

**МИНИСТЕРСТВО
МОНТАЖНЫХ И СПЕЦИАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ СССР
ГЛАВЭЛЕКТРОМОНТАЖ
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ПРОЕКТНЫЙ И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО КОМПЛЕКСНОЙ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ
ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ
имени Ф.Б. ЯКУБОВСКОГО**

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ
ВНУТРИЦЕХОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С
ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТОЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ КТП**

(М10-437)

Главный инженер ВНИПИ "Тяжпромэлектропроект"

М.Г. Зименков

Зам. директора по научной работе

А.П. Цаллагов

Начальник технического отдела

Л.Б. Годгельф

Зав. научно-исследовательской лаборатории № 1, к.т.н.

В.С. Иванов

Руководил темы, ответственный исполнитель
с.н.с. ВНИПИ "Тяжпромэлектропроект"

В.В. Мейчик

МОСКВА

**МИНИСТЕРСТВО
МОНТАЖНЫХ И СПЕЦИАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ СССР**

ГЛАВЭЛЕКТРОМОНТАЖ

**ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ПРОЕКТНЫЙ И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО КОМПЛЕКСНОЙ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

**ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ
имени Ф.Б. ЯКУБОВСКОГО**

**РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ ВНУТРИЦЕХОВОГО
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТОЙ
ТРАНСФОРМАТОРОВ КТП.**

Главный инженер
ВНИПИ "Тяжпромэлектропроект"
М.Г. Зименков

Зам. директора
по научной работе
А.П. Цаллагов

Начальник технического отдела
Л.Б. Годгельф

Зав. научно-исследовательской
лаборатории № 1, к.т.н.
В.С. Иванов

Руководил темы,
ответственный исполнитель
с.н.с. ВНИПИ "Тяжпромэлектропроект"
В.В. Мейчик

СОДЕРЖАНИЕ

[Введение](#)

- [1. Область применения и исходные данные](#)
- [2. Рекомендации по выбору числа, мощности и типа трансформаторных подстанций](#)
- [3. Рекомендации по выбору схемы питающей цепи 10 \(6\) кВ](#)
- [4. Рекомендации по построению питающей сети 0,38 - 0,66 кВ](#)
- [5. Расчет токов короткого замыкания.](#)
- [6. Рекомендации по выбору электрооборудования и мероприятия по обеспечению допустимых уровней напряжения и токов.](#)
- [7. Вопросы качества электроэнергии и компенсации реактивной мощности](#)

[Литература](#)

[Приложение 1](#)

[Приложение 2](#)

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие "Рекомендации по проектированию систем внутри цехового электроснабжения с параллельной работой трансформаторов КТП" разработаны на основании результатов следующих выполненных ВНИПИ Тяжпромэлектропроект научно-исследовательских работ: "Исследование и разработка принципов и технических решений, обеспечивающих использование трансформаторов в системе электроснабжения с целью повышения надежности электроснабжения, уменьшения потерь и улучшения качества электроэнергии" (Тема № 02.111.0.85.1); "Исследование и разработка рекомендаций по выбору числа и мощности трансформаторных подстанций электрических сетей до 1000 В" (Тема № 02.113.0.85.2) и совместно выполненной, по договору № 203504 с Ленинградским политехническим институтом, научно-исследовательской работы: "Анализ технико-экономических показателей замкнутых систем электроснабжения с параллельной работой трансформаторов на напряжении 0,4 кВ", а также

решений Научно-технического Совета ВНИПИ "Тяжпромэлектропроект" от 16 января 1986 г., 5 июня 1986 г., 4 декабря 1987 г. и решений бюро секции "Промышленная электротехника" Московского правления НТО Э и ЭП от 18 декабря 1986 г. и 1 декабря 1987 г.

Целью настоящих "Рекомендаций" является повышение эффективности использования трансформаторов, шинопроводов и другого электрооборудования в системах внутрицехового электроснабжения промпредприятий, снижение объемов строительно-монтажных работ и сокращение сроков ввода в эксплуатацию электроустановок, повышение надежности электроснабжения, снижение потерь электроэнергии и повышение ее качества за счет использования в системах внутрицехового электроснабжения параллельной работы трансформаторов на общую нагрузку.

Применение параллельной работы цеховых трансформаторов позволяет достичь [1, 2, 3]:

- уменьшение на 25 - 30 % суммарной установленной мощности трансформаторов (по сравнению с раздельной их работой) за счет снижения общей суммарной нагрузки из-за несовпадения максимумов нагрузок, получающих питание от отдельных трансформаторов, использованием более высокого коэффициента загрузки параллельно работающих трансформаторов и меньшей требуемой резервной мощности на случай выхода трансформаторов из строя;

- повышение качества электроэнергии из-за стабильного уровня токов КЗ во всей сети, что дает возможность подключения электроприемников с нелинейными нагрузками большей мощности (электросварка, вентильная нагрузка), а в ряде случаев, позволяет осуществлять совместное питание нелинейных нагрузок с электроприемниками, требующими повышенные параметры качества электроэнергии (электроосвещение, ЭВМ, станки с ЧПУ и др.);

- повышение надежности срабатывания защитных аппаратов при однофазных КЗ в сети;
- возможность поэтапного ввода трансформаторных мощностей по мере роста фактических нагрузок предприятия (цеха);

- снижения потерь электроэнергии трансформаторах за счет возможного отключения части ненагруженных трансформаторов при одно и двухсменных режимах работы предприятия и др.

Рекомендации по проектированию систем внутрицехового электроснабжения с параллельной работой трансформаторов КТП, выполнены коллективами авторов ВНИПИ "Тяжпромэлектропроект" и Ленинградского политехнического института имени М.И. Калинина.

В настоящей работе даются общие рекомендации по проектированию систем внутрицехового электроснабжения с параллельной работой трансформаторов КТП. Решения, принятые при конкретном проектировании, например, реконструкции или расширении действующих предприятий, могут отличаться от рекомендуемых здесь в зависимости от конкретных особенностей проектируемого объекта.

Изложенные в настоящей работе требования и рекомендации по проектированию систем внутрицехового электроснабжения не противоречат требованиям Правил устройства электроустановок и другим нормативно-техническим документам, а носят только уточняющий характер и ужесточают некоторые требования упомянутых документов [4, 5, 6].

При использовании справочных материалов для конкретного проектирования приведенные в приложении к настоящей работе технические данные и характеристики электрооборудования должны быть дополнительно уточнены по действующей информации заводов-изготовителей.

Значительный вклад в разработку настоящих "Рекомендаций" внесли:

от ВНИПИ "Тяжпромэлектропроект"

с.н.с. научно-исследовательской
лаборатории № 1

Менчик В.В.

н.с. научно-исследовательской
лаборатории № 1

Марченко Т.П.

инженеры научно-исследовательской
лаборатории № 1

Мусина Е.Б.
Островская О.В.
Илюшина О.В.

от ЛПИ имени М.И. Калинина:

от кафедры электрических сетей и
систем

доц., к.т.н.
доц., к.т.н.

Кучумов Л.А.
Веселов А.Е.

от кафедры экономики энергетики
доц., к.т.н.

Воронкин А.Ф.

инженер

Ерыгин Б.В.

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1.1. Настоящие "Рекомендации" могут быть применены при проектировании систем внутрицехового электроснабжения новых или реконструкции действующих предприятий большинства отраслей народного хозяйства страны. Наиболее высокие технико-экономические показатели применения параллельной работы трансформаторов КТП могут быть достигнуты при проектировании крупных цехов и производств металлообрабатывающей и машиностроительной промышленности [2, 3, 7, 8].

1.2. В отношении обеспечения надежности электроснабжения, системы внутрицехового электроснабжения с параллельной работой трансформаторов рекомендуется применять, в основном, для электроснабжения цехов и производств, имеющих в своем составе электроприемники II и III категорий. Системы с параллельной работой трансформаторов могут быть применены и для электроснабжения электроприемников I категории при питании их от распределительных пунктов 0,38 - 0,68 кВ, снабженных устройствами АВР и получающих питание по двум вводам от разных групп параллельно работающих трансформаторов, которые на стороне 10 (6) кВ подключены к независимым источникам питания.

1.3. "Рекомендации" содержат основные указания и требования по выбору числа и мощности трансформаторных подстанций, магистральных шинопроводов, конденсаторных установок и принципиальные решения по построению схем внутрицехового электроснабжения.

1.4. Исходными данными для проектирования систем внутрицехового электроснабжения являются:

1.4.1. Данные по источникам питания цеха на напряжении 10 (6) кВ и их технические характеристики:

- сборные шины РП-10 (6) кВ; РУ-10 (6) кВ ГИП; ГРУ-ТЭС и т.п.;
- мощности короткого замыкания на сборных шинах источников питания в максимальном и минимальном режимах;

- расстояния трасс питающей сети 10 (6) кВ от источников питания до цеховых КТП.

1.4.2. Планировки проектируемых цехов с показанными на них технологическими участками, производствами, строительными осями зданий, колоннами, стенами и т.д.

1.4.3. Данные по электроприемникам, требующих повышенную надежность электроснабжения (электроприемники, относящиеся по степени надежности электроснабжения к I категории, их месторасположение, мощность, количество, напряжение и т.д.)

1.4.4. Режимы работы цеха, число рабочих смен, поэтапность ввода мощностей и развития цеха, пусковые комплексы и т.п.

1.4.5. Данные по электроприемникам, отрицательно влияющим на качество электроэнергии (электросварка, тиристорно-преобразовательная нагрузка, их типы мощности, количество), сведения о специальных электроприемниках, требующих строгого обеспечения нормируемых параметров качества электроэнергии (ЭВМ, станки с ЧПУ, электроосвещение и др.)

1.4.6. Расчетное значение суммарной электрической нагрузки цеха от электроприемников в сети 0,38 (0,66) кВ (среднее значение за более загруженную смену), учитывающее нагрузки как от основного технологического оборудования, так и от вспомогательного: электроосвещения, отопления, вентиляции, кондиционирования и т.д., а также потери в сетях 0,38 (0,66) кВ, с указанием естественного средневзвешенного расчетного значения коэффициента мощности электрической нагрузки цеха.

1.5. Расчет электрической нагрузки цеха от электроприемников все в сетях 0,38 (0,66) кВ, а также расчет и выбор мощности компенсирующих устройств для компенсации реактивной мощности производится согласно требованиям соответствующих действующих нормативных документов [20, 21]. При отсутствии данных по электрическим нагрузкам на момент проектирования системы внутрицехового электроснабжения, допускается определять электрические нагрузки цехов по удельным электрическим нагрузкам на единицу площади соответствующих цехов - аналогов, данные по которым, для предприятий Минавтопрома, приведены в приложении 1.

1.6. Системы внутрицехового электроснабжения с параллельной работой трансформаторов рекомендуется применять:

- при уровнях токов короткого замыкания в этих сетях допустимых для применяемого в них электрооборудования и когда эти токи КЗ достигаются за счет естественного токоограничения путем включения в межатрансформаторные связи шинопроводов или кабелей, например, в цехах с трансформаторами с единичной мощностью не более 1000 кВ·А;

- при возможности доведения уровней токов КЗ в этих сетях до допустимых путем применения мероприятий рекомендуемых настоящей работой;

- при освоении отечественной электропромышленностью серийного изготовления специальных токоограничителей (см. п. 6.11 настоящей работы).

2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ЧИСЛА, МОЩНОСТИ И ТИПА ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

2.1. В качестве внутрицеховых трансформаторных подстанций рекомендуется применять однотрансформаторные комплектные подстанции (КТП) с сухими или с литой изоляцией

трансформаторами, обеспечивающими возможность их размещения в центрах электрических нагрузок и непосредственной установки в цеху (на полу, антресолях, перекрытиях и т.д.)

2.2. В зависимости от удельных электрических нагрузок на единицу площади цеха его габаритов и суммарной нагрузки цеха, рекомендуется применять [2, 3]:

при плотности удельных электрических нагрузок:

до $0,05 \text{ кВ} \cdot \text{А} / \text{м}^2$

- трансформатору мощностью
до $630 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ включительно;

от $0,05$ до $0,1 \text{ кВ} \cdot \text{А} / \text{м}^2$;

- "- $1000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$;

от $0,1$ до $0,2 \text{ кВ} \cdot \text{А} / \text{м}^2$

- "- $1600 \text{ кВ} \cdot \text{А}$;

от $0,2 \text{ кВ} \cdot \text{А} / \text{м}^2$ и выше

- "- $2500 \text{ кВ} \cdot \text{А}$

2.3. На стороне $10 (6) \text{ кВ}$ КТП рекомендуется предусматривать:

2.3.1. Для КТП с трансформаторами 630 и $1000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ шкафы высоковольтного ввода с выключателем нагрузки и предохранителями $10 (6) \text{ кВ}$. При этом, для обеспечения селективной работы защитных аппаратов КТП, обеспечения требуемой безопасности обслуживания и сокращения потерь электроэнергии в трансформаторах рекомендуется осуществлять блокировку, отключающую вводной автомат от блокконтактов выключателя нагрузки при его аварийном и оперативном отключениях или применять реле обратной мощности, действующее на отключение вводного автомата (по аналогии городских сетей с параллельной работой трансформаторов на стороне $0,4 \text{ кВ}$) [9].

2.3.2. Для КТП с трансформаторами $1600 - 2500 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ шкафы высоковольтного ввода с выключателями нагрузки. При этом, максимально-токовые защиты на стороне $10 (6) \text{ кВ}$ должны обеспечивать надежное отключение выключателя питающей линии $10 (6) \text{ кВ}$ при коротком замыкании на выводах $0,4 (0,69) \text{ кВ}$ параллельно работающих трансформаторов КТП, а вводные автоматы должны быть оборудованы реле обратной мощности.

2.4. РУНН однострансформаторного КТП, как правило, рекомендуется предусматривать из шкафов, обеспечивающих возможность подключения к нему не менее двух магистральных шинопроводов путем глухого их присоединения к сборным шинам или через линейные автоматические выключатели, что решается в конкретном проекте при проектировании питающей сети $0,38 - 0,66 \text{ кВ}$ (см. также требования раздела 4).

Необходимость дополнительных линейных автоматов (шкафов) для питания крупных электроприемников, по радиальным линиям непосредственно от РУНН КТП (помимо магистральных шинопроводов) решается в конкретном проекте при соответствующем технико-экономическом обосновании [2, 5]

2.5. Общее количество однострансформаторных КТП - N_T [шт] для цеха, с учетом требования 2.2, определяется [2, 3]

$$N_T = \frac{S_{\text{расч}}}{S_T \cdot K_{3.ЭК}}$$

где: $S_{\text{расч.}}$ и S_T - соответственно расчетное значение потребляемой полной мощности цеха (среднее значение за наиболее загруженную смену) и номинальная мощность трансформатора КТП, $\text{кВ} \cdot \text{А}$;

$K_{3.ЭК}$ - экономический коэффициент загрузки трансформатора, который рекомендуется принимать близким к $1,0$.

Коэффициент загрузки трансформаторов принимается $< 1,0$ при $N_T \leq 3$ и по техническим причинам - возможному неравномерному размещению нагрузок в цехе [10, 11].

При получении дробного числа N_T , последнее, как правило, принимается равным большему целому числу или большему четному целому числу, что зависит от числа групп параллельно работающих КТП (см. п.п. 3.2 и 3.4).

2.6. Максимальное количество трансформаторов, работающих параллельно в одной группе*, как правило, не должно превышать [2, 3]

-при питающем напряжении 10 кВ :

6 - 7 трансформаторов мощностью по $2500 \text{ кВ} \cdot \text{А}$;

10 - 11 трансформаторов мощностью по $1600 \text{ кВ} \cdot \text{А}$;

16 - 17 трансформаторов мощностью по $1000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$;

-при питающем напряжении 6 кВ :

4-х трансформаторов мощностью по $2500 \text{ кВ} \cdot \text{А}$;

6 - 7 трансформаторов мощностью по $1600 \text{ кВ} \cdot \text{А}$;

10 трансформаторов мощностью по $1000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$

* Указанные количества параллельно работающих трансформаторов в одной группе приведены из условия, что номинальный ток, питающей линии $10 (6) \text{ кВ}$ не превышает 1000 А и КТП оборудованы шкафами высоковольтного ввода с

предохранителями 10 (6) кВ, при отсутствии последних, количество параллельно работающих трансформаторов в группе выбирается таким, чтобы была обеспечена надежная работа максимальных токовых защит на стороне 10 (6) кВ при коротком замыкании на вводе 0,4 (0,69) кВ одного из параллельно работающих в группе трансформаторов КТП (см. также п.п. [2.3.2](#) и [3.4](#))

2.7. При поэтапном вводе мощностей цеха, с целью исключения работы трансформаторов КТП в недогруженных режимах, рекомендуется предусматривать поэтапный ввод параллельно работающих трансформаторов КТП - по мере роста фактических нагрузок.

2.8. Подключаемые на параллельную работу трансформаторы должны иметь одинаковые схемы соединения обмоток, коэффициенты трансформации, значения напряжений короткого замыкания и т.д. и, как правило, быть одинаковой мощности.

3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ СХЕМЫ ПИТАЮЩЕЙ ЦЕПИ 10 (6) кВ

3.1. Питающую сеть 10 (6) кВ для группы параллельно работающих однострансформаторных КТП, рекомендуется выполнить по магистральной схеме из одножильных многоамперных кабелей с пластмассовой изоляцией* или применять трехфазные кабели 10 (6) кВ.

