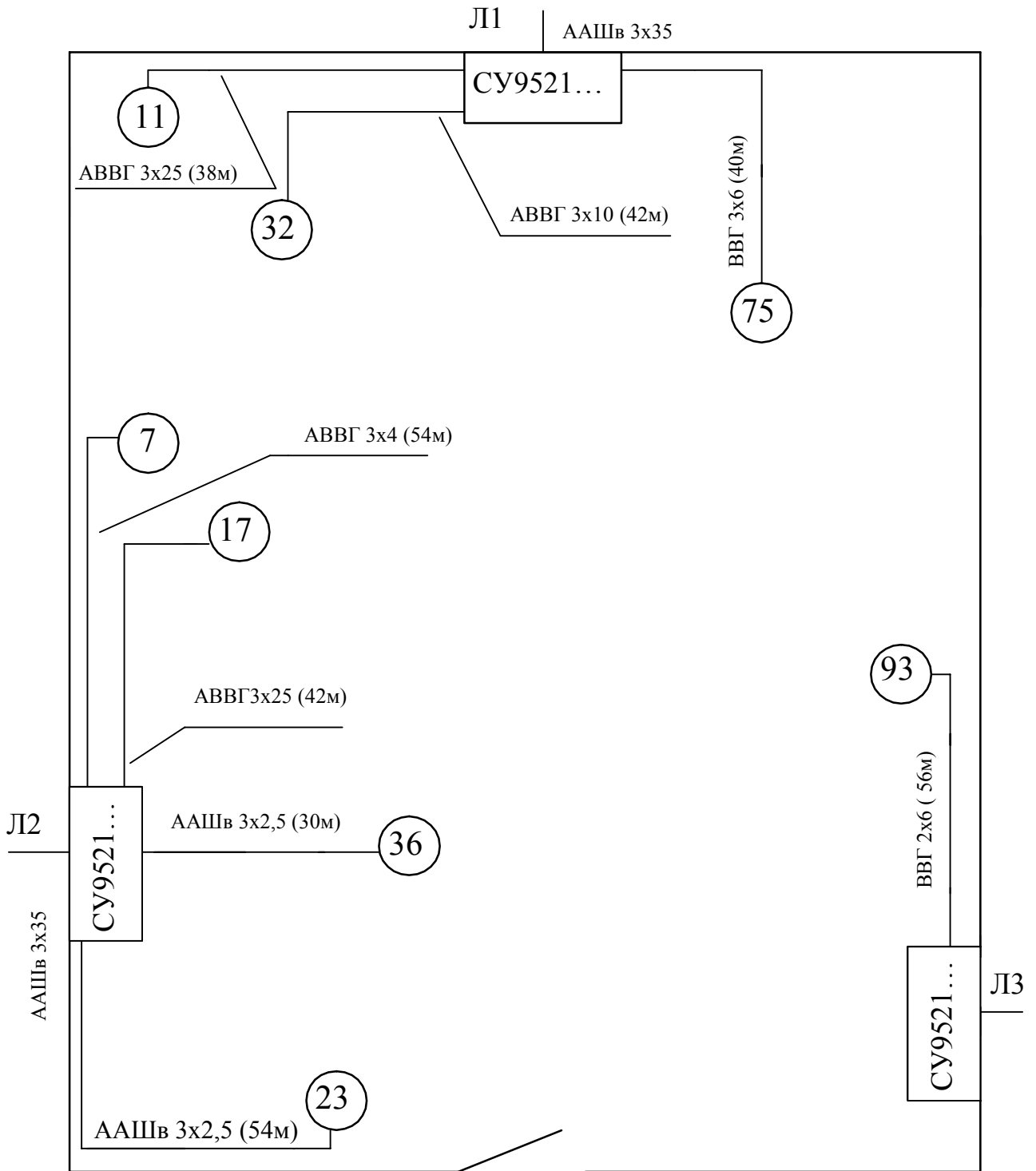


Рис.3. План размещения и подключения электродвигателей к силовым распределительным щитам (Пример)

## Литература

1. Электротехнический справочник / под ред. В.Г. Герасимова. – М.: Изд-во МЭИ, 2003. – Т.1. – 440 с.
2. Электротехнический справочник / под ред. В.Г. Герасимова. – М.: Изд-во МЭИ, 2003. – Т.2. – 518 с.
3. Электротехнический справочник / под ред. В.Г. Герасимова. – М.: Изд-во МЭИ, 2004. – Т.3. – 964 с.
4. Электротехнический справочник / под ред. В.Г. Герасимова. – М.: Изд-во МЭИ, 2004. – Т.4. – 696 с.
5. ГОСТ 2.747-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Размеры условных графических обозначений.
6. ГОСТ 2.756-76 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Воспринимающая часть электромеханических устройств.
7. ГОСТ 2.755-87 ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения.
8. Правила устройства электроустановок – ПУЭ, издание 7, 2003.

# **Электроснабжение с основами электротехники**

Методические указания  
по изучению курса  
для студентов заочного обучения и второго высшего образования  
направления подготовки – «Строительство»

Составитель: Захватов Г.И.