МИНИСТЕРСТВО
МОНТАЖНЫХ И СПЕЦИАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ СССР
ГЛАВЭЛЕКТРОМОНТАЖ
ВСЕСОЮЗНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНЫЙ
ИНСТИТУТ "ВНИИПРОЕКТЭЛЕКТРОМОНТАЖ"
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ПРОЕКТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ БЕСКОНТАКТНОЙ АППАРАТУРОЙ

Ленинград
1986

gost.e-ecolog.ru

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ БЕСКОНТАКТНОЙ КОММУТАЦИОННО-РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРОЙ

Современные крупные промышленные предприятия характеризуются непрерывным ростом плотностей электрических нагрузок, увеличением единичных мощностей электроприёмников с резкопеременной нагрузкой.

С другой стороны, современные технологические процессы стали предъявлять более жесткие требования к качеству электроснабжения и, в частности, к длительностям кратковременных перерывов и глубоких посадок напряжения при локализации аварийных режимов. При этом во многих случаях даже весьма кратковременные перерывы (0,2 с и менее) или глубокие посадки напряжения приводят к расстройству технологических процессов и к большому экономическому ущербу.

Системы электроснабжения крупных промышленных предприятий, базирующиеся на электромеханической коммутационной аппаратуре с ограниченной коммутационной способностью и большим временем срабатывания, стали наиболее узким звеном как на пути дальнейшего увеличения единичной мощности установок и обеспечения качественного электроснабжения, так и на пути сокращения капзатрат на сооружение электроустановок. Вынужденное членение и реактирование систем электроснабжения на части с ограниченной пропускной способностью вызывает резкие ухудшения параметров качества электроэнергии, увеличивает потери электроэнергии в сетях, не позволяет решить проблему самозапуска электродвигателей основных технологий, приводит к увеличению капитальных и эксплуатационных затрат из-за необходимости установки

фильтров и компенсирующих устройств.

На базе разработанной многофункциональной бесконтактной коммутационной аппаратуры, осваиваемой промышленностью, предложены и опробованы на ряде предприятий принципиально новые технические решения для систем электроснабжения вновь проектируемых и реконструируемых промышленных предприятий. При этом появляются широкие возможности:

а) решить проблему электромагнитной совместимости электроприёмников современных промпредприятий и сетей, в том числе, электроприёмников с резкопеременной ударной нагрузкой;

б) создать системы электроснабжения промпредприятий с мощностью короткого замыкания в сетях 6, 10 кВ до 1500 МВА, отказавшись от использования в системах электроснабжения реакторов, и обеспечить при этом ограничение ударных значений тока короткого замыкания в любой точке сети до заданной величины, уменьшить за счет этого термические и динамические воздействия на элементы сети и обеспечить нормальную работу коммутационной аппаратуры электромеханического исполнения;

в) повысить качество электроэнергии, сократить потери в сетях, улучшить условия протекания аварийных и послеаварийных режимов;

г) устранить наиболее трудноразрешимую проблему самозапуска и устойчивости двигательной нагрузки;

д) обеспечить быстродействующий перевод мощных синхронных электродвигателей без гашения поля в них на резервный источник;

е) создать систему электроснабжения с маломощной коммутационной аппаратурой (на основе контакторов);

ж) создать сложно замкнутые сети 0,4, 6÷10 кВ с параллельной работой трансформаторов, обеспечивающих эффективное использование трансформаторов и высокое качество электроэнергии;

з) создать источники гарантированного питания.

Ниже описаны наиболее эффективные аспекты применения многофункциональной бесконтактной коммутационной аппаратуры.

I. На рис.Iа показана безреакторная система электроснабжения промышленного предприятия с мощной двигательной нагрузкой.

В системе электроснабжения используются традиционные выключатели "В" с ограниченной коммутационной способностью. Для ограничения аварийных токов используется общая для системы токоограничивающее устройство (ТОУ) шунтового типа, содержащее два силовых тиристорных ключа ТК1, ТК2 и токоограничивающие элементы Z_{TK}.

На рис.2 приведена расчетная схема и номограмма для выбора параметров токоограничивающего сопротивления токоограничивающего элемента Z_{TK} (в ряде случаев в качестве токоограничивающего элемента используются резисторы).

Выбор величины Z_{TK} для конкретной сети обеспечивает токоограничение в ней до уровня коммутационной способности выключателей.