* В настоящее время отечественной электропромышленностью осваивается выпуск одножильных кабелей 10 (6) кВ с пластмассовой изоляцией, марки АПвВГ, сечением до 80 мм². При применении однофазных кабелей 10 (6) защиту от замыканий на землю рекомендуется выполнять с помощью специально реле, разработанного ВНИИЭ, типа БРЭ 1301.03, которые будут серийно выпускаться ЧЭАЗом с 1989 г. или применять трансформаторы тока нулевой последовательности с подмагничиванием.

С целью повышения надежности электроснабжения питающую сеть из трехфазных кабелей рекомендуется выполнять по схеме приведенной на рис. [3.1](#), применяя в питающей линии 10 (6) кВ не менее чем три кабеля 10 (6) кВ [[2](#), [3](#), [4](#)].

3.2. При наличии электроприемников, требующих повышенную надежность электроснабжения - с автоматическим включением резервного питания, как правило, следует применять не менее 2-х групп параллельно работающих КТП с питанием их на стороне 10 (6) кВ от разных источников (см. рис. [3.2](#) и требования раздела [4](#)).

3.3. При выборе местоположения КТП, последние, по возможности, должны быть равномерно рассредоточены по цеху и размещаться в центрах зон обслуживания какого трансформатора КТП [[6](#)].

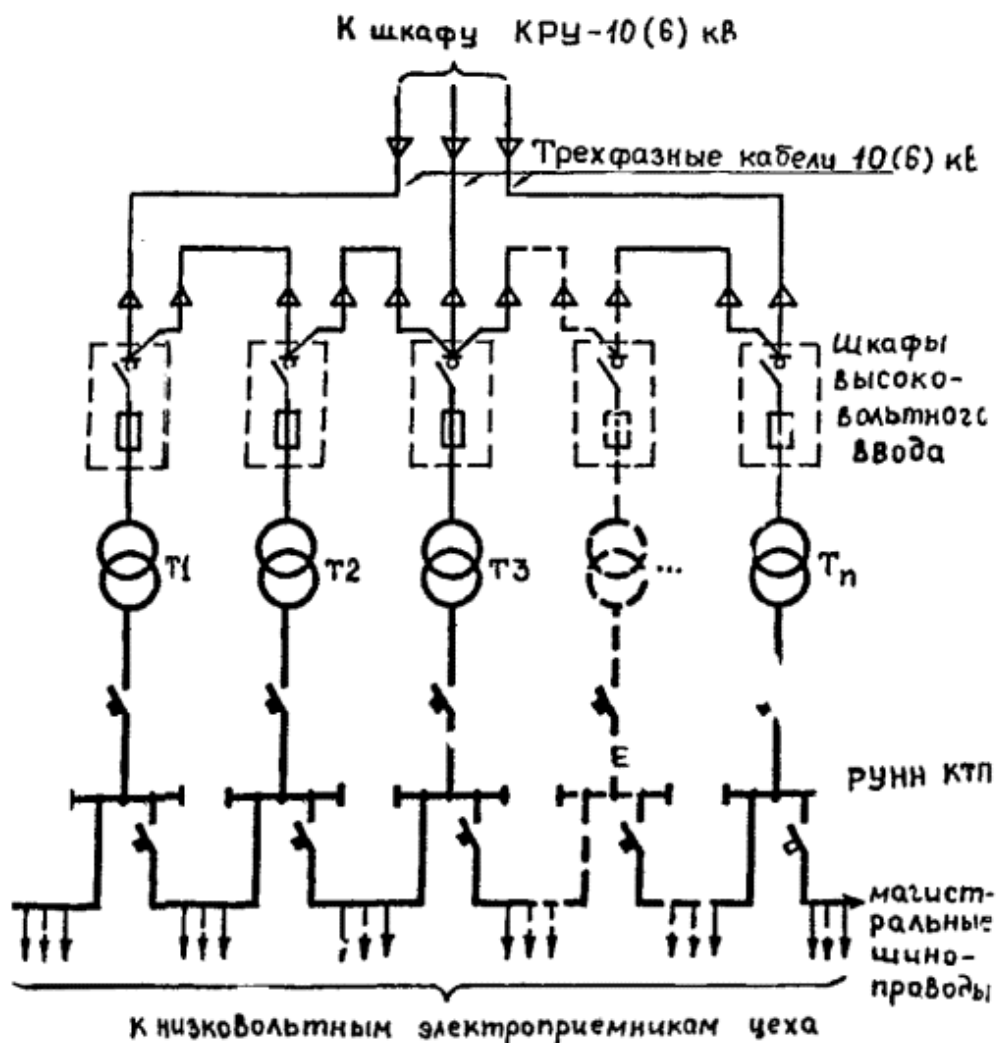


Рис. 3.1. Пример построения схемы питающей сети 10 (6) кВ из трехфазных кабелей для группы параллельно работающих трансформаторов КТП.

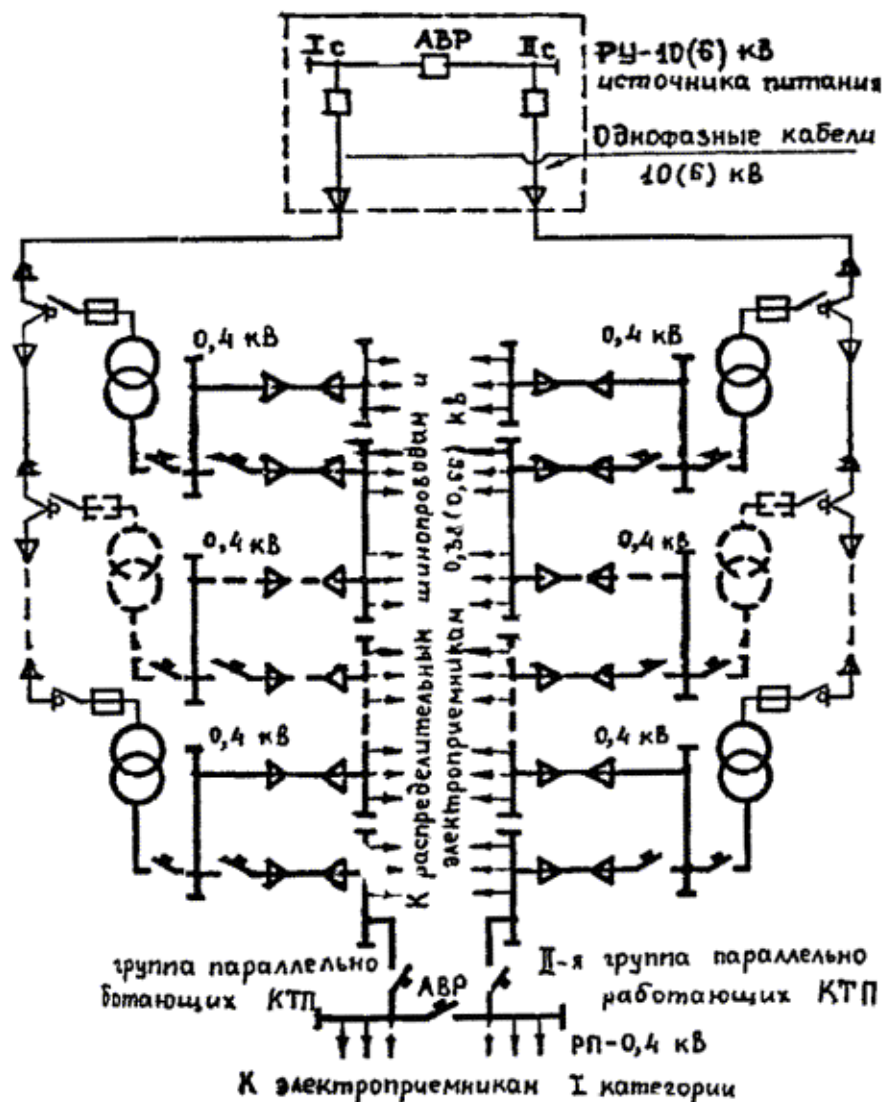


Рис. 3.2. Схема внутрицехового электроснабжения с параллельной работой КТП через магистральные шинопроводы на общую нагрузку цеха.

3.4. В общем случае, при проектировании, крупных цехов, число групп параллельно работающих трансформаторов или число питающих линий 10 (6) кВ - m определяется:

$$m = \frac{S_{\text{расч}}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I_{\text{ном.выкл.}}}$$

где: $S_{\text{расч.}}$ - расчетное значение потребляемой полной мощности цеха кВ·А;

U - номинальное напряжение питающей сети: 10 или 6 кВ;

$I_{\text{ном.выкл.}} = 630$ или 1000 А - оптимальные значения номинального тока выключателя шкафа КРУ-10 (6) кВ*.

* При соответствующем технико-экономическом обосновании значение $I_{\text{ном.выкл.}}$ может быть принято равным и более 1000 А. Однако, для этого потребуются применение дополнительных шкафов КРУ 10 (6) кВ с кабельными сборками.

При наличии электроприемников, требующих повышенную надежность электроснабжения (не менее двух вводов от разных источников питания), как правило, число m принимается ближайшим целым четным числом.

3.5. Питание группы параллельно работающих трансформаторов на стороне 0,4 (0,69) кВ, как правило, рекомендуется выполнять одной линией 10 (6) кВ. Допускается включать на параллельную работу трансформаторы (группы трансформаторов), получающие питание от одного источника питания по двум и более питающим линиям 10 (6) кВ (см. рис. 2.3 и требования п. 2.3). Не допускается одновременное питание группы параллельно работающих трансформаторов по двум линиям от разных источников питания 10 (6) кВ.

3.6. При наличии в цеху локальных, сосредоточенных групп электроприемников, в зависимости от категории надежности их электроснабжения, допускается предусматривать для них отдельные однитрансформаторные или двухтрансформаторные КТП соответствующей мощности или обеспечивать совместное питание таких электроприемников от обособленных КТП и от сети параллельно работающих КТП, что решается при проектировании конкретного объекта.

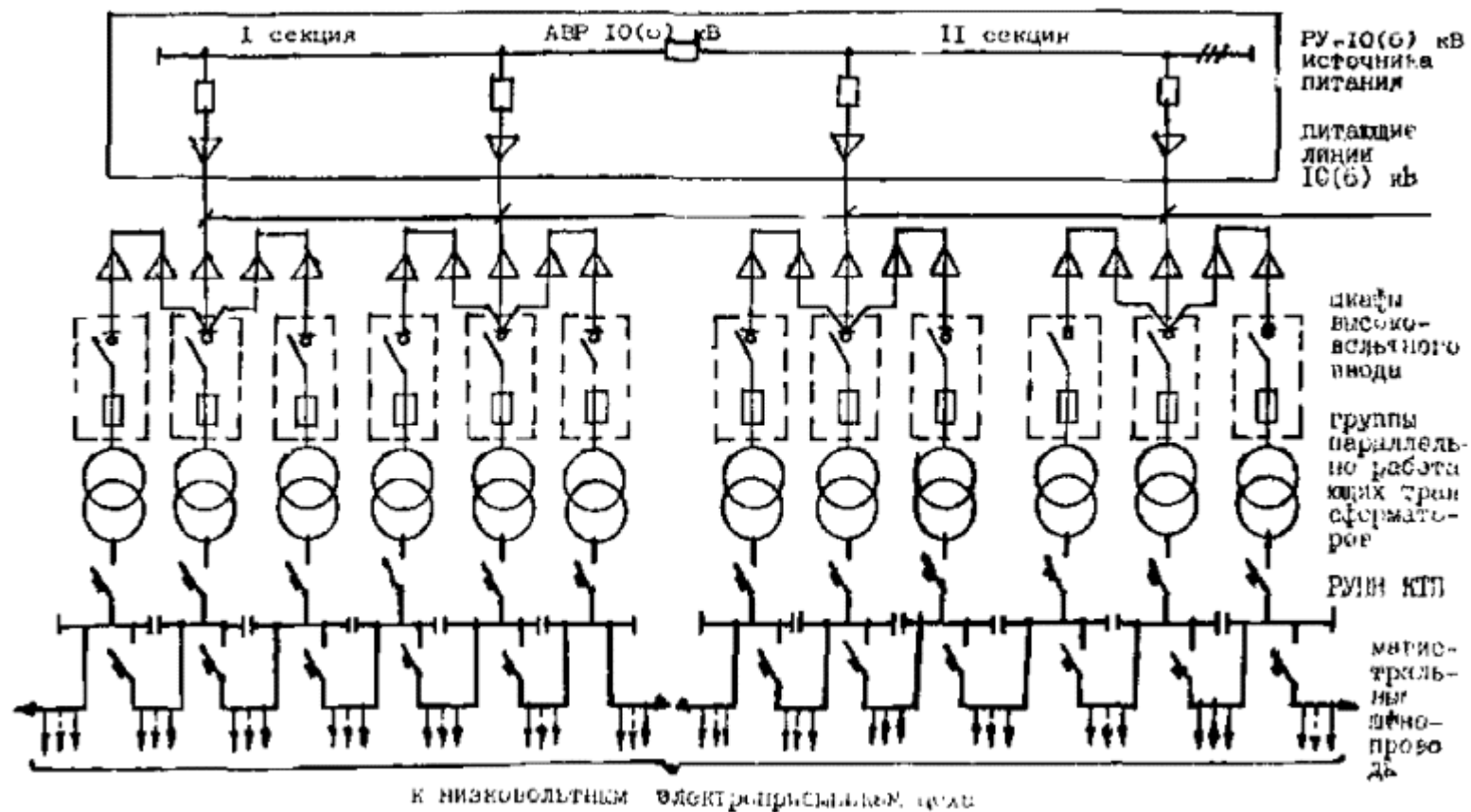


Рис. 3.3. Схема внутрицехового электроснабжения с питанием групп параллельно работающих трансформаторов КТП по двум питающим линиям 10 (6) кВ

4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОСТРОЕНИЮ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ 0,38 - 0,66 кВ

4.1. Питающую сеть 0,38 - 0,66 кВ, как правило, рекомендуется выполнять из комплектных магистральных шинопроводов, применяя в цеху преимущественно равномерную горизонтальную прокладку рядов шинопроводов с креплением их по колоннам, стенам, стойкам и подвесам на высоте около 3,0 м в зонах, исключающих механическое повреждение шинопроводов [1, 2, 3, 16].

4.2. При наличии электроприемников, требующих повышенную надежность электроснабжения, рекомендуется чередовать в цеху, прокладку рядов магистральных шинопроводов с питанием их от разных групп параллельно работающих трансформаторов КТП, подключенных на стороне 10 (6) кВ к независимым источникам питания (см. рис. 4.1) [2, 3].

4.3. В зависимости от значений удельных плотностей электрических нагрузок цеха и мощностей трансформаторов применяемых КТП (см. требования п. 2.5), оптимальный шаг (расстояние) между рядами горизонтальных шинопроводов - H , [м], рекомендуется применять (кратно шагу колонн равному 6 м) [2, 3]:

при $\sigma = 0,05 \text{ кВ} \cdot \text{А/м}^2$	- $H = 60 - 70$ м с питанием от трансформаторов 630 - 1000 кВ·А;
при $\sigma = 0,1 \text{ кВ} \cdot \text{А/м}^2$	- $H = 54 - 66$ м и трансформаторы 1000 - 1600 кВ·А;
при $\sigma = 0,2 \text{ кВ} \cdot \text{А/м}^2$	- $H = 42 - 60$ м и трансформаторы 1600 - 2500 кВ·А;
при $\sigma = 0,3 \text{ кВ} \cdot \text{А/м}^2$	- $H = 36 - 54$ м с трансформаторами 2500 или 1600 кВ·А;
при $\sigma = 0,6 - 0,7 \text{ кВ} \cdot \text{А/м}^2$	- $H = 30 - 48$ м и питанием от трансформаторов 2500 кВ·А;
при $\sigma = 0,8 \text{ кВ} \cdot \text{А/м}^2$	- $H = 30 - 42$ м питанием от трансформаторов 2500 кВ·А;
при $\sigma = 0,9 \text{ кВ} \cdot \text{А/м}^2$	- $H = 30 - 36$ м питанием от трансформаторов 2500 кВ·А;
при $\sigma = 1,0 \text{ кВ} \cdot \text{А/м}^2$	- $H = 24 - 36$ м питанием от трансформаторов 2500 кВ·А;

При проектировании конкретного объекта шаг прокладки шинопроводов может быть изменен в ту или другую сторону на конкретных участках цеха по техническим причинам: в зависимости от локализации электроприемников, местоположения технологического и вспомогательного оборудования, строительных конструкций (колонн, стен, ферм, перекрытий) и др.

4.4. Подключение магистральных шинопроводов к КТП преимущественно рекомендуется выполнять с помощью гибких многоамперных кабелепроводов (по типу АВВ-1), подключая концы каждого шинопровода к смежным параллельно работающим КТП, например, при необходимости прокладки протяженных вертикальных трасс (15 м и более), а также на сложных участках без ответвительных коробок (см. рис. 3.2 и 4.1) [2, 3, 12].

4.5. Питание крупных электроприемников цеха, распределительных щитов, пунктов, сборок, комплектных распределительных и др. шинопроводов, как правило, следует производить от ближайших ответвительных секций магистральных шинопроводов, а не от РУНН КТП [2, 6].

4.6. Магистральные шинопроводы, через которые производится подключение трансформаторов на параллельную работу, рекомендуется выбирать на номинальный ток с учетом их перегрузочной способности при возможном выходе из строя одного из параллельно работающих трансформаторов КТП [12].

4.7. После определения местоположения в цеху КТП и магистральных шинопроводов (расстояний по электрической цепи между параллельно работающими трансформаторами), и в соответствии с расчетами ТКЗ, выполненных по рекомендациям раздела 5, производят выбор и проверку электрооборудования, при необходимости, осуществляют координацию уровней токов короткого замыкания и уровней напряжения в сети 0,38 (0,66) кВ с применением мероприятий, рекомендуемых в разделе 6 настоящей работы.

При необходимости, для обеспечения требуемых параметров уровней напряжения в сети в послеаварийных режимах - выходе из строя параллельно работающего трансформатора КТП, рекомендуется применять секционирование замкнутой сети с параллельной работой трансформаторов и возможность переключения части этой сети к другой группе параллельно работающих КТП (см. рис. 4.2) [2, 3].

4.8. Для повышения надежности электроснабжения рекомендуется по возможности, применять кольцевые схемы с параллельной работой трансформаторов КТП (см. рис. 4.3 и 4.4) [3].

4.9. При необходимости, к РУНН КТП могут подключаться, кроме магистральных шинопроводов, соединяющих на параллельную работу соединение КТП, также магистральные шинопроводы по типу консоли (см. рис. 4.5). При этом, длину магистрального шинопровода, работающего по типу консоли, рекомендуется выбирать, как правило, не превышающей 150 - 200 м (из-за допустимых уровней напряжения на конце консоли).

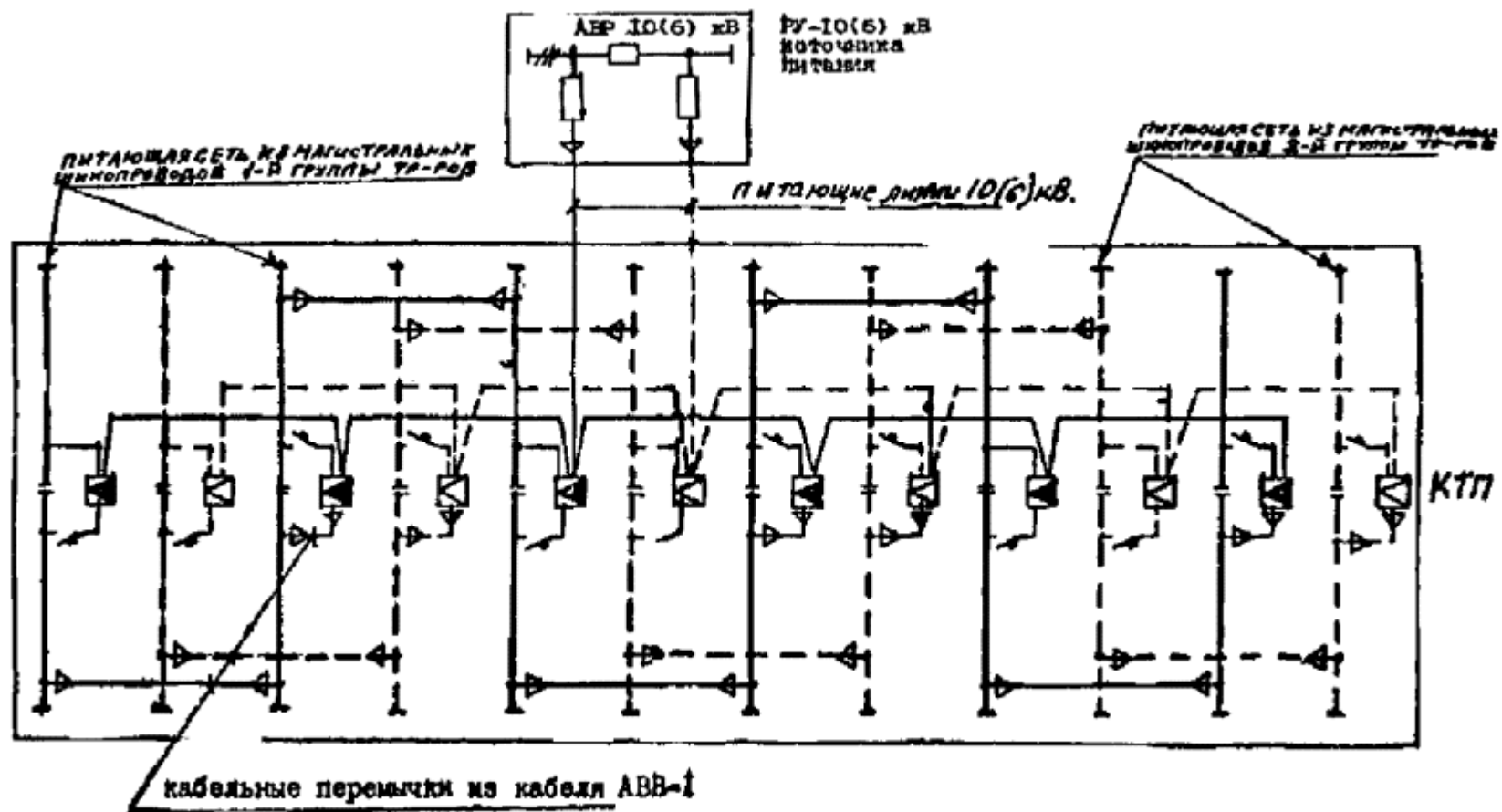


Рис. 4.1. План-схема прокладки питающей сети 0,38 (0,66) кВ на магистральных шинопроводах с питанием смежных рядов шинопроводов от разных групп параллельно работающих трансформаторов КТП.

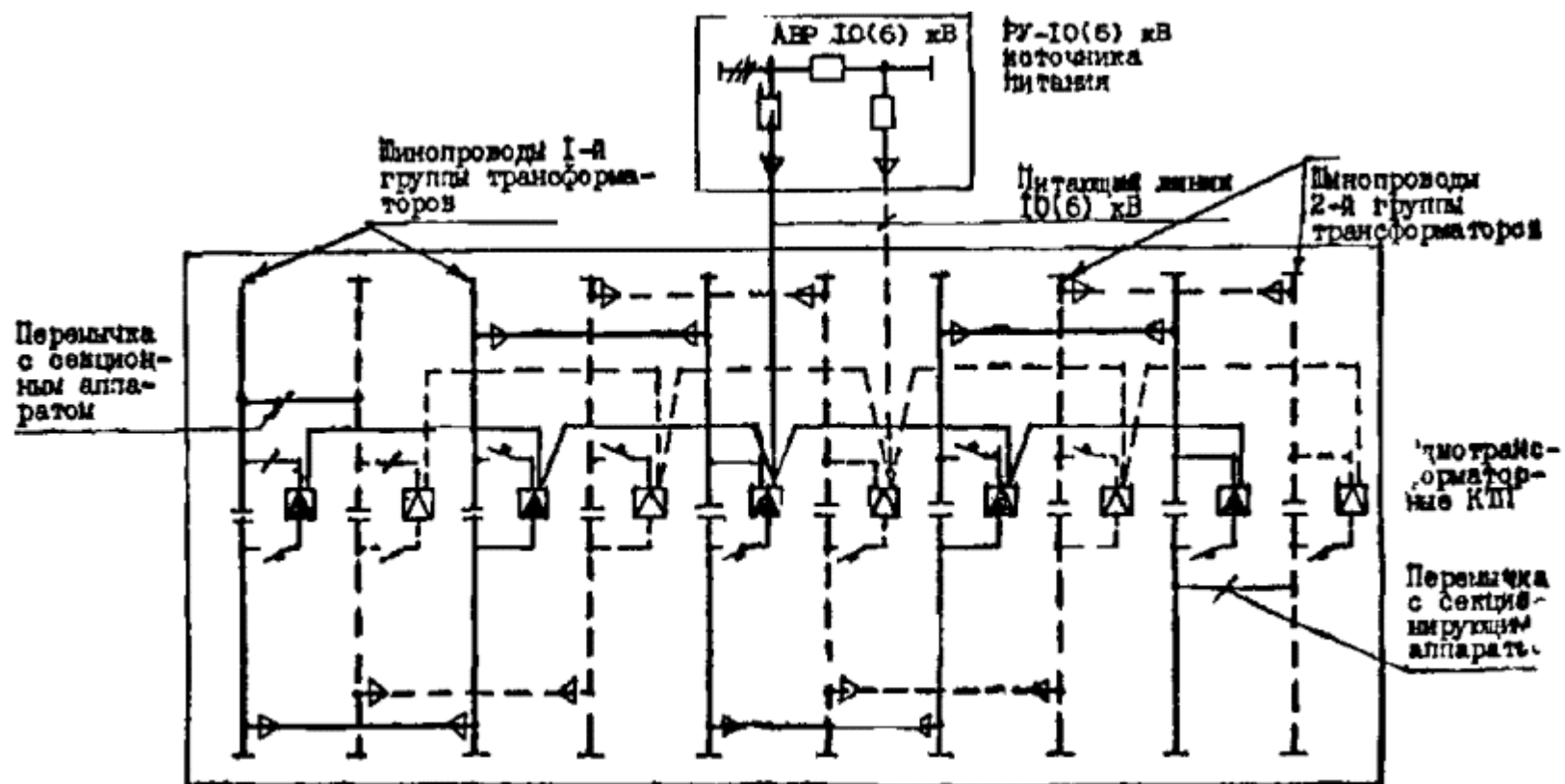


Рис. 4.2. План-схема внутрицехового электроснабжения с параллельной работой двух групп трансформаторов КТП по полуразомкнутым схемам и секционированием питающей сети 0,38 (0,66) кВ из магистральных шинопроводов

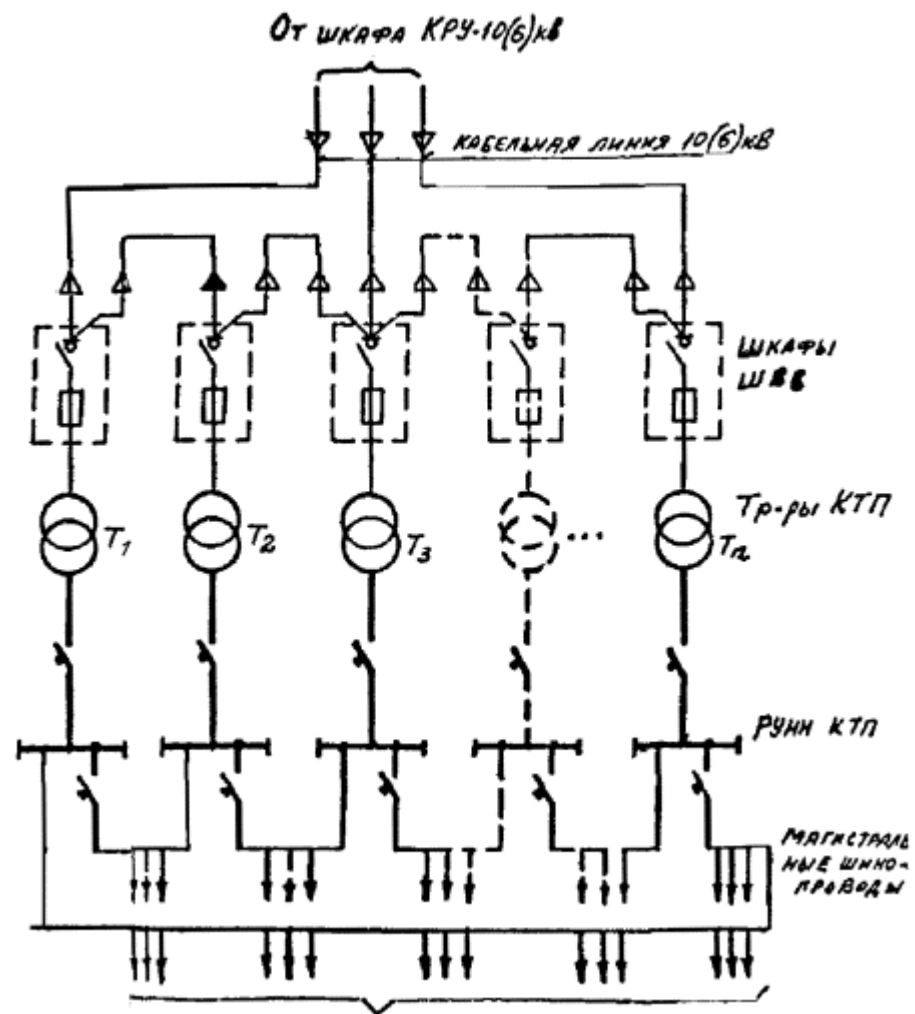


Рис. 4.3. Кольцевая схема параллельной работы трансформаторов КТП на стороне 0,4 (0,69) кВ.

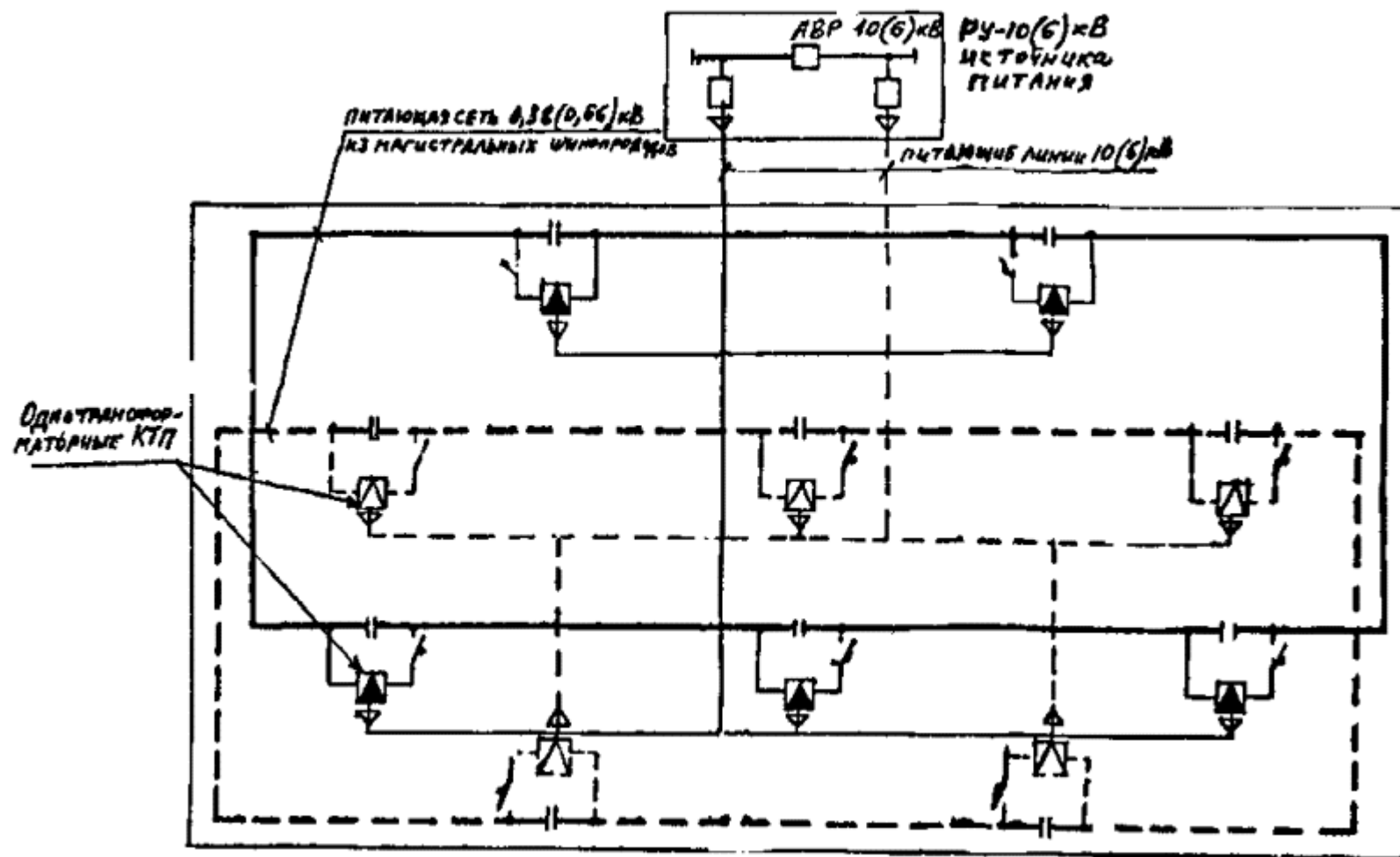
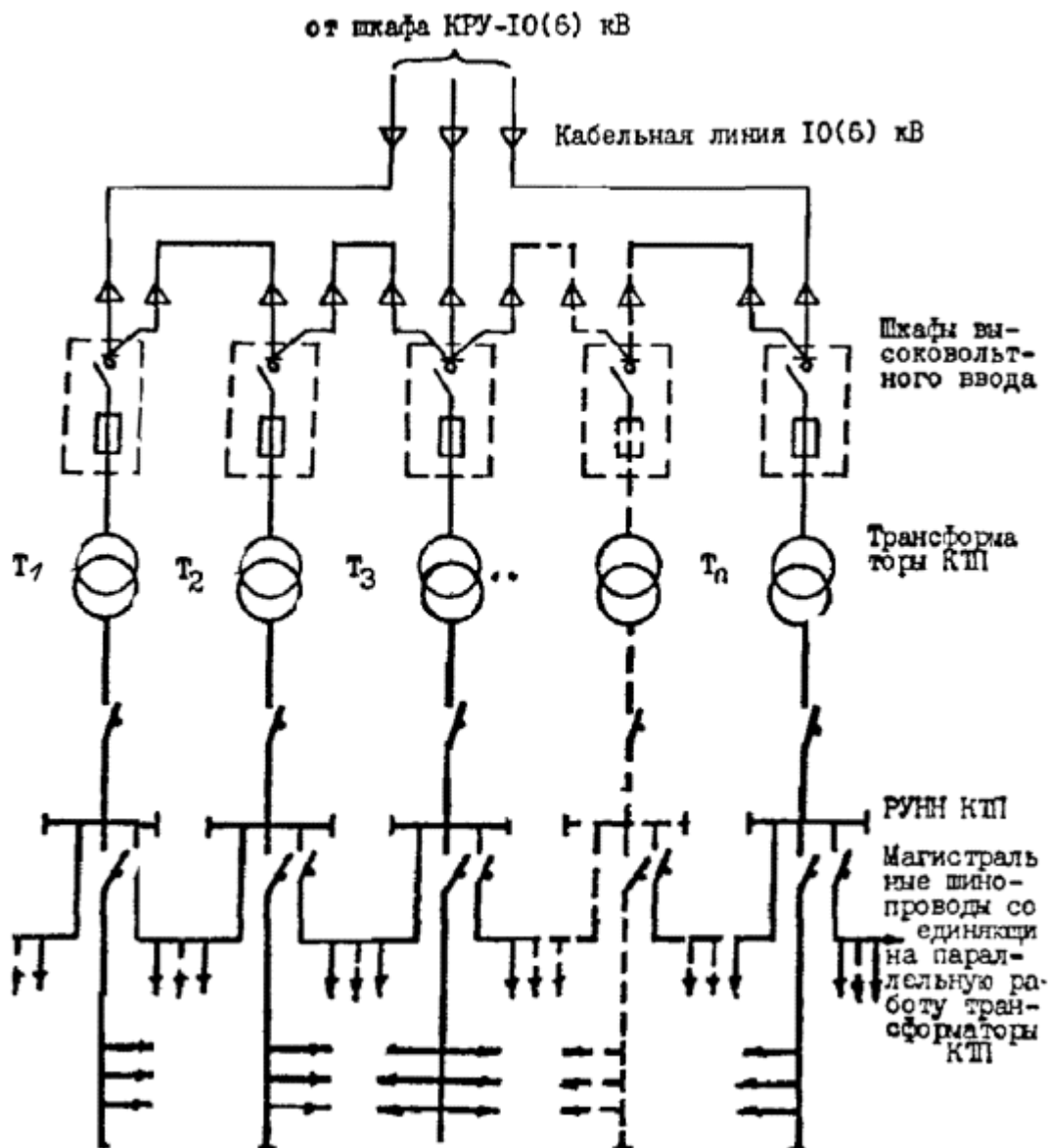