Тиристоры ключей ТК1, ТК2 нормально находятся под напряжением и работают только в аварийном режиме, осуществляя отвод тока от места повреждения. Блок управления БУ токоограничивающего устройства связан с датчиками режимных параметров, блок синхронизации БС обеспечивает синхронность включения ТОУ с моментом коммутации любого выключателя СЭС.

На рис.3 приведена временная диаграмма, иллюстрирующая цикл работы ТОУ в сети произвольной конфигурации.

Для обеспечения селективности отключения потребителей в такой сети устанавливается следующий алгоритм работы.

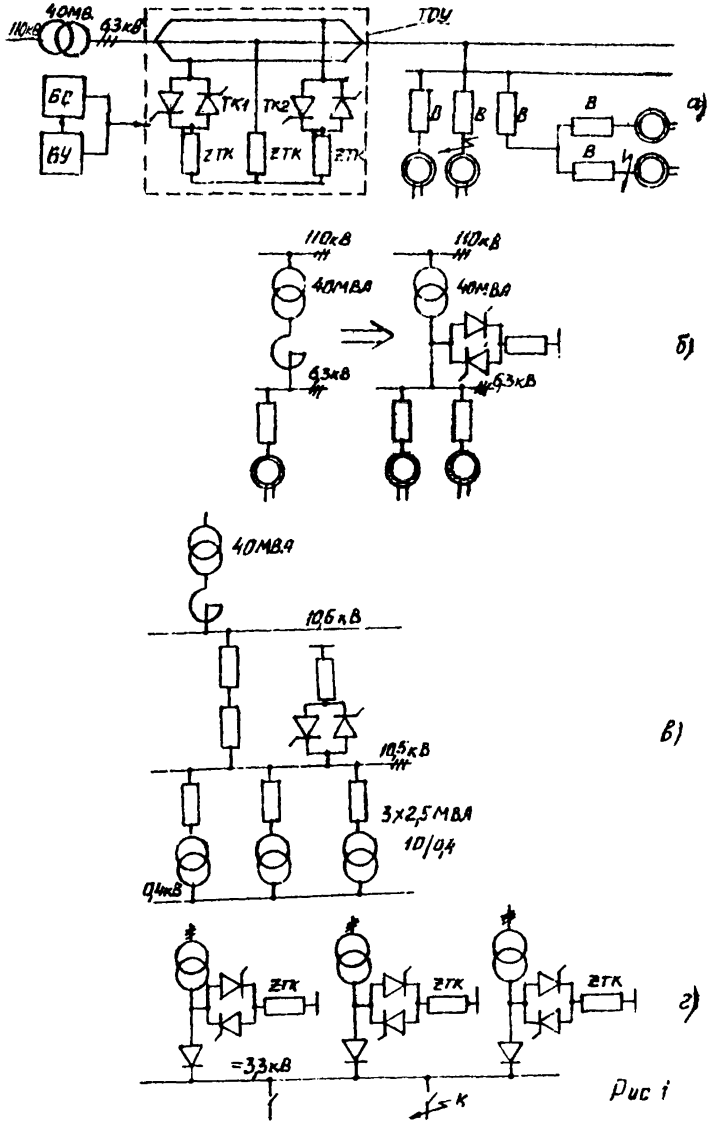
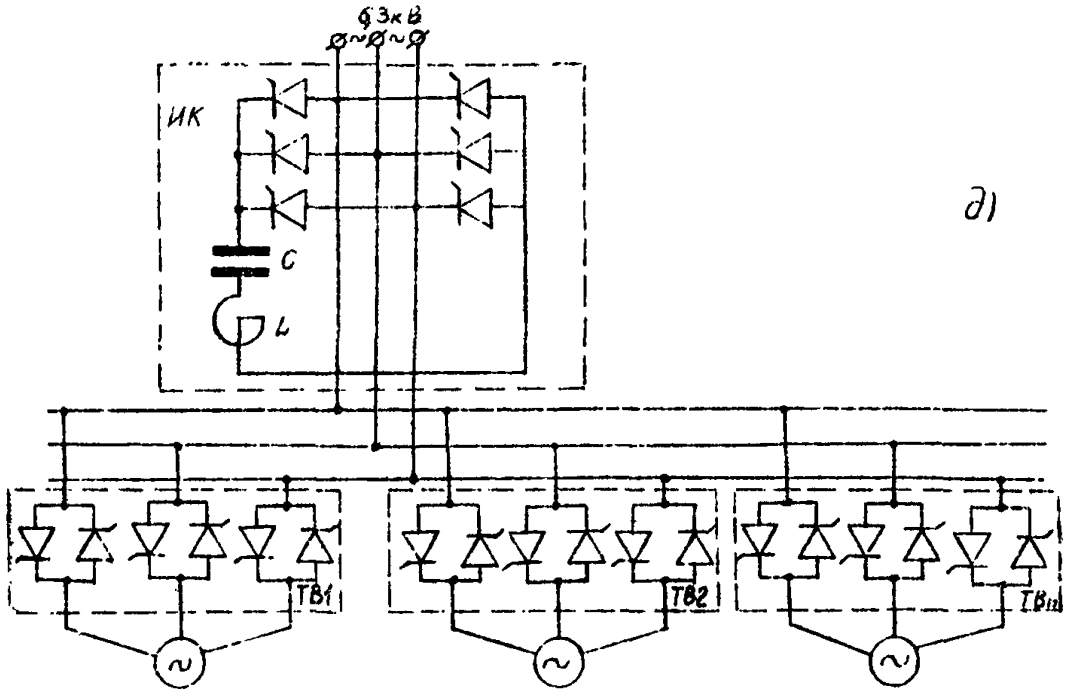
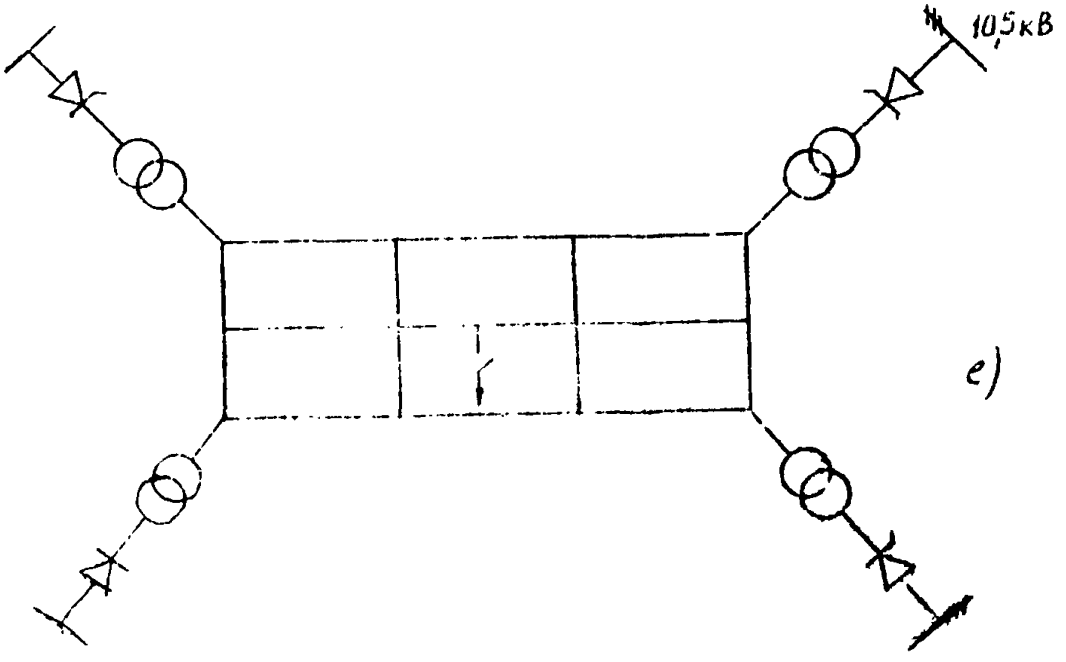

40МВ
110кВ
6,3кВ
ТДЦ
БС
БУ
ТК1
ТК2
ZТК
ZТК
ZТК
В
В
В
В
В
а)
110кВ
40МВА
6,3кВ
110кВ
40МВА
6,3кВ
б)
40МВА
10,5кВ
10,5кВ
3х2,5МВА
10/0,4
0,4кВ
в)
ZТК
ZТК
ZТК
=3,3кВ
г)

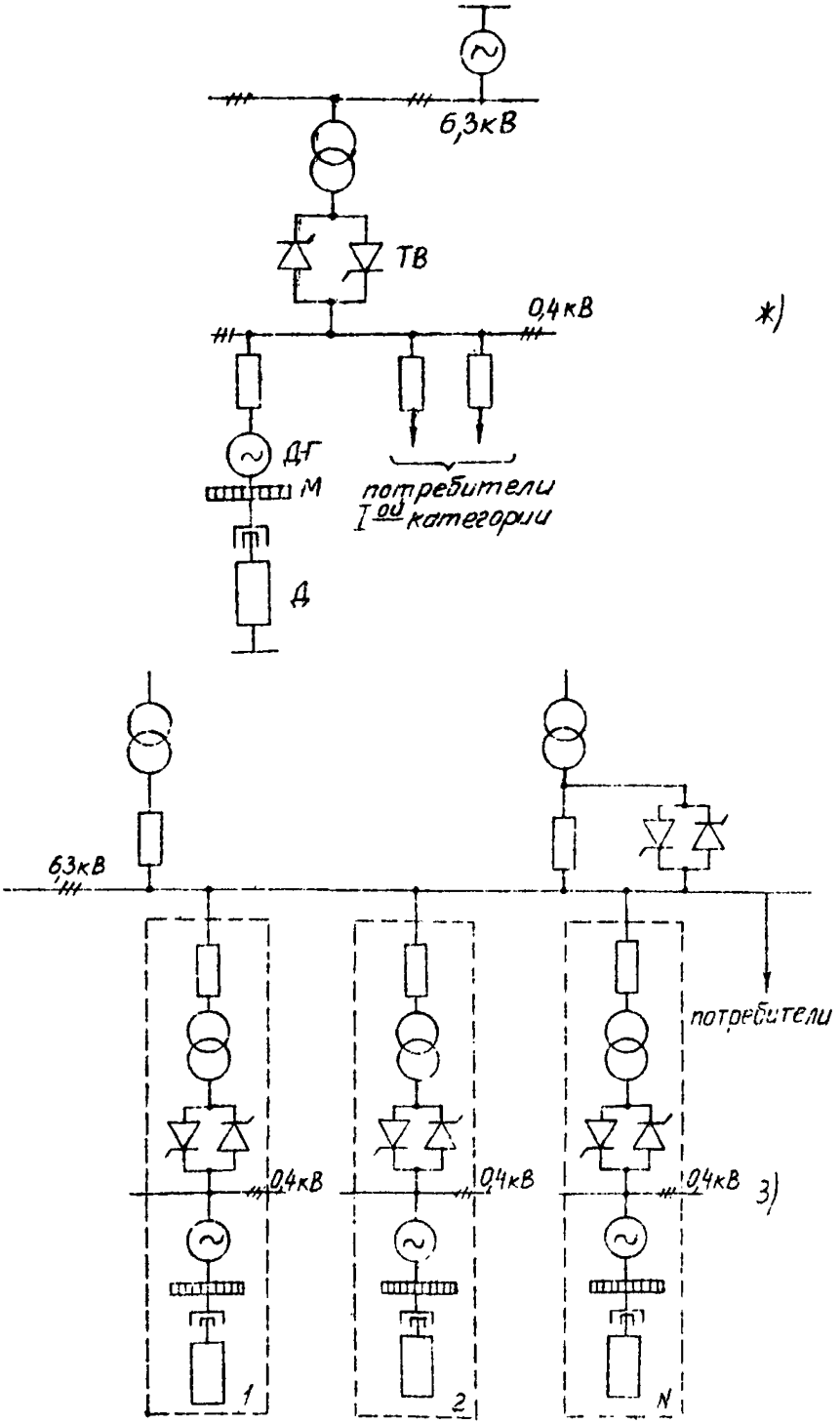
Рис 1

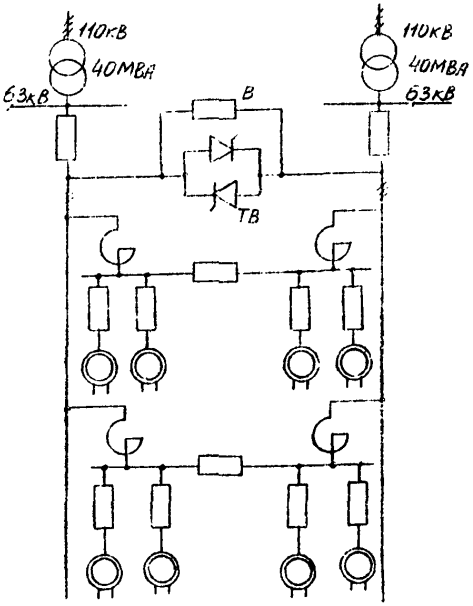


д)