Рис. 4.4. План-схема системы внутрицехового электроснабжения с параллельной работой двух групп трансформаторов КТП по кольцевым схемам.



Магистральные шинопроводы по типу "консоли"

Рис. 4.5. Схема параллельной работы трансформаторов КТП с магистральными шинопроводами на стороне 0,4 (0,69) кВ

5. РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ.

5.1. Расчеты токов короткого замыкания (КЗ) выполняется с целью выбора параметров и проверки электродинамической и термической стойкости электрооборудования и коммутационной способности отключающих аппаратов [4, 13, 14, 15].

5.2. За расчетный вид короткого замыкания принимается трехфазное КЗ в точке с ожидаемым наибольшим значением ТКЗ, при котором определяются действующее и ударное значения токов КЗ [4].

5.3. Расчет однофазного тока КЗ в настоящей работе не рассматривается, так как он принципиально не отличается от аналогичных расчетов для других сетей 0,38 (0,66) кВ с глухозаземленной нейтралью, и его следует производить в соответствии с требованиями действующей нормативно-технической документации.

5.4. При расчетах токов КЗ необходимо учитывать [1 - 5, 13 - 15]:

- индуктивные и активные сопротивления всех элементов короткозамкнутой цепи, включая проводники небольшой длины, трансформаторы тока, токовые катушки автоматических выключателей и др.;

- сопротивление питающей энергосистемы;
- сопротивления различных контактов и контактных соединений;
- активное сопротивление электрической дуги в месте возникновения КЗ;
- подпитку от асинхронных двигателей (АД) при их единичной мощности 100 кВт и более и непосредственном подключении АД к месту КЗ.

5.5. В расчетах токов КЗ допускается не учитывать [13]:

- сопротивления комплексных нагрузок;
- сопротивления конденсаторных батарей;

-изменения сопротивлений элементов короткозамкнутой цепи при нагреве током КЗ;

-не учитывать ток намагничивания трансформаторов.

5.6. Расчеты токов КЗ рекомендуется производить в именованных единицах. При составлении эквивалентных схем замещения параметры их элементов должны быть приведены к ступени напряжения 0,4 или 0,69 кВ, где находится точка расчетного КЗ, а активные и индуктивные сопротивления всех элементов схемы замещения выражать в миллиомах [1, 13, 14].

5.7. Определение сопротивлений различных элементов короткозамкнутой цепи.

5.7.1. Сопротивление питающей энергосистемы определяется формуле:

$$X_c = \frac{U_H^2}{S_K}, [\text{МОм}],$$

U_H = 400 или 690 В - среднее номинальное напряжение расчетной ступени места КЗ;

S_K , кВ·А - мощность КЗ на шинах источника питания.

Значения сопротивлений X_C для характерных мощностей S_K приведены в приложении 2 табл. 2.1.

5.7.2. Сопротивления питающей линии 10 (6) кВ от шин источника питания до трансформаторов КТП определяют по формулам:

$$X_L = X_{ол} \cdot \ell \cdot \frac{U_H^2}{n \cdot U_{ВН}^2}, [\text{МОм}];$$

$$R_L = R_{ол} \cdot \ell \cdot \frac{U_H^2}{n \cdot U_{ВН}^2}, [\text{МОм}],$$

где $X_{ОЛ}$ и $R_{ОЛ}$ - удельные, соответственно индуктивные и активные сопротивления кабеля (провода), МОм/м;

ℓ - длина кабеля, м;

n - число кабелей (проводов) в линии, шт;

$U_{ВН}$ = 10,5 или 6,3 кВ - среднее номинальное напряжение первичной обмотки трансформатора.

Значения параметров $X_{ОКАБ}$ и $R_{ОКАБ}$ приведены в приложении 2, табл. 2.2.

5.7.3. Активное индуктивное сопротивление трансформатора определяем по формулам:

$$R_T = \frac{\Delta P_K \cdot U_{НТ}^2}{S_T^2}, [\text{МОм}];$$

$$Z_T = \frac{U_K \% \cdot U_{НТ}^2}{100 \cdot S_T}, [\text{МОм}];$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}, [\text{МОм}],$$

где ΔP_K , кВт - мощность потерь КЗ в трансформаторе;

$U_{НТ}$, кВ = 0,4 или 0,69 кВ - напряжение вторичной обмотки трансформатора;

S_T , мВ·А - номинальная мощность трансформатора;

U_K , % - напряжение КЗ трансформатора.

Технические данные и значения активных и индуктивных сопротивлений трансформаторов КТП приведены в приложении 2, табл. 2.3.

5.7.4. Учет влияния активного сопротивления электрической дуги в месте КЗ и подпитки места КЗ от асинхронных двигателей приведены ниже, а данные по определению активных и индуктивных сопротивлений других элементов короткозамкнутой цепи приведены в приложении 2, табл. 2.4 - 2.9.

5.8. Определение значений токов КЗ [13, 14, 15].

5.8.1. Расчет действующего значения тока "металлического" КЗ (без учета влияния электрической дуги в месте КЗ) производится по формуле:

$$I_{\text{мет}}^{(3)} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \sqrt{R_{\text{кз}}^2 + X_{\text{кз}}^2}}, \text{ кА},$$

где R_{K3} и X_{K3} - результирующие активное и индуктивное сопротивления короткозамкнутой цепи с учетом сопротивления питающей энергосистемы.

5.8.2. Для сетей с параллельной работой трансформаторов рекомендуется определять действующее значение тока КЗ с учетом переходного сопротивления в месте КЗ, путем введения снижающего ток КЗ коэффициента K_g - по формуле:

$$I_K^{(3)} = I_{мет}^{(3)} \cdot K_g, \text{ кА},$$

$K_g < 1$ - поправочный коэффициент, учитывающий переходное сопротивление в месте КЗ, возникающее за счет падения напряжения на электрической дуге в месте КЗ, значение которого

находится в зависимости от соотношения $\frac{X_{K3}}{R_{K3}}$ по номограмме рис. [5.1](#).

5.8.3. Значение ударного тока КЗ находится по формуле:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_K^{(3)}, \text{ кА},$$

K_y - ударный коэффициент, значение которого находится в зависимости от соотношения $\frac{X_{K3}}{R_{K3}}$ по номограмме рис. [5.1](#).

С учетом влияния на ударный ток подпитки от асинхронных двигателей значение $i_{y.АД}$ рекомендуется определять по формуле:

$$i_{y.АД} = i_y + 6,5 \cdot I_{H.АД}, \text{ кА},$$

где $I_{H.АД}$ - суммарное значение номинального тока асинхронных двигателей, подключенных к месту КЗ (см. также п. [5.4](#))

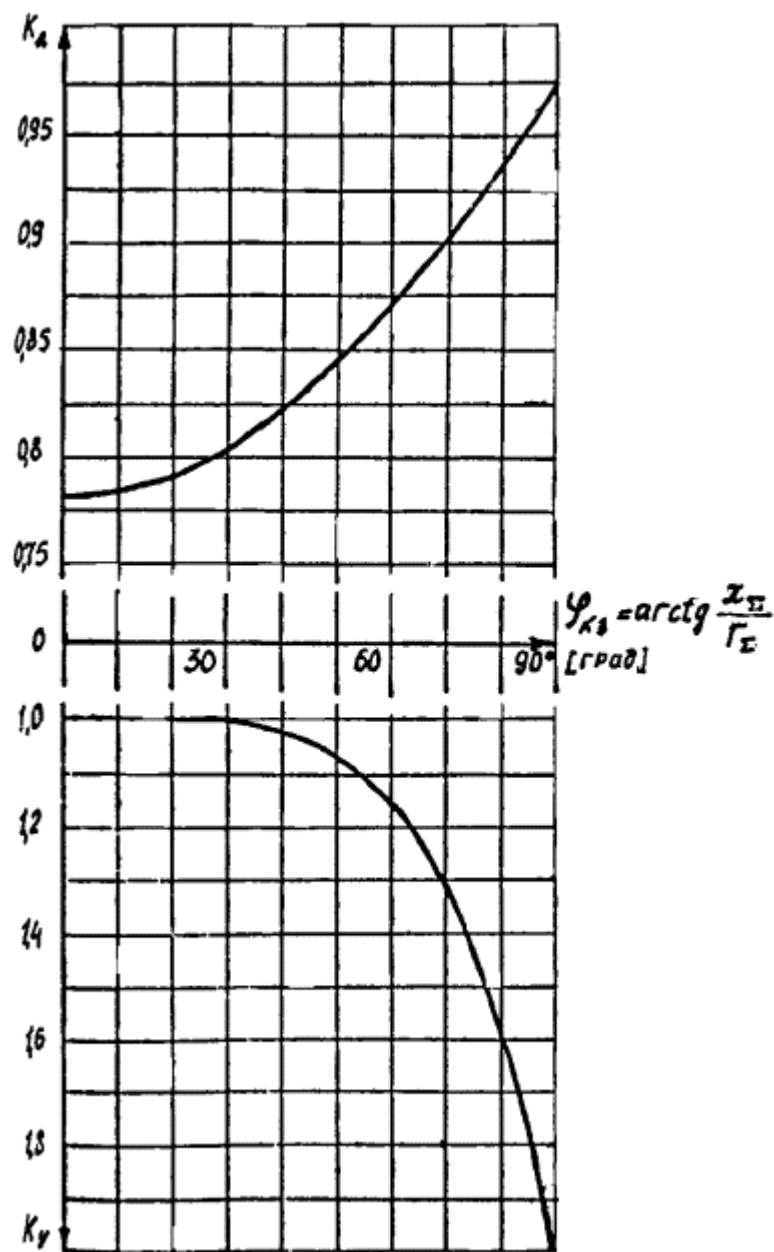


Рис. 5.1. Графики зависимостей коэффициентов K_D и K_Y в функции от φ_{K3} .

6. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ДОПУСТИМЫХ УРОВНЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКОВ КЗ

6.1. При проектировании внутрицеховых сетей с параллельной работой трансформаторов КТП на стороне 0,4 кВ, без применения специальных токоограничивающих устройств, рекомендуется, чтобы уровни токов КЗ в сетях с параллельной работой трансформаторов КТП не превышали значений [3, 17]:

- при применении КТП с трансформаторами мощностью 630 - 1600 кВ·А - значение ударного тока в любой точке сети (с учетом подпитки от асинхронных двигателей) $i_{уд} \leq 70$ кА;

- при применении КТП с трансформаторами мощностью 2500 кВ·А значение ударного тока на сборных шинах РУНН КТП - $i_{уд} \leq 100$ кА, а значение ударного тока на магистральных шинопроводах

- $i_{уд} \leq 100$ кА*.

* Предполагается, что для параллельной работы трансформаторов используются магистральные шинопроводы типа ШМА 4 (испытания шинопровода типа ШМА-4-160044-IV3 на динамическую стойкость к ТКЗ показали, что она составляет не менее 150 кА [18], а значение $i_{уд} \leq 100$ кА лимитируется электрической устойчивостью автоматов АЗ790, применяемых в настоящее время в ответственных коробках шинопровода. При использовании шинопроводов другого типа уровень ТКЗ в такой сети должен превышать допустимых значений для применяемого типа шинопровода.

6.2. Для сетей с параллельной работой трансформаторов КТП на стороне 0,4 кВ рекомендуется, чтобы значения установившегося тока КЗ на сборных шинах РУНН КТП не превышали [3, 17]:

- на КТП с трансформаторами мощностью 630 - 1600 кВ·А - $I_{уст} \leq 50$ кА, а на КТП с

трансформаторами мощностью 2500 кВ·А - $I_{уст} \leq 70$ кА, при времени отключения автоматических выключателей не более 0,4 с на вводе и 0,25 с на линиях к магистральным шинопроводам, подключающим на параллельную работу трансформаторы смежных КТП [3, 17].

6.3. В сетях с параллельной работой трансформаторов рекомендуется, чтобы автоматические выключатели по своей коммутационной способности, как правило, соответствовали (были не ниже) максимального тока КЗ в месте установки выключателя. Допускается использование автоматических выключателей нестойких к максимальным значениям ТКЗ, а также выбранных по значению одноразовой предельной коммутационной способности, при условии, что за данным выключателем по направлению к источнику питания имеется автоматический выключатель, обеспечивающий мгновенное отключение (отсечку) указанного тока КЗ [4, 5]. Данные по ПКС и ОПКС рекомендуемых автоматических выключателей для питающих сетей с параллельной работой КТП приведены в табл. 2.10 приложения 2.

6.4. С целью обеспечения устойчивости к ТКЗ автоматических выключателей, устанавливаемых на ответвлениях от магистральных шинопроводов, допускается предусматривать их установку в конце ответвлений (например, на кабельном вводе в распределительный пункт) длиной до 30 м, рекомендуется также увеличивать индуктивное сопротивление кабельной линии путем применения одножильных кабелей с увеличенными междупазными расстояниями (см. данные табл. 2.1 приложения 2) [3, 4].

6.5. Для возможности повышения уровней ТКЗ в сетях с параллельной работой трансформаторов, по согласованию с заводами-изготовителями КТП, допускается шкафы РУНН, предназначенные для работы с трансформаторами мощностью 2500 кВ·А, применять с трансформаторами меньшей мощности: 630 - 1600 кВ·А.

6.6. При проектировании питающей сети 0,38 кВ с параллельной работой трансформаторов КТП рекомендуется учитывать экономически обоснованные суммарные длины [м] (на один трансформатор) магистральных шинопроводов, которые рассчитаны из условия, что вся мощность трансформатора передается от него в цех по двум магистральным шинопроводам со следующей их суммарной длиной [3]:

Для трансформатора мощностью, кВ·А	Суммарная длина шинопроводов на один трансформатор [м] (при плотности электрической нагрузки цеха, кВ·А/м ²)			
	0,05	0,2	0,5	1,0
630	95 - 160	52 - 66	30 - 42	21 - 35
1000	150 - 250	85 - 105	48 - 67	33 - 56
1600	242 - 400	133 - 167	76 - 106	53 - 88
2500	379 - 625	208 - 260	119 - 167	83 - 139

6.7. При необходимости координации (уменьшения) уровней ТКЗ в сетях 0,38 (0,66) кВ без применения специальных токоограничивающих устройств, рекомендуется подключать магистральные шинопроводы на параллельную работу между собой и к КТП с помощью многоамперных одножильных кабелей, прокладывая эти кабели, с необходимыми (по требуемому индуктивному сопротивлению кабельной вставки) междупазными расстояниями (см. данные табл. 2.3 и 2.8 приложения 2) [3].

6.8. Для обеспечения необходимого уровня ТКЗ в сетях с параллельной работой КТП допускается применение трансформаторов меньшей мощности (большого их количества) или увеличение количества групп параллельно работающих трансформаторов (дроблением мощности групп параллельно работающих трансформаторов), что однако требует большего количества питающих линий 10 (6) кВ и должно решаться соответствующим технико-экономическим обоснованием при проектировании системы внутрицехового электроснабжения конкретного цеха (объекта) (см. также 3.5 и рис. 3) [3].