е)


6,3кВ
ТВ
0,4кВ
*)
ДГ
М
потребители
I ой категории
Д
6,3кВ
потребители
0,4кВ
0,4кВ
0,4кВ
3)
1
2
N



и)

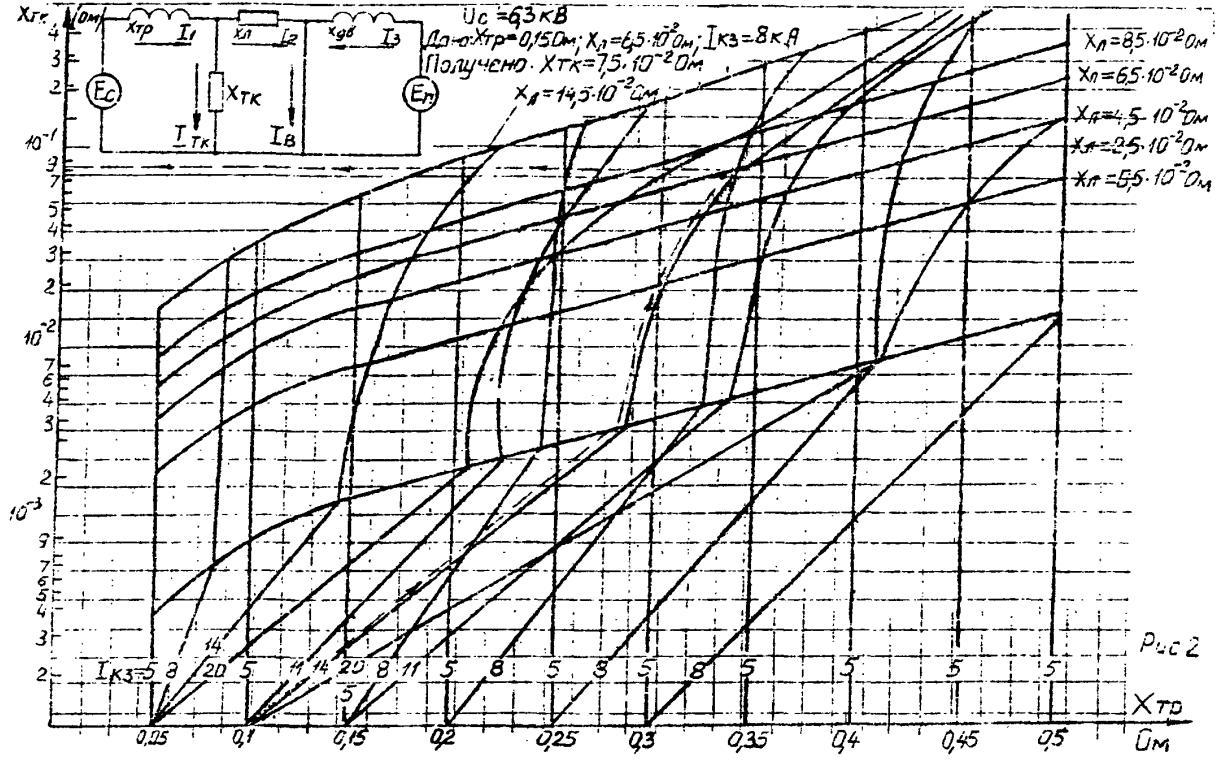

Uc = 6,3 кВ
Дано: Xтр = 0,15 Ом; Xл = 6,5·10⁻² Ом; Iкз = 8 кА
Получено: Xтк = 7,5·10⁻² Ом
Xд = 14,5·10⁻² Ом
Xл = 8,5·10⁻² Ом
Xл = 6,5·10⁻² Ом
Xл = 4,5·10⁻² Ом
Xл = 2,5·10⁻² Ом
Xл = 5,5·10⁻³ Ом
Xтр I1
Xл I2
Xдв I3
Ec
Xтк
Iтк
Iв
Eт
Xгг, Ом
Iкз = 5 8 20 5 14 14 20 8 11 5 8 5 8 5 8 5 5 5 5
Xто
0,05 0,1 0,15 0,2 0,25 0,3 0,35 0,4 0,45 0,5 Ом

Рис 2

I. При достижении первой ударной волной тока к.з. величины тока уставки ТОУ срабатывает и осуществляет отвод от места повреждения апериодической слагающей тока повреждения. При этом замер величины тока в СЭС осуществляется датчиком мгновенного значения тока, установленным в точке включения ТОУ. Длительность первого цикла включения определяется параметрами сети и токоограничивающего сопротивления.

Указанная длительность определяется расчетным путем и устанавливается в виде уставки блока управления ТОУ. При реальных параметрах токоограничивающего резистора и сети, отвод апериодической составляющей осуществляется в течение I-3 периодов переменного тока. Специальным подбором параметров указанную длительность в ряде случаев можно свести к одному периоду переменного напряжения (интервал I рис.3).

2. Отключают ТОУ на время, обеспечивающее гарантированное срабатывание устройств релейной защиты фидеров системы электроснабжения. Указанный интервал работы ТОУ необходим для согласования автоматики действия ТОУ с устройствами релейной защиты. В частности, при реконструкциях систем электроснабжения возникает задача согласования уставок релейной защиты при наличии быстродействующего ТОУ в сети. При действии ТОУ в системе электроснабжения токи перераспределяются и могут быть недостаточными для срабатывания защиты поврежденного фидера. Наличие данного интервала позволяет устранить указанный недостаток (интервал II рис.3).

3. Включают ТОУ на период коммутации аварийных токов выключателями, не имеющими ступени селективности (интервал III рис.3).

4. Отключают ТОУ после отключения поврежденного участка

сети (интервал IУ рис.3).

5. Повторяют цикл шунтировки по п.3 столько раз, сколько ступеней селективности в системе электроснабжения.

Длительность вышеперечисленных интервалов уточняется по результатам расчета переходных процессов в СЭС с ТОУ и устанавливается в виде уставок блока управления ТОУ (интервал У рис.3).

Благодаря кратковременности работы ТОУ его тиристоры работают в облегченном режиме, не требуют охлаждения и размещаются в габаритах стандартных распредустройств.

Устройство позволяет создавать безреакторные сети с трансформаторами I6+63 МВА II0/6,I0 кВ. При этом просто решаются вопросы подключения электроприёмников с ударной нагрузкой, самозапуск электродвигателей.

Одной из рациональных областей является применение схемы - рис.Iа при реконструкции объектов. Перевод сетей на работу с повышенной мощностью к.з. позволяет отказаться от дополнительных капзатрат в существующей части объекта, существенно меняет технологию работ по реконструкции, позволяя провести реконструкцию без остановки.

На рис.4 показана система электроснабжения, спроектированная в связи с расширением обогатительной фабрики и увеличением ее производительности. Проектом предусмотрена установка новых мельниц и мощных синхронных электродвигателей (проектировщик - институт Механобр МЦМ). В связи с этим увеличиваются электрические нагрузки, возрастают токи подпитки и общий уровень токов к.з. Проектом предусматривалось: использование, взамен существующих, шести трансформаторов II0/6 40 МВА (рис.4) с расщепленными обмотками, монтаж шести новых токопро-