6.9. Проектирование питающей сети 0,38 (0,66) кВ с параллельной работой трансформаторов рекомендуется выполнять таким образом, чтобы уровни напряжения в послеаварийных режимах (выходе из строя одного из трансформаторов) находились в регламентируемых, действующими стандартами, пределах - отклонения напряжения, при отключении одного из трансформаторов, на зажимах осветительных приборов не должны превышать минус 7,5 % от номинального и минус 10 % для остальных электроприемников [19].

Эти требуемые уровни напряжения у электроприемников обеспечиваются при выполнении питающей сети 0,38 кВ с экономическими длинами магистральных шинопроводов, значения суммарных длин которых на один трансформатор приведены выше в 6.6.

В других случаях, для обеспечения требуемых уровней напряжения в послеаварийных режимах в сетях с параллельной работой трансформаторов рекомендуется секционировать сеть 0,38 (0,66) кВ с возможностью подключения части этой сети к другой группе параллельно работающих трансформаторов КТП (см. также п. 4.7) или применять кольцевые схемы с параллельной работой трансформаторов (см. рис. 4.3).

6.10. Для обеспечения селективной работы аппаратов защиты, в питающих сетях 0,38 (0,66) кВ с параллельно работающими трансформаторами, рекомендуется применять селективные автоматические выключатели, на расцепителях которых временные уставки должны иметь такие значения выдержек времени, при которых обеспечивается гарантированное селективное отключение этих автоматов [4].

6.11. Проблема обеспечения допустимых уровней ТКЗ и напряжений в сетях с параллельной работой трансформаторов может быть решена при любом количестве и мощности трансформаторов, а также при любых расстояниях (по шинопроводу) между параллельно работающими КТП, путем применения в межтрансформаторных связях специальных токоограничителей (самовосстанавливающихся предохранителей с жидкометаллическими контактами)* или установкой на стороне 10 (6) кВ трансформаторов - тиристорных выключателей**.

* В настоящее время ВНИПИ "Тяжпромэлектропроект" разработал технические требования и ТЭО на освоение отечественной электропромышленностью указанных самовосстанавливающихся предохранителей (М. ВНИПИ ТПЭП, 1987 г., шифр: М 60507-2).

** В настоящее время разрабатываются проектные решения по применению в системе внутрицехового электроснабжения комбината "Печенганикель" указанных тиристорных выключателей в соответствии с А.С. СССР № 1334261 "Способ ограничения аварийного тока в замкнутой низковольтной электрической сети".

7. ВОПРОСЫ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

7.1. При наличии электроприемников, отрицательно влияющих на качество электроэнергии и работу электрооборудования (электрическая сварка, тиристорно-выпрямительные агрегаты и др.) в системе внутрицехового электроснабжения с параллельной работой трансформаторов, необходимо, в соответствии с действующими стандартами и нормативно-технической документацией, производить проверку допустимых условий работы электрооборудования с такими электроприемниками по соответствию качества электроэнергии в этой сети требованиям ГОСТ 13109-67 [19, 20, 21].

7.2. Рекомендуется осуществлять совместное питание сварочной нагрузки с другой силовой нагрузкой цеха при условии, что расчетная эффективная мощность сварочных машин не превышает 15 % от суммарной мощности параллельно работающих трансформаторов, а в зоне нагрузки одного трансформатора эффективная мощность сварочных машин не превышает 30 % от мощности одного трансформатора и в работе находятся не менее трех параллельно включенных трансформаторов КТП [20].

7.3. При питании сварочных машин от сети с параллельно работающими трансформаторами, последние должны проверяться на электродинамическую стойкость к повторяющимся пиковым нагрузкам. При этом допускается наибольшая кратность толчковой нагрузки от сварочных машин, работающих в зоне работы одного трансформатора, не превышающая $1,6 S_{НОМ}$ трансформатора, при условии параллельной работы не менее трех трансформаторов КТП [10, 20].

7.4. В сетях с параллельной работой трансформаторов допустимый ГОСТ 13109-67 коэффициент несинусоидальности обеспечивается при условии, что суммарная нагрузка сварочных машин регулируемыми игнитронными или тиристорными контакторами составляет не более 50 % от суммарной мощности параллельно работающих трансформаторов, а в зоне работы одного трансформатора нагрузка сварочных машин может достигать 100 % мощности трансформатора при условии, что в работе находятся не менее трех параллельно включенные трансформаторы КТП [20] и отсутствуют другие вентильные нагрузки.

7.5. При наличии в сетях с параллельной работой трансформаторов нелинейных нагрузок использование конденсаторных батарей в качестве компенсаторов реактивной мощности допускается при условии [21]:

$$\frac{S_K}{S_{НЛ}} \geq 200$$

- для вентильной нагрузки: при $\frac{S_K}{S_{НЛ}} \geq 200$;

$$\frac{S_K}{S_{НЛ}} \geq 100$$

- для прочих нелинейных нагрузок: при $\frac{S_K}{S_{НЛ}} \geq 100$,

где S_K - мощность короткого замыкания;

$S_{НЛ}$ - суммарная мощность нелинейной нагрузки.

При невыполнении вышеуказанных условий батареи конденсаторов могут применяться только с защитным реактором или должны использовать фильтры. В случае затруднения выполнения перечисленных условий, рекомендуется выделять для питания электроприемников с нелинейными нагрузками - отдельные группы параллельно работающих трансформаторов, а компенсацию реактивной мощности производить за счет других сетей, не имеющих нелинейные нагрузки, что решается при конкретном проектировании и соответствующем технико-экономическом обосновании.

7.6. В сетях с параллельной работой трансформаторов, рекомендуется необходимую расчетную суммарную мощность конденсаторных батарей, предназначенных для компенсации реактивной мощности в зоне работы одного трансформатора, разбивать на группы (по числу магистральных шинопроводов, подключенных к данной КТП) с распределением этой мощности конденсаторных батарей между шинопроводами пропорционально их реактивным нагрузкам. Рекомендуется также расчетную мощность конденсаторных батарей каждого шинопровода разбивать на две группы - регулируемую конденсаторную установку, устанавливаемую вблизи КТП, а вторую группу - нерегулируемую конденсаторную установку, размещаемую на расстоянии 0,25 - 0,5 длины магистрального шинопровода от КТП [3, 21].

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет о НИР: "Анализ возможности повышения эффективности работы трансформаторов в системах электроснабжения промышленных предприятий и определение направлений дальнейших разработок". - М.: ВНИПИ ТПЭП, 1985, инв. № 0286.0084658, арх. № 395.
2. Отчет о НИР: "Проведение технико-экономических расчетов и исследований по рациональному построению систем электроснабжения промышленных предприятий напряжением 0,38 - 0,66 кВ параллельно работающими трансформаторами". - М.: ВНИПИ ТПЭП, 1986, инв. № 0287.0019509, арх. № 469.
3. Отчет о НИР: "Анализ технико-экономических показателей замкнутых систем электроснабжения с параллельной работой трансформаторов на напряжении 0,4 кВ". - Л.: ЛПИ, 1987, шифр темы: 203504.
4. Правила устройства электроустановок. - М.: Энергоатомиздат, 1985.
5. Инструкция по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий. СН 354-77. - М.: Стройиздат, 1977.
6. Инструкция по проектированию электроснабжения промышленных предприятий. [СН 174-75](#), - М.: Стройиздат, 1976.
7. Руководящий технический материал "Электротехнические расчеты в проектах". Вып. 2. Расчетные коэффициенты электрических нагрузок. ГИПРОАВТОПРОМ. 1984, РТМ 37.047.041-84, арх. № 19479.
8. Нормативы удельных показателей расхода электроэнергии для проектирования предприятий Минавтопрома - ГИПРОАВТОПРОМ, 1982, РТМ 37.047.023-82, арх. № 19104.
9. В.А. Козлов и др. Справочник по проектированию электроснабжения городов. - Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское деление, 1986.
10. ГОСТ 11677-75. Трансформаторы силовые. Общие технические требования.
11. ГОСТ 14209-85. Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки.
12. Технические условия ТУ 36.18.29.01-11.87. Шинопроводы магистральные ШМА 4 на 1600 А.
13. Проект Государственного стандарта СССР "Короткие замыкания в электроустановках. Методика расчета в электроустановках напряжением до 1 кВ". 2-я редакция, Москва, ВНИИЭ-МЭИ, 1987.
14. Пособие по расчету токов короткого замыкания в сетях до 1000 В промышленных предприятий. - М.: ВНИПИ ТПЭП, 1986: М60407_2.
15. Брон О.Б., Шестиперов Ю.И. О токах короткого замыкания в мощных сетях напряжением до 1000 В - Электричество, 1979, № 2.
16. Отчет о НИР: "Исследование и разработка рекомендаций по выбору числа и мощности трансформаторных подстанций электрических сетей до 1000 В". - М.: ВНИПИ ТПЭП, 1985, инв. № 0286.0084658, арх. № 397.
17. Технические условия ТУ 16-530.295-83. Подстанции трансформаторные комплектные мощностью от 630 до 2500 кВ·А на напряжение 6 - 10 кВ.
18. Протокол № 1269 испытаний на электродинамическую и термическую стойкость к токам КЗ магистрального шинопровода типа ШМА 4-1600. НИЦ ВВА, тема: 2.5.87, 1987.
19. ГОСТ 13109-67. Нормы качества электрической энергии у ее приемников, присоединенных к электрическим сетям общего назначения (с изменением). - Введ. 01.08.79.
20. Рекомендации по расчету электрических нагрузок и выбору сетей, питающих установки для контактной сварки. - М.: ВНИПИ ТПЭП, 1983, шифр: М788-917.
21. Указания по проектированию компенсации реактивной мощности в электрических сетях промышленных предприятий. М788-930. - М.: ВНИПН ТПЭП 1984.

Приложение 1

НОРМАТИВЫ УДЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ И РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МИНАВТОПРОМА

Данные настоящего приложения (таблицы [1.1](#) - [1.5](#)) приведены из руководящих технических материалов Гипроавтопрома: РТМ 37.047.023-82 (Инв. (арх.) № 19104) и РТМ 37.047.041-84 выпуск 2 (Арх. № 19479)

Таблица 1.1

Заводы, корпуса, цехи участки производства сдельные виды работ.	Коэфф. спроса K_C	Удельная потребляемая мощ. на 1 м ² общ. пл., кВт/м ²	Расход электроэнергии, кВт·ч/год, на:	
			1 м ² общей площади	единицу готовой продукции, шт, т, м ² и т.п.
1	2	3	4	5
1. <u>Заводы легковых автомобилей.</u>	0,38	0,16	620	2250 / шт
1.1. Главный корпус, в том числе:	0,35	0,15	550	850 / шт
1.1.1. Сборочно-кузовое производство	0,4	0,14	550	-
1.1.2. Механико-сборочное производство	0,3	0,16	575	-
1.2. Прессово-штамповочное производство	0,38	0,087	350	275 / т
1.3 Модельный цех	0,35	0,09	245	-
1.4. Пакетировочный участок	0,4	0,15	650	-
1.5 Скрапоблок	0,5	0,08	250	-
1.6. Чугуно-литейный корпус, в том числе:	0,55	0,45	2400	2750 / т
1.6.1. Плавильный участок	0,55	11,5	38000	-
1.6.2. Заливочно-формовочно-выбивной участок	0,4	0,1	260	-
1.6.3. Смесеприготовительный участок	0,4	0,28	880	-
1.6.4. Стержневой и термообрубной участки	0,5	0,11	415	-
1.7. Корпус алюминиевого литья	0,55	0,18	708	1870 / т
1.8. Корпус мелкого литья	0,47	0,37	1500	2740 / т
1.9. Кузнечный корпус (пресс. оборуд.)	0,4	0,35	1400	.1260/т
1.10. Корпус вспомогательных цехов, в том числе:	0,29	0,1	350	-
1.10.1. Инструментальный цех	0,25	0,1	355	-
1.10.2. Цех производства запасных частей. Оборуд.	0,24	0,1	330	-
1.10.3. Ремонтно-литейный цех	0,38	0,25	1100	2400 / т
1.10.4. Ремонтно-кузнечный цех	0,4	0,1	340	380 / т
1.10.5. Деревомодельный цех (с электрической сушкой древесины)	0,45	0,06	200	1400 / м ³
1.11. Корпуса (цехи), здания и сооружения вспомогательных производств и подсобных служб	0,35	0,13	384	-
1.12. Административно-бытовые здания и помещения общезаводского назначения	0,6	0,1	240	-
1.13 Электроосвещение всех помещений и площадок производственных корпусов	0,85	0,022	48	-
1.14. Электроосвещение территории завода	1,0	2,3·10 ⁻⁴	0,6	-
2. <u>Заводы грузовых автомобилей грузоподъемностью от 1 до 8 т</u>	0,35	0,16	640	15750 / шт
2.1. Главный корпус, в том числе:	0,34	0,121	518	1440 / шт
2.1.1. Цех сборки автомобилей	0,32	0,065	215	-
2.1.2. Сварочный цех	0,28	0,157	522	-
2.1.3. Цех окраски	0,50	0,15	600	-
2.1.4. Термический цех	0,55	0,47	1850	-
2.1.5. Цех металлопокрытий	0,43	0,11	430	-
2.1.6. Механо-сборочный корпус, в том числе:	0,34	0,115	54	530 / т
2.2.1. Цех механической обработки деталей и узлов и их сборки	0,14	0,043	150	-
2.2.2. Цех металлопокрытий	0,45	0,3	490	-
2.2.3. Участки сварки, окраски, термообработки	0,4	0,135	400	-
2.3. Прессово-кузовной корпус в том числе:	0,38	0,175	382	650 / шт
2.3.1. Сварочно-сборочный цех	0,29	0,152	510	-
2.3.2. Цех холодной штамповки	0,16	0,021	100	-
2.3.3. Цех окраски	0,45	0,33	1320	-
2.4. Сталелитейный корпус	0,55	0,6	2300	2340 / т
2.5. Чугунолитейный корпус	0,55	0,41	1900	2100 / т
2.6. Агрегатный корпус	0,3	0,17	650	620 / т
2.7. Автоматный корпус	0,3	0,13	400	520 / т
2.8. Модельный корпус	0,32	0,06	224	-
2.9. Термогальванический корпус	0,45	0,39	1750	1300 / т
2.10. Экспериментально-сдаточный корпус	0,28	0,04	150	-
2.11. Деревообрабатывающий корпус (с электрич. сушкой древесины)	0,45	0,05	190	1740 / м ³
2.12. Прессовый корпус	0,35	0,06	230	254 / т
2.13. Корпус ведущих мостов	0,35	0,18	550	680 / шт
2.14. Корпус вспомогательных цехов	0,29	0,11	450	-
2.15. Корпуса (цехи), здания и сооружения вспомогательных производств и подсобных служб	0,33	0,11	360	-
2.16. Административно-бытовые здания и помещения общезаводского назначения	0,55	0,1	260	-

2.17. Электроосвещение всех помещений и площадок производственных корпусов	0,85	0,015	48	-
2.18. Электроосвещение территории завода	1,0	$4 \cdot 10^{-4}$	0,75	-
3. <u>Заводы грузовых автомобилей грузоподъемностью от 8 до 15 т</u>	0,38	0,18	730	2200 / шт
3.1. Главный корпус, в том числе:	0,34	0,13	500	2500 / шт
3.1.1. Механо-сборочный цех	0,28	0,11	430	-
3.1.2.. Цех сборки и испытания автомобилей	0,28	0,11	430	-
3.2. Сдаточный корпус, в том числе:	0,45	0,04	147	140 / шт
3.2.1. Цех комплектации и сдачи автомобилей	0,4	0,04	105	65 / шт
3.3. Термогальванический корпус, в том числе:	0,45	0,19	850	570 / комп.
3.3.1. Термический цех	0,52	0,16	730	272 / комп.
3.3.2. Гальванический цех	0,4	0,16	680	154 / комп.
3.4. Автоматный корпус	0,3	0,12	420	540 / т
3.5. Кузнечно-штамповое производство	0,45	0,2	910	1400 / т
3.6. Прессово-рамное производство	0,38	0,14	560	1500 / комп.
3.7. Корпус двигателей, в том числе:	0,37	0,13	570	1600 / шт
3.7.1. Цех механической обработки деталей двигателей	0,17	0,1	390	-
3.7.2. Цех термической обработки деталей двигателей	0,55	0,9	4000	-
3.7.3. Цех сборки и испытаний двигателей	0,18	0,12	450	-
3.8. Чугунолитейное производство	0,55	0,32	1700	2350 / т
3.9. Сталелитейное производство	0,55	0,35	1710	3580 / т
3.10. Производство цветного литья	0,52	0,2	970	3700 / т
3.11. Ремонтно-инструментальное производство, в том числе:	0,8	0,06	188	-
3.11.1. Ремонтно-инструментальный цех	0,28	0,1	342	-
3.11.2. Ремонтно-кузнечный цех	0,3	0,14	510	1040 / т
3.11.3. Ремонтно-литейный цех	0,45	0,16	780	1300 / т
3.11.4. Электроремонтный цех	0,35	0,09	294	-
3.11.6. Цех ремонта внутрицехового транспорта	0,4	0,13	450	-
3.12. Производство запасных частей для грузовых автомобилей, в том числе:	0,44	0,23	780	4600 / т
3.12.1. Главный корпус	0,35	0,2	690	1360 / т
3.12.2. Кузнечный корпус (пресс. обор.)	0,42	0,35	1320	1300 / т
3.12.3. Корпус вспомогательных цехов	0,31	0,17	560	-
3.12.4. Термогальванический корпус	0,45	0,25	1120	1290 / т
3.12.5. Деревообрабатывающий корпус (без электр. сушилки древесины)	0,3	0,12	460	193 / м ³
3.13. Корпуса (цехи), здания и сооружения вспомогательных производства и подсобных служб	0,35	0,11	350	-
3.14. Административно-бытовые здания и помещения общезаводского назначения	0,55	0,1	230	-
3.15. Электроосвещение всех помещений и площадок производственных корпусов	0,85	0,014	40	-
3.16. Электроосвещение территории завода	1,0	$2,5 \cdot 10^{-4}$	0,4	-
4. <u>Завода грузовых автомобилей грузоподъемностью выше 15 т</u>	0,35	0,1	320	25000 / шт
4.1. Механо-сборочный корпус, в том числе:	0,3	0,15	320	15200 / шт
4.1.1. Механо-сборочный цех	0,24	0,08	270	-
4.1.2. Цех сборки и испытаний автомобилей	0,11	0,02	70	-
4.1.3. Заготовительный цех	0,2	0,04	90	-
4.1.4. Прессовый цех	0,35	0,1	200	-
4.1.5. Термический цех	0,5	0,5	1700	-
4.1.6. Рамно-кузовной цех	0,35	0,1	320	-
4.1.7. Сварочный цех	0,3	0,1	380	-
4.1.8. Цех программных станков	0,21	0,07	210	-
4.2. Производство стального литья	0,55	0,5	2150	4400 / т
4.3. Производство чугунного литья	0,55	0,45	2100	4800 / т
4.4. Кузнечный корпус (прессовое оборудование)	0,45	0,4	1900	1450 / т
4.5. Корпус вспомогательных цехов, в том числе:	0,31	0,16	500	21 / м ²
4.5.1. Инструментальный цех	0,35	0,5	500	-
4.5.2. Автоматный цех	0,25	0,08	380	-
4.6. Корпуса (цехи), здания и сооружений вспомогательных производств	0,32	0,11	370	-
4.7. Административно-бытовые здания и помещения общезаводского назначения	0,55	0,1	230	-
4.8. Электроосвещение всех помещений и площадок производственных корпусов	0,85	0,137	40	-
4.9. Электроосвещение территории завода	1,0	$2,3 \cdot 10^{-4}$	0,4	-
5. <u>Автобусные заводы</u>	0,3	0,12	450	6700 /
5.1. Главный корпус, в том числе:	0,36	0,1	360	1020 /
5.1.1. Сборочно-сварочный цех	0,35	0,08	216	-

5.1.2. Цех механической обработки деталей	0,18	0,06	198	-
5.1.3. Цех термической обработки деталей	0,5	0,7	4500	-
5.1.4. Цех металлопокрытий	0,4	0,07	236	-
5.1.5. Цех окраски	0,45	0,18	695	-
5.1.6. Цех сборки и испытаний автобусов	0,3	0,03	90	-
5.2. Механо-сборочный корпус	0,32	0,13	550	3500 / шт
5.3. Прессово-кузовной корпус	0,37	0,12	500	1270 / шт
5.4. Автоматно-механический цех	0,3	0,17	440	560 / т
5.5. Сдаточный корпус	0,31	0,1	350	320 / шт
5.6. Деревообрабатывающий корпус (без электр. сушики древесины)	0,35	0,11	290	395 / м ³
5.7. Литейный цех	0,55	0,27	880	1150 / т
5.8. Корпус вспомогательных цехов	0,31	0,11	330	-
5.9. Корпуса (цехи), здания и сооружения вспомогательных производств и подсобных служб	0,34	0,1	300	-
5.10. Административно-бытовые здания и помещения общезаводского назначения	0,6	0,1	240	-
5.11. Электроосвещение всех помещений и площадок производственных корпусов	0,85	0,014	45	-
5.12. Электроосвещение территории завода	1,0	2,6·10 ⁻⁴	0,7	-
6. <u>Заводы автомобильных двигателей</u>	0,35	0,17	700	3875 / шт
6.1. Главный корпус, в том числе:	0,31	0,14	54.	2360 / шт
6.1.1. Механо-сборочный	0,25	0,09	350	-
6.1.2. Автоматный цех	0,28	0,08	380	-
6.1.3. Термический цех	0,55	1,0	4200	-
6.1.4. Цех металлопокрытий	0,4	0,2	750	-
6.1.5. Цех окраски	0,5	0,15	600	-
6.1.6. Цех сборки, испытаний и сдачи двигателей	0,16	0,11	520	-
6.2. Механо-сборочный корпус	0,22	0,1	580	975 / шт
6.3. Кузнечный корпус (молотов. обор.)	0,38	0,22	1250	480 / т
6.4. Сталелитейное производство	0,55	0,6	2450	3000 / т
6.5. Чугунолитейное производство	0,55	0,42	2000	2200 / т
6.6. Производство цветного литья	0,55	0,4	1600	2350 / т
6.7. Прессово-сварочное производство	0,35	0,1	390	278 / т
6.8. Термогальванический корпус, в том числе:	0,45	0,25	960	680 / т
6.8.1. Термический цех	0,55	0,4	1030	1200 / т
6.8.2. Цех металлопокрытий	0,4	0,15	580	25 / м ²
6.9. Деревообрабатывающий корпус (без электр. сушики древесины)	0,35	0,1	420	198 / м ³
6.10. Производство капитального ремонта автомобильных двигателей, в том числе:	0,3	0,12	680	2500 / шт
6.10.1. Главный корпус	0,28	0,11	450	2250 / шт
6.10.2. Станция испытаний двигателей	0,32	0,22	890	-
6.11. Корпус вспомогательных цехов	0,29	0,1	350	-
6.12. Корпуса (цехи), здания и сооружения производств и подсобных служб	0,34	0,12	390	-
6.13. Административно-бытовые здания и помещения общезаводского назначения	0,55	0,1	254	-
6.14. Электроосвещение всех помещений и площадок производственных корпусов	0,85	0,018	40	-
6.15. Электроосвещение территории завода	1,0	3,5·10 ⁻⁴	0,6	-
7. <u>Заводы мотоциклов с колясками</u>	0,35	0,13	570	1588 / шт
7.1. Механо-сборочный корпус, в том числе:	0,35	0,21	880	260 / шт
7.1.1. Цех механической обработки деталей	0,27	0,1	370	-
7.1.2. Автоматный цех	0,19	0,07	270	-
7.1.3. Цех сборки и сварки	0,28	0,16	620	-
7.1.4. Термический цех	0,5	0,3	1180	-
7.2. Моторный корпус, в том числе:	0,32	0,21	850	200 / шт
7.2.1. Механический цех	0,25	0,1	500	-
7.2.2. Термический цех	0,5	0,6	2430	-
7.2.3. Цех сборки и испытаний	0,15	0,06	30	-
7.3. Сборочно-сварочный корпус, в том числе:	0,35	0,2	830	1000 / т
7.3.1. Прессовый цех	0,35	0,1	380	-
7.3.2. Сварочный цех	0,3	0,2	800	-
7.3.3. Сборочный цех	0,2	0,03	120	-
7.3.4. Окрасочный цех	0,45	0,35	1370	-
7.4. Гальванический корпус	0,4	0,13	500	572 / т
7.5. Корпус цветного литья	0,55	0,27	1030	2600 / т
7.6. Корпус чугунного литья	0,5	0,41	1640	2100 / т
7.7. Кузнечный корпус (молотов. обор.)	0,38	0,25	900	1100 / т
7.8. Корпус запасных частей	0,25	0,1	350	1000 / т
7.9. Корпус вспомогательных мхов	0,3	0,1	470	-

7.10. Корпуса (цехи), здания и сооружения вспомогательных производств и подсобных служб	0,35	0,07	230	-
7.11. Административно-бытовые здания и помещения общезаводского назначения	0,55	0,1	240	.
7.12. Электроосвещение всех помещений и площадок производственных корпусов	0,85	0,014	40	-
7.13. Электроосвещение территории завода	1,0	$2,4 \cdot 10^{-4}$	0,5	-
8. <u>Мотоциклетные заводы без колясок и велосипедные заводы</u>	0,32	0,1	370	650 / шт
8.1. Механо-сборочный корпус, в том числе:	0,2	0,1	300	130 / шт
8.1.1. Механический цех	0,18	0,1	380	-
8.1.2. Автоматный цех	0,2	0,1	460	-
8.1.3. Термический участок	0,55	0,4	3100	-
8.1.4. Гальванический цех	0,35	0,2	520	-
8.2. Сварочно-сборочный корпус, в том числе:	0,3	0,18	400	460 / т
8.2.1. Сварочный цех	0,2	0,05	185	-
8.2.2. Сборочный цех	0,25	0,2	300	-
8.2.3. Окрасочный участок	0,5	0,5	980	-
8.3.4. Сдаточный участок	0,42	0,05	140	-
8.3. Литейное производство	0,55	0,33	1700	1470 / т
8.4. Кузнечный корпус	0,38	0,12	770	550 / т
8.5. Цех металлопокрытий	0,4	0,12	440	550 / т
8.6. Моторный корпус, в том числе:	0,25	0,22	855	150 / т
8.6.1. Механически цех	0,25	0,13	380	-
8.6.2. Термический цех	0,5	0,6	2430	-
8.6.3. Автоматный цех	0,2	0,08	275	-
8.6.4. Цех сборки и испытаний	0,15	0,06	30	-
8.7. Прессово-сварочный корпус, в том числе:	0,35	0,1	250	220 / т
8.7.1. Прессовый цех	0,35	0,07	230	-
8.7.2. Сварочный цех	0,28	0,16	522	-
8.7.3. Окрасочный цех	0,5	0,15	600	-
8.8. Корпус запасных частей	0,25	0,1	390	700 / т
8.9. Корпуса (цехи), здания и сооружения вспомогательных производств и подсобных служб	0,32	0,08	250	-
8.10. Административно-бытовые здания и помещения общезаводского назначения	0,55	0,1	200	-
8.11. Электроосвещение всех помещений и площадок производственных корпусов	0,85	0,017	38	-
8.12. Электроосвещение территории завода	1,0	$2,0 \cdot 10^{-4}$	0,5	-
9. <u>Автоагрегатные заводы</u>	0,3	0,13	380	365 / комп
9.1. Механо-сборочный корпус, в том числе:	0,3	0,12	470	-
9.1.1. Цех механической обработки деталей	0,25	0,14	-	-
9.1.2. Заготовительный участок	0,15	0,25	755	-
9.1.3. Термический цех	0,55	0,6	3200	-
9.1.4. Цех металлопокрытий	0,4	0,1	400	-
9.1.5. Участок окраски	0,5	0,3	700	-
9.2. Лабораторно-экспериментальный корпус	0,3	0,1	214	-
9.3 Кузнечный корпус (молот. оборуд.)	0,38	0,16	640	1100 / т
9.4. Деревообрабатывающий корпус (с электр. суш. древесины)	0,45	0,07	260	1300 / м ³
9.5. Корпуса (цехи), здания и сооружения вспомогательных производств и подсобных служб	0,35	0,08	250	-
9.6. Административно-бытовые здания и помещения общезаводского назначения	0,53	0,1	230	-
9.7. Электроосвещение всех помещений и площадок производственных корпусов	0,85	0,016	40	-
9.8. Электроосвещение территории завода	1,0	$2,0 \cdot 10^{-4}$	0,45	-
10. <u>Заводы автотракторного электрооборудования и приборов</u>	0,35	0,1	400	-
10.1. Прессовый цех	0,35	0,12	390	-
10.2. Автоматный цех	0,28	0,17	480	-
10.3. Механический цех	0,23	0,1	300	-
10.4. Цех металлопокрытий	0,4	0,27	940	-
10.5. Цех окраски	0,45	0,3	1000	-
10.6. Цех намотки	0,2	0,09	240	-
10.7. Термический цех	0,5	0,4	1250	-
10.8. Цех сборки	0,25	0,07	280	-
10.9. Цех вспомогательных и подсобных служб	0,32	0,07	200	-
10.10. Административно-бытовые здания и помещения общезаводского назначения	0,55	0,1	230	-
10.11. Электроосвещение всех помещений и площадок производственных корпусов	0,85	0,09	-	-

10.12. Электроосвещение территории завода	1,0	2,6·10 ⁻⁴	0,5	-
11. <u>Заводы автономалей</u>	0,28	0,1	265	1450 / т
11.1. Главный корпус	0,26	0,18	560	1200 / т
11.2. Корпус вспомогательных цехов	0,3	0,15	237	-
11.3. Корпуса (цехи), здания и сооружения вспомогательных производств и подсобных служб	0,33	0,07	230	-
11.4. Административно-бытовые здания и помещения общезаводского назначения	0,55	0,1	237	-
11.5. Электроосвещение всех помещений и площадок производственных корпусов	0,85	0,02	40	-
11.6. Электроосвещение территории завода	1,0	2,3·10 ⁻⁴	0,4	-
12. <u>Подшипниковые заводы</u>	0,32	0,21	850	5,6 / шт
12.1. Главный корпус, в том числе:	0,38	0,2	790	2,4 / шт
12.1.1. Цех механической обработки деталей подшипников	0,28	0,14	510	-
12.1.2. Автоматно-токарный цех	0,3	0,13	600	-
12.1.3. Термический цех	0,55	0,9	3600	-
12.1.4. Шлифовально-сборочный цех	0,26	0,03	90	-
12.2. Кузнечно-литейный корпус, в том числе:	0,45	0,4	1240	1910
12.2.1. Кузнечный цех	0,38	0,37	665	970 / т
12.2.2. Литейный цех	0,55	0,5	1750	450 /
12.3. Кузнечно-прессовый корпус, в том числе:	0,38	0,6	3700	320 / т
12.3.1. Молотовый кузнечный цех	0,38	0,3	580	-
12.4. Блок производственных цехов, в том числе:	0,34	0,24	870	-
12.4.1. Цех мелких серий подшипников	0,28	0,23	820	-
12.4.2. Дох точных подшипников	0,27	0,25	930	-
12.4.3. Цех автоматических линий	0,35	0,32	1450	-
12.4.4. Цех нестандартизированного оборудования	0,3	0,07	147	-
12.4.5. Сепараторный цех	0,26	0,11	415	-
12.5. Абразивно-алмазный цех	0,35	0,144	685	-
12.6. Корпуса (цехи), здания, сооружения вспомогательных производств и подсобных служб	0,32	0,08	280	-
12.7. Административно-бытовые здания и помещения общезаводского назначения	0,6	0,1	250	-
12.8. Электроосвещение всех помещений и площадей производственных корпусов	0,85	0,018	37	-
12.9. Электроосвещение территории завода	1,0	2,6·10 ⁻⁴	0,6	-
13. <u>Кузнечные заводы</u>	0,38	0,22	880	1240 / т
13.1. Кузнечный корпус с прессовым оборудованием, в том числе:	0,4	0,23	940	1060 / т
13.1.1. Штамповочный цех	0,4	0,2	840	-
13.1.2. Термический цех	0,55	0,15	810	-
13.1.3. Заготовительный цех	0,4	0,12	380	-
13.1.4. Цех автоматических линий	0,35	0,4	1330	-
13.2. Кузнечный корпус с молотовым оборудованием, в том числе:	0,35	0,23	1200	1150 / т
13.2.1. Молотовый цех	0,35	0,45	1150	-
13.2.2. Термический цех	0,55	0,6	2700	-
13.2.3. Заготовительный участок	0,3	0,2	540	-
13.3. Корпуса (цехи), здания и сооружения вспомогательных производств и подсобных служб	0,32	0,2	320	-
13.4. Административно-бытовые здания и помещения общезаводского назначения	0,55	0,1	235	-
13.5. Электроосвещение всех помещений и площадок производственных корпусов	0,85	0,015	40	-
13.6. Электроосвещение территории завода	1,0	2,6·10 ⁻⁴	0,45	-
14. <u>Литейные заводы</u>	0,46	0,25	1450	3250 / т
14.1. Чугуно-литейный корпус, в том числе:	0,55	0,3	1580	2840 / т
14.1.1. Плавильный цех	0,55	1,75	9200	-
14.1.2. Заливочно-формовочный цех	0,4	0,15	520	-
14.1.3. Стержневой цех	0,4	0,016	60	-
14.1.4. Термообрубной цех	0,5	0,07	260	-
14.1.5. Смесеприготовительный участок	0,45	0,25	1120	-
14.2. Корпус стального литья, в том числе:	0,55	0,32	1800	3036 / т
14.2.1. Плавильный участок	0,55	1,05	35000	-
14.2.2. Заливочно-формовочный выбивной участок	0,4	1,03	360	-
14.2.3. Смесеприготовительный участок	0,45	0,4	1100	-
14.2.4. Стержневой участок	0,4	0,2	50	-
14.2.5. Термообрубной участок	0,5	0,07	260	-
14.3. Корпус цветного литья, в том числе:	0,55	0,3	850	4500 / т
14.3.1. Цех алюминиевого литья	0,55	0,4	1500	4600 / т
14.3.2. Цех бронзового, цинкового и латунного литья	0,5	0,4	1600	3400 / т
14.4. Корпус точного стального литья	0,55	0,3	1420	8500 / т