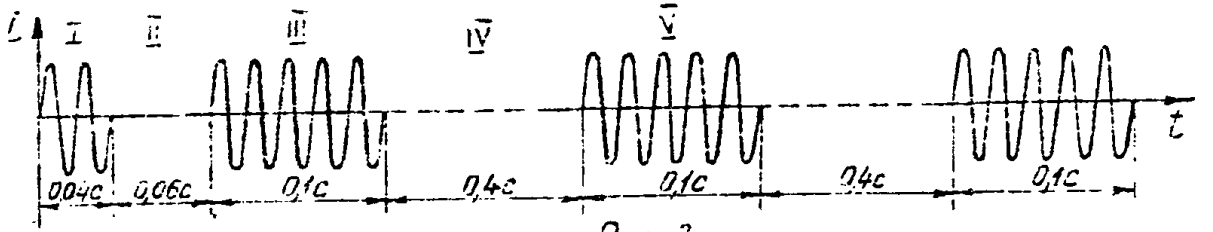

I
II
III
IV
V
t
0,04с
0,06с
0,1с
0,4с
0,1с
0,4с
0,1с

Рис. 3

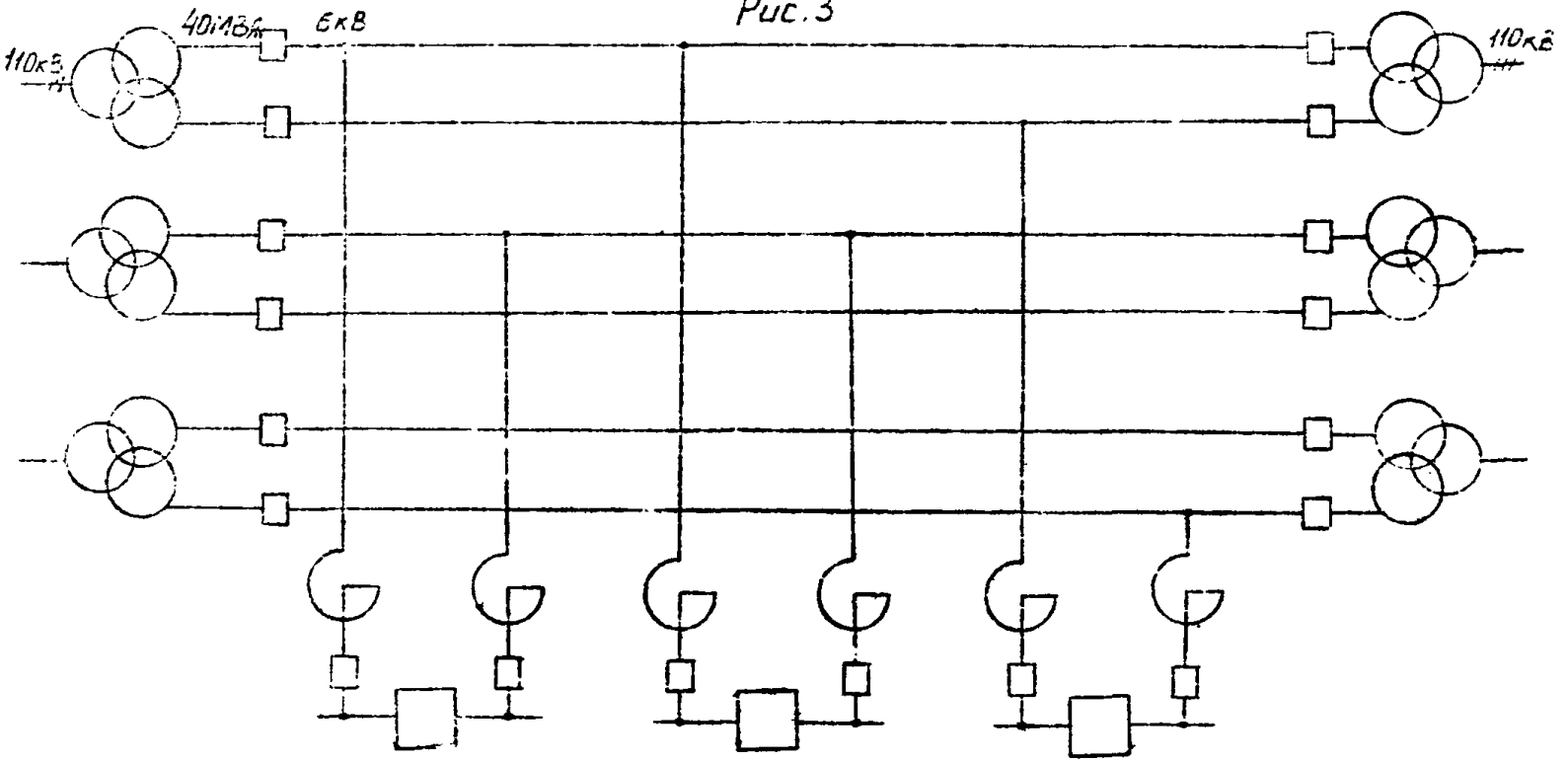

110кВ
40÷43Гц
6кВ
110кВ

Рис. 4

водов, установку в электрическом пролете девяти новых РП с камерами КРУ-2-6, надстройку на один этаж корпуса фабрики для прокладки новых токопроводов, замену реакторов и электропомещения для их размещения. Такое техническое решение требовало существенной перестройки фабрики и ее остановки на период реконструкции.