14.5. Корпуса (цехи), здания и сооружения вспомогательных производств и подсобных служб	0,3	0,1	325	-
14.6. Административно-бытовые здания и помещения общезаводского назначения	0,55	0,1	240	-
14.7. Электрическое освещение всех помещений и площадок производственных корпусов	0,85	0,021	60	-
14.8. Электрическое освещение территории завода	1,0	$2,8 \cdot 10^{-4}$	0,4	-
15. <u>Заводы автомобильных прицепов</u>	0,37	0,2	782	7100 / шт
15.1. Главный корпус, в том числе:	0,39	0,2	618	1340 / шт
15.1.1. Механо-сборочный цех	0,3	0,095	283	-
15.1.2. Автоматный цех	0,35	0,116	300	-
15.1.3. Термический цех	0,5	0,33	1600	-
15.1.4. Цех металлопокрытий	0,4	0,132	370	-
15.1.5. Цех окраски	0,45	0,415	1280	-
15.1.6. Цех сборки и сдачи	0,35	0,056	180	-
15.2. Прессово-сварочный корпус, в том числе:	0,35	0,161	430	200 /
15.2.1. Сборочно-сварочный цех	0,23	0,28	460	-
15.2.2. Цех холодной штамповки	0,27	0,054	185	-
15.2.3. Сталелитейный корпус, в том числе:	0,55	0,75	3600	3500
15.3.1. Плавильный участок	0,55	2,4	11000	-
15.3.2. Термообрубной участок	0,5	0,18	580	-
15.3.3. Формовочно-заливочный участок	0,4	0,056	165	-
15.3.4. Стержневой участок	0,4	0,35	1025	-
15.3.5. Окрасочный участок	0,45	0,12	340	-
15.4. Чугуно-литейный корпус, в том числе:	0,5	0,54	2000	2500 / т
15.4.1. Плавильный участок	0,55	1,1	3400	-
15.4.2. Формовочно-заливочный участок	0,4	0,056	1380	-
15.4.3. Стержневой участок	0,4	0,087	285	-
15.4.4. Термообрубной участок	0,5	0,17	570	-
15.4.5. Окрасочный участок	0,45	0,098	300	-
15.5. Блок литейных цехов, в том числе:	0,4	0,34	1180	-
15.5.1. Ремонтно-литейный цех	0,4	0,5	1100	-
15.5.2. Цех точного литья	0,5	0,9	1200	-
15.5.3. Цех цветного литья	0,5	1,1	3600	-
15.6. Кузнечный корпус, в том числе:	0,4	0,54	1750	1250 / т
15.6.1. Заготовительный участок	0,4	0,24	700	-
15.6.2. Кузнечно-штамповочный участок	0,45	1,35	4500	-
15.6.3. Термический участок	0,55	0,29	1250	-
15.6.4. Окрасочный участок	0,45	0,6	1470	-
15.6.5. Ремонтно-кузнечный участок	0,4	0,142	376	-
15.7. Деревообрабатывающий корпус (с част. электр. суш. древесины)	0,4	0,09	220	870 / м ³
15.8. Корпус вспомогательных цехов	0,31	0,12	460	-
15.9. Корпуса (цехи), здания и сооружения вспомогательных производств и подсобных служб	0,33	0,11	380	-
15.10 Административно-бытовые здания и помещения общезаводского назначения	0,56	0,1	250	-
15.11. Электроосвещение помещений производственных корпусов	0,85	0,016	44	-
15.12. Электроосвещение территории завода	1,0	$2,8 \cdot 10^{-4}$	0,5	-
16. <u>Рессорные заводы</u>	0,38	0,17	630	360 / т
16.1. Корпус рессор, в том числе:	0,38	0,14	660	300 / т
16.1.1. Заготовительный цех	0,35	0,13	472	-
16.1.2. Прессовый цех	0,36	0,1	310	-
16.1.3. Термический цех	0,55	0,5	2000	-
16.1.4. Цех окраски	0,5	0,3	1250	-
16.1.5. Цех сборки и испытаний рессор	0,21	0,004	140	-
16.1.6. Цех комплектации	0,4	0,003	60	-
16.2. Корпус вспомогательных цехов	0,3	0,13	460	-
16.3. Корпуса (цехи), здания и сооружения вспомогательных производств и подсобных служб	0,33	0,08	260	-
16.4. Административно-бытовые здания и помещения общезаводского назначения	0,53	0,1	230	-
16.5. Электроосвещение помещений производственных корпусов	0,85	0,025	40	-
16.6. Электроосвещение территории завода	1,0	$2,3 \cdot 10^{-4}$	0,45	-
17. <u>Колесные заводы</u>	0,37	0,29	1080	450 / т
17.1. Колесный корпус, в том числе:	0,35	0,125	940	325 / т
17.1.1. Заготовительный цех	0,37	0,155	370	-
17.1.2. Производство колес	0,32	0,38	1500	-
17.1.3. Цех окраски колес	0,5	0,42	1250	-
17.1.4. Цех комплектации	0,4	0,002	62	-

17.2. Корпус вспомогательных цехов	0,3	0,13	400	-
17.3. Корпуса (цехи), здания и сооружения вспомогательных производств и подсобных служб	0,35	0,1	300	-
17.4. Административно-бытовые здания и помещения общезаводского назначения	0,55	0,1	260	-
17.5. Электроосвещение помещений производственных корпусов	0,85	0,02	45	-
17.6. Электроосвещение территории завода	1,0	$2,3 \cdot 10^{-4}$	0,42	-

Таблица 1.2

Нормативы удельных показателей потребляемой мощности и расхода электроэнергии для проектирования предприятий Минавтопрома

Заводы	Коэфф. спроса Kс	Удельная потребляемая мощн. на 1 м ² общ. пл. кВт/м ²	Расход эл. энергии, кВт/ч/год на:	
			1 м ² общей площади	единицу готовой продукции шт., т., м ² и т.п.
1	2	3	4	5
1. Легковых автомобилей	0,38	0,16	620	150 / шт
2. Грузовых автомобилей грузоподъемн. от 1 до 8 т	0,36	0,17	640	15750 / шт
3. Грузовых автомобилей грузоподъемн. от 8 до 16 т	0,38	0,18	730	22000 / шт
4. Грузовых автомобилей грузоподъемностью выше 16 т	0,35	0,1	320	25000 / шт
5. Автобусные	0,3	0,12	450	6700 / шт
6. Автомобильных двигателей	0,35	0,17	700	3875 / шт
7. Мотоциклов с колясками	0,35	0,18	570	1580 / шт
8. Мотоциклов без колясок, велосипедные	0,32	0,12	370	650 / шт
9. Автоагрегатные	0,28	0,13	380	365 / комп.
10. Автотракторного электрооборудования и приборов	0,35	0,13	400	-
11. Автонормалей	0,28	0,1	265	1450 / т
12. Подшипниковые	0,32	0,21	850	5,6 / шт
13. Кузнечные	0,30	0,22	880	1240 / т
14. Литейные	0,5	0,25	1450	3250 / т
15. Автомобильных прицепов	0,37	0,2	782	7100 / шт
16. Рессорные	0,3	0,17	630	350 / т
17. Колесные	0,37	0,29	1080	450 / т

Таблица 1.3

Расчетные коэффициенты электрических нагрузок характерных групп электроприемников для проектирования предприятий Минавтопрома

Электроприемники	Коэффициент		
	использования	мощности	спроса
1	2	3	4
1. Металлорежущие станки с легким режимом работы: мелкие токарные, сверлильные, фрезерные, строгальные, долбежные, точильные, карусельные и т.п.	0,10	0,50	-
2. То же, с тяжелым режимом работы: зубофрезерные, обдирочные, револьверные, станки-автоматы и полуавтоматы, агрегатные станки, прессы механические, а также крупные токарные, строгальные, фрезерные, расточные, карусельные, резбонарезные, отрезные станки	0,13	0,65	-
3. То же с особо тяжелым режимом работы: приводы молотов, ковочных машин, машин гибочных и правильных, прессы гидравлические и гибочно-штамповочные, станки для навивки пружин, а также особо крупные токарные, строгальные, фрезерные, расточные; карусельные и т.п. ставки	0,15	0,65	-
4. Многошпиндельные автоматы для изготовления деталей из прутков (болтов, шпилек, стержней, гаек, шайб, колец для подшипников и т.п.)	0,15	0,65	-
5. Автоматы и полуавтоматы для холодной штамповки, изготовления винтов, шурупов и шпилентов, штамповки шариков и роликов, автоматы резбонакатные и горячештамповочные	0,17	0,65	-
6. Поточные линии механообработки	0,20	0,65	-
7. Поточно-механизированные линии холодной штамповки	0,35	0,70	-
8. Поточные линии кузнечно-прессового производства	0,38	0,70	-
9. Автоматические линии механообработки	0,30	0,65	-
10. Автоматические линии холодной штамповки	0,40	0,70	-
11. Автоматические линии кузнечно-прессового производства	0,43	0,70	-
12. Автоматические линии протяжки и калибровки металла	0,25	0,65	-
13. Ножницы листовые, сортовые, фасонные, скрепные, арматурные	0,12	0,50	-
14. Автоматические линии для резки рулонного металлического листа	0,23	0,65	-
15. Различные мелкомоторные станки, механизмы и приборы лабораторий	0,08	0,5	-
16. Станки шлифовальные и шлифовально-копировальные	0,6	0,50	-

17. Автоматы шлифовально-полировочные, специальные подшипниковые шлифовальные станки	0,25	0,65	-
18. Бегуны, смесители, решетки выбивные, грохоты, сито вибрационное, сито барабанное, камеры дробометные, барабаны очистные галтовочные, барабаны дробометные, шаровые мельницы, дробилки щековые, дробилки молотковые, дробилки валиковые и т.п. механизмы литейных цехов	0,15	0,65	-
19. Машины для литья под давлением, машины формовки, обжига, заливки, охлаждения и выбивки отливок для литья в моделях; машины для изготовления оболочковых форм, машины для удаления литников и прибылей	0,16	0,50	-
20. Автоматические комплексные линии формовки, заливки, выбивки отливок, автоматические линии изготовления отливок из цветных металлов	0,27	0,65	-
21. Вентиляторы и насосы технологические, компрессоры, центрифуги, двигатель-генераторы, воздуходувки	0,55	0,80	-
22. Вентиляторы сантехнические (вытяжная вентиляция)	0,50	0,80	-
23. Вентиляторы с калориферами, кондиционеры с насосами, отопительные агрегаты (приточная вентиляция)	0,60	0,80	-
24. Тепловые завесы	0,55	0,80	-
25. Насосы водоснабжения (I-й и II-й подъемы)	0,60	0,80	-
26. Насосы обратной системы водоснабжения	0,65	0,80	-
27. Насосы промстоков и бытовой канализации	0,50	0,80	-
28. Дымососы, вентиляторы и насосы производственных котельных	0,60	0,80	-
29. Краны мостовые, козловые, рейферные, кран-балки, тельферы, лифты при ПВ = 25 %	0,05	0,45	-
30. То же, при ПВ = 40 %	0,10	0,50	-
31. Транспортёры, конвейеры, элеваторы, шнеки несблокированные	0,30	0,65	-
32. То же, сблокированные	0,40	0,70	-
33. Рольганги, подъемные столы толкатели, сварочные столы, манипуляторы механические, вращатели, планшайбы, колонки, тележки и т.д.	0,06	0,50	-
34. Электроинструмент переносной	0,05	0,45	-
35. Электрические печи сопротивления (камерные, шахтные и др.), нагревательные аппараты, сушильные шкафы, ванны и т.п., периодического действия	0,50	0,95	-
36. Электрические печи сопротивления (конвейерные, рольганговые, карусельные и др.), камеры сушки, сушильные шкафы, ванны и т.п., непрерывного действия	0,60	0,95	-
37. Автоматические и полуавтоматические линии термообработки изделий, деталей, инструмента	0,65	0,90	-
38. Лабораторные нагревательные приборы, автоклавы, сушильные ящики и т.п.	0,30	0,95	-
39. Мелкие нагревательные приборы в производственных цехах (плитки, рефлекторы, клееварки и т.п.)	0,25	0,95	-
40. Нагревательные приборы аппараты (печи сопротивление) в административно-бытовых помещениях и медико-санитарных службах	0,40	0,95	-
41. Электрические печи индукционные низкой частоты (50 - 60 Гц)	0,60	0,80	-
42. Печи индукционные повышенной частоты (0,1 - 10 кГц) с собственными двигатель-генераторами или тиристорными преобразователями	0,60	0,70	-
43. Установки высокой частоты (10 кГц и выше) с ламповыми генераторами	0,55	0,75	-
44. То же, с двигатель-генераторами или тиристорными преобразователями	0,50	0,70	-
45. Генераторы повышенной частоты машинные и полупроводниковые	0,60	0,80	-
46. Автоматы и полуавтоматы для закалки ТВЧ	0,60	0,85	-
47. Дуговые сталеплавильные электропечи емкостью от 3 до 10 т, с автоматическим регулированием электродов, с механизированной загрузкой	0,70	0,85	-
48. То же, без механизированной загрузки	0,55	0,80	-
49. Дуговые сталеплавильные печи емкостью 0,5 - 1,5 т с автоматическим регулированием электродов, с ручной загрузкой	0,50	0,75	-
50. Дуговые электрические печи цветного металла емкостью 0,25 - 0,5 т с ручным регулированием электродов, с ручной загрузкой	0,50	0,80	-
51. То же, с механизированной загрузкой непрерывного действия	0,60	0,85	-
52. Рудно-термические печи с трехфазными трансформаторами 6,0; 7,5; 9,0 МВ·А	0,70	0,00	-
53. Нагреватели заклепок	0,30	0,75	-
54. Контактный нагреватель под штамповку	0,40	0,75	-
55. Электрооборудование механических и автоматических линий подготовки поверхности, металлических и неметаллических покрытий различных изделий (цинкование хромирование, анодирование, никелирование и т.п.)	0,50	0,80	-
56. Электродвигатели вспомогательного оборудования установок гальванопокрытий	0,40	0,75	-
57. Унифицированные камеры окраски (методом распыления, облива)	0,55	0,70	-
58. Автоматические комплексные линии лакокрасочных покрытий	0,60	0,80	-
59. Оборудование краскоприготовления (краскотерки, краскодробилки, краскомешалки, смесители)	0,25	0,65	-
60. Камеры охлаждения изделий после окраски и сушки	0,55	0,70	-

61. Выпрямительные устройства гальванических цехов	0,50	0,80	-
62. Сварочные трансформаторы дуговой ручной сварки:			
однопостовые	0,17	0,35	-
многопостовые	0,20	0,35	-
63. Сварочные двигатель-генераторы:			
однопостовые	0,25	0,65	-
многопостовые	0,35	0,70	-
64. Сварочные полупроводниковые преобразователи для ручной дуговой сварки:			
однопостовые	0,25	0,35	-
многопостовые	0,35	0,40	-
65. Сварочные трансформаторы и преобразователи автоматической и полуавтоматической дуговой сварки	0,40	0,50	-
66. Сварочные машины шовные	0,25	0,65	-
67. То же, стыковые и точечные	0,35	0,60	-
68. Сварочные машины многоэлектродные точечной сварки, машины сварки трением	0,40	0,65	-
69. Установки ручной плазменной сварки и резки	0,30	0,60	-
70. Установки автоматической и полуавтоматической плазменной сварки и резки	0,40	0,60	-
71. Установки электронно-лучевой сварки и сварки лазерным лучем	0,35	0,50	-
72. Поточно-механизированные и механизированные линии сварки	0,40	0,60	-
73. Автоматические линии дуговой сварки	0,45	0,60	-
74. Автоматические линии точечной сварки	0,45	0,50	-
75. Испытательные стенды мелкомоторные	0,20	0,65	-
76. Испытательные стенды крупномоторные	0,25	0,65	-
77. Испытательные лабораторные установки и приборы	0,08	0,50	-
78. Преобразовательные агрегаты зарядных станций	0,40	0,70	-
79. Приборы средств автоматизации технологических процессов и сантехнических установок	0,14	0,65	-
80. Магнитные сепараторы и улавливатели	0,30	0,50	-
81. Электрофильтры и механизмы пылеуборки	0,35	0,70	-
82. Устройства электропитания средств автоматизации	0,50	0,80	-
83. Электровычислительные машины и счетно-решающие устройства	0,15	0,60	-
84. Устройства электропитания узлов связи (заводские телефонные станции, АТС, радио и телевизионные узлы)	0,60	0,80	-
85. Станки механической разделки древесины (пилорамы, пилы циркульные, обрезные, балансирующие, ленточные, станки делительные)	0,20	0,65	-
86. Станки для обработки пиломатериалов (долбежные, строгальные, фрезерные, токарные, сверлильные, фуговочные, рейсмусовые, шинорезные и т.п.)	0,15	0,60	-
87. Станки шлифовальные, полировальные, наждачные	0,20	0,65	-
88. Оборудование заточное и по уходу за деревообрабатывающим инструментом	0,12	0,65	-
89. Электроосвещение общее:			
а) мелкие производственные здания;	-	0,95	0,95
б) производственные здания, состоящие из отдельных помещений;	-	0,95	0,85
в) производственные здания, состоящие из отдельных крупных пролетов;	-	0,90	0,95
г) административно-бытовые здания библиотеки, предприятия общественного питания;	-	0,95	0,85
д) лечебные, детские, учебные учреждения, конструкторско-конторские и лабораторные корпуса;	-	0,95	0,80
е) складские здания, состоящие из многих отдельных помещений	-	0,95	0,60
ж) складские здания из отдельных крупных пролетов	-	0,90	0,70
90. Аварийное освещение	-	0,95	1,00
91. Освещение территории завода и открытых складов	-	0,90	1,00

Таблица 1.4

Годовое количество часов использования максимума активной нагрузки силовых электроприемников для предприятий Минавтопрома

Завод	Годовое количество часов при числе смен (Т _м), ч		
	1	2	3
1. Легковых и грузовых грузоподъемностью до 1 т автомобилей	1650	3225	4750
2. Грузовых автомобилей грузоподъемностью от 1 до 8 т	1700	3300	4850
3. Грузовых автомобилей грузоподъемностью выше 8 т	1750	3500	5000
4. Автобусный	1620	3250	4700
5. Автомобильных прицепов, авторефрижераторов	1600	3200	4700
6. Автомобильных двигателей	1650	3300	4780
7. Мотоциклов, мопедов велосипедов	1400	2950	3860

8. Подшипниковый	1600	3200	4750
9. Кузнечный	1700	3400	5000
10. Рессорный	1400	2800	3550
11. Колесный	1650	3300	4500
12. Авторемонтный	1630	3250	-
13. Производства запасных частей	1600	3200	4700
14. Автоагрегатный, автотракторного электрооборудования	1550	3100	4550
15. Автоаппаратуры	1600	3200	4700
16. Автонормалей	1500	3000	-

Примечание: Для определения годового количества часов использования максимума реактивных нагрузок значения T_m , приведенные в таблице, следует увеличить на 10 %.

Таблица 1.5

Годовое количество часов использования максимума электрических нагрузок освещения для предприятий Минавтопрома

Количество смен	Рабочее освещение и аварийное для продолжения работы		Аварийное освещение для эвакуации (T_{mo}), ч	
	при наличии естественного света	при отсутствии естественного света	при наличии естественного света	при отсутствии естественного света
1	1000	2200	4800	8760
2	2250	4300	4800	8760
3	4200	6500	4800	8760

Примечание: Годовое количество часов использования максимума электрических нагрузок освещения дано при пятидневной рабочей неделе с двумя выходными днями для географических широт от 45° до 65°

Приложение 2

Таблица 2.1

Значения индуктивных сопротивлений читающей энергосистемы 10 (6) кВ в зависимости от ее мощности КЗ

Данные системы электроснабжения	Индуктивное сопротивление питающей энергосистемы в зависимости от ее мощности КЗ, мОм								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
на стороне 0,4 кВ	1,6	1,066	0,8	0,64	0,533	0,457	0,4	0,356	0,32
на стороне 0,69 кВ	4,761	3,174	2,38	1,904	1,587	1,36	1,19	1,058	0,952

Таблица 2.2

Сопротивление проводов и трехжильных кабелей

Сечение жилы, м ²	Активное сопротивление при 20 °С жилы Ом/км		Индуктивное сопротивление Ом/км					Три провода в трубе и кабель с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией
			Кабель с поясной бумажной изоляцией напряжением, кВ					
	алюминиевой	медной	1	6	10	20	35	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	18,5	-	-	-	-	-	0,133
1,5	-	12,3	-	-	-	-	-	0,126
2,5	12,5	7,4	0,104	-	-	-	-	0,116
4	7,81	4,63	0,095	-	-	-	-	0,107
6	5,21	3,09	0,090	-	-	-	-	0,100
10	3,12	1,84	0,073	0,11	0,122	-	-	0,099
16	1,95	1,16	0,0675	0,102	0,113	-	-	0,095
25	1,25	0,74	0,0662	0,091	0,099	0,135	-	0,091
35	0,894	0,53	0,0637	0,087	0,095	0,129	-	0,088
50	0,625	0,37	0,0625	0,083	0,090	0,119	-	0,085
70	0,447	0,265	0,0612	0,08	0,086	0,116	0,137	0,082
95	0,329	0,195	0,0602	0,078	0,083	0,11	0,126	0,081
120	0,261	0,154	0,0602	0,076	0,081	0,107	0,120	0,080
150	0,208	0,124	0,0596	0,074	0,079	0,104	0,116	0,079
185	0,169	0,100	0,0596	0,073	0,077	0,101	0,113	0,078
240	0,130	0,077	0,0587	0,071	0,075	-	-	0,077

Примечание:

Данные взяты из "Справочника по проектированию электрических сетей и электрооборудования", В.И. Крупович, Ю.Г. Барыбин, М.Л. Самовер, табл. 2-65, с. 163, Москва, Энергоиздат, 1981 г.

Таблица 2.3

Технические данные и сопротивления (z_T , x_T , R_T) трансформаторов КТН 10 (6) кВ

Тип трансформатора	Номинальная мощность КВ·А	Номинальное напряжение НН, кВ	Потери холостого хода, Вт	Потери короткого замыкания, Вт	Ток холостого хода, %	Напряжение короткого замыкания, %	z_T мОм	R_T мОм	x_T мОм
1	2	3	4	6	6	7	8	9	10
ТСЗ-630/10	630	0,4	2000	7300	1,5	5,5	14	2,9	13,69
ТСЗУ-1000/10	1000	0,4	2450	10400	1,0	5,5	8,8	1,66	8,64
ТСЗУ-1600/10	1600	0,4	3400	17000	0,7	5,5	5,5	1,06	5,4
ТМЗ-630/10-73Т1(ТЗ) ТНЗ-630/10-73Т1(13)	630	0,4	1680	5600	1,8	5,5	14	2,26	13,816
ТМЗ-1000/10-85У1.3 ТНЗ-1000/10-85У1.3	1000	0,4	1900	10800	1,2	5,5	8,8	1,728	8,628
ТМЗ-1600/10-85У1.3 ТНЗ-1600/10-85У1.3	1600	0,4	3300	16500	1,2	6,0	5,5	1,03	5,4
ТМЗ-2500/10-75У3 ТНЗ-2500/10-75У3	2500	0,4	4600	24000	1,0	6,0	3,5	0,614	3,44
ТСЗЛ-630/10 ТСЛ-630/10	630	0,4	1650	7100 6800	1,4	5,5	13,96	2,86 2,74	13,64 13,69
ТСЗЛ-1000/10 ТСЛ -1000/10	1000	0,4	2000	10200 9800	1,0	5,5	8,8	1,63 1,57	8,65 8,66
ТСЗЛ-1600/10 ТСЛ-1600/10	1600	0,4	2800	15000 13800	0,7	5,5	5,5	1,5 1,38	5,29 5,32
ТСЗЛ-2500/10	2500	0,4	4600	20500	0,65	6,0	3,84	0,524	3,8

Примечание:

Данные взяты из каталогов заводов-изготовителей - 03.20.01-80
03.20.07-82
03.20.11-86
03.03.02-77
03.35.15-85

Таблица 2.4

Значения активных и индуктивных сопротивлений автоматических выключателей (в которые входят сопротивления токовых катушек расцепителей и переходных подвижных контактов)

I_n, A	$R_a, \text{мОм}$	$X_a, \text{мОм}$
50	7	4,5
70	3,5	2
100	2,15	1,2
140	1,3	0,7
200	1,1	0,5
400	0,65	0,17
600	0,41	0,13
1000	0,25	0,1
1600	0,14	0,06
2500	0,13	0,07
4000	0,1	0,05

Исследования показали, что величины сопротивлений выключателей определяются их номинальным током и не зависят от их типов.

Примечание:

Данные взяты из "Пособия по расчету токов короткого замыкания в сетях до 1000 В промышленных предприятий", выпущенных ВНИПИ ТПЭП, М., 1986 г. М 60407.

Таблица 2.5

Значения активных и индуктивных сопротивлений комплектных шинопроводов заводского изготовления до 1000 В

Тип шинопровода	ШПРА 73 ШПРА 4	ШПРА 73 ШПРА 4	ШПРА 73 ШПРА 4	ШМА 16	ШМА 4	ШМА 68-Н	ШМА 68-Н
Номинальный ток, А	250	400	630	1600	1600	2500	4000
Сопротивление на фазу $R_{\text{ш}}$, мОм/м	0,20	0,13	0,085	0,026	0,0297	0,020	0,013
Сопротивление на фазу $X_{\text{ш}}$, мОм/м	0,10	0,10	0,075	0,015	0,0143	0,020	0,020
Полное сопротивление на фазу $Z_{\text{ш}}$, мОм/м	0,24	0,16	0,11	0,030	0,033	0,0283	0,0238
Полное сопротивление цепи фаза - нуль, мОм/м	-	-	-	0,075	0,0875	-	-

Примечание: Данные взяты из данных заводов-изготовителей

Таблица 2.6

Значения активных переходных сопротивлений (в мОм) неподвижного контактного соединения шинопроводов и кабелей

ШИНОПРОВОДЫ							
Тип шинопровода	ШПРА 73 ШПРА 4	ШПРА 73 ШПРА 4	ШПРА 73 ШПРА 4	ШМА 16	ШМА 4	ШМА-68Н	ШМА-68Н
Номинальный ток, А	250	400	630	1600	1600	2500	4000
Переходное сопротивление неподвижного контактного соединения, мОм	0,009	0,006	0,0037	0,0068	0,0068	0,0024	0,0012
АЛЮМИНИЕВЫЕ КАБЕЛИ СЕЧЕНИЕМ, мм ²							
16	25	35	50	70	95	120	150
0,085	0,064	0,056	0,043	0,029	0,027	0,024	0,021

Примечание:

Данные взяты из "Пособия по расчету токов короткого замыкания в сетях до 1000 В промышленных предприятий выпущенных ВНИПИ ТПЭП, М., 1986 г. М 60407.

Таблица 2.7

Параметры многоамперных кабелей АВВ-I при расположении фаз по треугольнику

Номинальное сечение жилы одной фазы, мм ²	1000	1500
Наружный диаметр жилы D, мм	55,7	64,4
Внутренний диаметр токопроводящей жилы $D_{\text{вн}}$, мм	45,5	54,2
Активное сопротивление фазы $R_{\text{ф}}$, мОм/м	0,036	0,027
Индуктивное сопротивление фазы $X_{\text{ф}}$, мОм/м, при расстоянии между осями фаз D_1 , м		
$D_1 = \sqrt{3}D$	0,106	0,104
$D_1 = 2\sqrt{3}D$	0,15	0,148

Полное сопротивление фазы Z_{ϕ} , мОм/м	0,112	0,1074
Активное сопротивление петли "фаза-нуль" $R_{\phi-o}$, мОм/м	0,072	0,054
Индуктивное сопротивление петли "фаза-нуль" $X_{\phi-o}$, мОм/м, при расстоянии между осями фаз D_1 , мм		
$D_1 = \sqrt{3}D$	0,144	0,139
$D_1 = 2\sqrt{3}D$	0,231	0,226
Полное сопротивление петли "фаза-нуль" $Z_{\phi-o}$, мОм/м	0,161	0,149

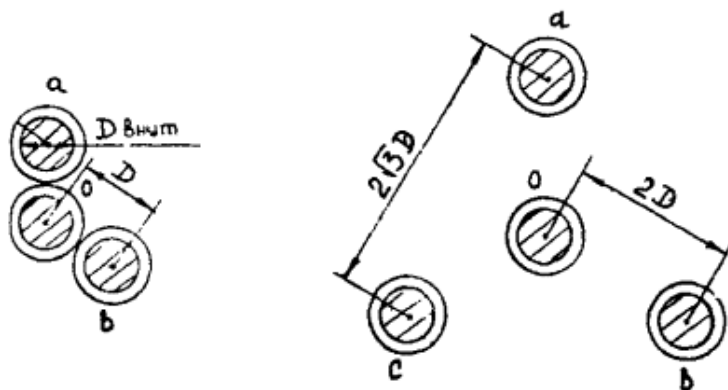
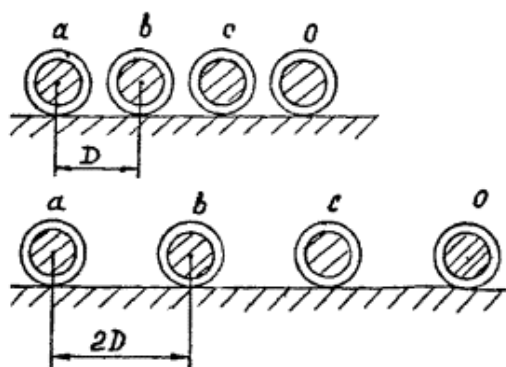


Таблица 2.8

Индуктивные сопротивления АBB-I при горизонтальной прокладке фаз

Расстояние между фазами, мм	X_{ϕ} , мОм/м	$X_{\phi-o}$, мОм/м
D	0,074	0,148
2D	0,108	0,216
3D	0,137	0,274
4D	0,153	0,306



Примечание:

Данные, приведенные в табл. 2.7. и 2.8. взяты из отчета о научно-исследовательской работе "Анализ технико-экономических показателей замкнутых систем электроснабжения с параллельной работой трансформаторов на напряжении 0,4 кВ" совместно выпущенного ВНИПИ ТПЭП и Ленинградским Политехническим институтом имени М.И. Калинина в 1987 г., шифр темы 203504

Таблица 2.9

Средние значения сопротивлений первичных обмоток трансформаторов тока типа ТКФ

Коэффициент трансформации	Сопротивления, мОм, трансформаторов тока			
	ТКФ-1		ТКФ-2	
	R	X	R	X
50/5	7	11	3	2,8
75/5	3	4,8	1,3	1,2
100/5	1,7	2,7	0,75	0,7
150/5	0,75	1,2	0,33	0,3
200/5	0,42	0,67	0,19	0,17
300/5	0,2	0,3	0,08	0,08
400/5	0,11	0,17	0,05	0,04
600/5	0,05	0,07	0,02	0,02

В связи с тем, что трансформаторы тока на токи более 600 А выполняются одновитковыми, их сопротивления составляют тысячные доли мОм и в расчетах тока КЗ или можно пренебречь.

Примечание:

Данные, приведенные в табл. 2.9, взяты из "Справочника по электроснабжению и электрооборудованию" под ред. А.А. Федорова, М., Энергоатомиздат, 1986г., с. 152, табл. 8.14

Таблица 2.10

Основные технические данные по автоматическим выключателям, применяемым в питающей сети 0,38 - 0,66 кВ

№№ пп	Тип (серия)	Селективные (С) или токоограничивающие (Т)	Номинальный ток, А	Предельная коммутационная способность. Числитель - для 380 В, знаменатель - для 660 В		Одноразовая предельная коммутационная способность. Числитель - для 380 В, знаменатель - для 660 В		Верхняя граница зоны селективности, кА	Временные уставки, с
				I, кА	cos φ	I, кА	cos φ		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	BA 53-37	T	150, 200, 400	$\frac{47,5}{20}$	$\frac{0,2}{0,25}$	$\frac{53}{25}$	$\frac{0,2}{0,25}$	-	-
2	BA 53-39	T	160, 250, 400, 630	$\frac{55}{28,5}$	$\frac{0,2}{0,25}$	$\frac{60}{34}$	$\frac{0,2}{0,25}$	-	-
3	BA 53-41	T	1000	$\frac{135}{33,5}$	$\frac{0,2}{0,25}$	$\frac{140}{40}$	$\frac{0,2}{0,25}$	-	-
4	BA 53-43	T	1600	$\frac{135}{47,5}$	$\frac{0,2}{0,25}$	$\frac{140}{50}$	$\frac{0,2}{0,25}$	-	-
5	BA 55-37	C	160, 250, 400	$\frac{32,5}{20}$	0,25	$\frac{38}{25}$	0,25	20	0,1; 0,2; 0,3
6	BA 55-39	C	160, 250, 400, 630	$\frac{47,5}{28,5}$	$\frac{0,2}{0,25}$	$\frac{53}{34}$	$\frac{0,2}{0,25}$	25	0,1; 0,2; 0,3
7	BA 55-41	C	1000	$\frac{55}{33,5}$	$\frac{0,2}{0,25}$	$\frac{60}{40}$	$\frac{0,2}{0,25}$	20	0,1; 0,2; 0,3
8	BA 55-43	C	1600	$\frac{80}{47,5}$	$\frac{0,2}{0,25}$	$\frac{80}{50}$	$\frac{0,2}{0,25}$	31	0,1; 0,2; 0,3
9	BA 75-45 BA 75-47	C	2500	$\frac{60}{40}$	$\frac{0,2}{0,25}$	$\frac{65}{45}$	$\frac{0,2}{0,25}$	36	0,1; 0,2; 0,3
10	BA 75- 47**	C	4000	$\frac{70}{45}$	$\frac{0,2}{0,25}$	$\frac{75}{50}$	$\frac{0,2}{0,25}$	45	0,1; 0,2; 0,3
11	A3793-C A3794-C	C	250, 400, 630	$\frac{111,1^*}{60^*}$	$\frac{0,2}{0,25}$	$\frac{125^*}{70^*}$	$\frac{0,2}{0,25}$	20	0,1; 0,25; 0,40
12	A3793-Б A3794-Б	T	630	$\frac{111,1^*}{60^*}$	$\frac{0,2}{0,25}$	$\frac{150^*}{70^*}$	$\frac{0,2}{0,25}$	-	-
13	Э06В-У3	C	1000	$\frac{40}{30}$	0,25	$\frac{44}{33}$	0,25	21	0,25; 0,45; 0,7
14	Э16	C	1600	$\frac{45}{30}$	0,25	$\frac{49,5}{33}$	0,25	33	0,25; 0,45; 0,7
15	Э25	C	2500	$\frac{50}{35}$	0,25	$\frac{55}{38,5}$	0,25	50	0,25; 0,45; 0,7
16	Э40	C	4000	$\frac{70}{50}$	0,25	$\frac{77}{55}$	0,25	60	0,25; 0,45; 0,7

* - Значение ударного тока; ** - стационарное исполнение. В настоящее время выдвижное исполнение находится в разработке.