Использование схемы рис.Iа позволило существенно упростить задачу и реализовать схему рис.5. Как видно из рис.5, из схемы удалены реакторы, используются существующие трансформаторы и токопроводы. Это позволило провести реконструкцию без остановки с существенным снижением строймонтажных работ и сроков.

Основные экономические показатели свелись к следующему:

I. Снижение капзатрат на реконструкцию на 4,7 млн.руб.

2. Осуществление реконструкции без остановки основной технологии. Проектом предусматривалась остановка фабрики на срок до шести месяцев.

3. Отказ от реконструкции строительной части электропомещений.

4. Сокращение потерь электроэнергии за счет устранения реакторов.

5. Снижение стоимости электромонтажных работ (430 тыс.руб. и 40 тыс.руб. по вариантам, соответственно).

7. Сокращение сроков реконструкции.

На рис.Iб показана схема, иллюстрирующая возможность подключения к трансформатору дополнительной нагрузки, не изменяя его мощности. Такая ситуация широко имеет место в промышленности, т.к. мощности понизительных трансформаторов выбира-

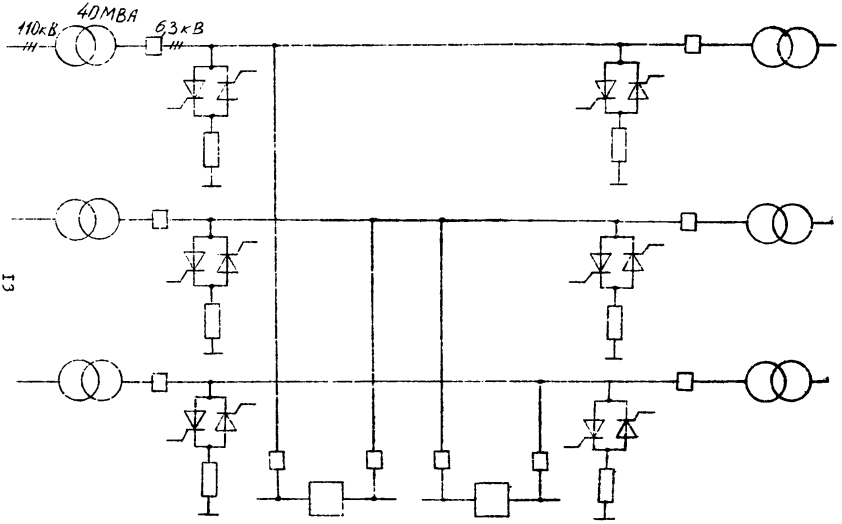


Рис.5

втся по условиям пуска и самозапуска двигательной нагрузки. Переход к безреакторным схемам позволяет рационально использовать трансформаторную мощность, отказаться в ряде случаев от строительства дополнительных подстанций.

На рис.6 показана схема одной из расширяемых фабрик (новое строительство - проектировщик институт Механобр и ВНИПИ ТПЭП).

Проектом предусматривалось строительство дополнительной подстанции 110 кВ и установка на ней двух трансформаторов по 25 МВА.

Установка дополнительной подстанции оказалась необходимой по условиям обеспечения пусковых режимов несмотря на то, что суммарная нагрузка - действующая и вновь вводимая - загружает существующую ТЭЦ не более чем на 70%. Организация безреакторной сети (рис.7) позволила отказаться от строительства двухтрансформаторной подстанции 110 кВ и подключить вновь вводимую нагрузку к действующей подстанции. Экономия капзатрат составила более 1 млн.руб.

На рис.1в показан вариант использования ТОУ, включаемого на стороне высшего напряжения группы цеховых понизительных трансформаторов. При этом обеспечивается ограничение токов к.з. в сети 0,4 кВ и решается задача параллельной работы трансформаторов в сетях 0,4 кВ. Длительность работы ТОУ в данной схеме равна, примерно, периоду переменного тока.

На рис.1г показана система, обеспечивающая токоограничение при повреждениях в сетях постоянного тока. Реализованная в МЧИ система вида рис.1г. обеспечивает глубокое токоограничение на тяговых подстанциях, где контурные токи короткого замыкания в сетях 3,3 кВ составляют 100 кА и более.

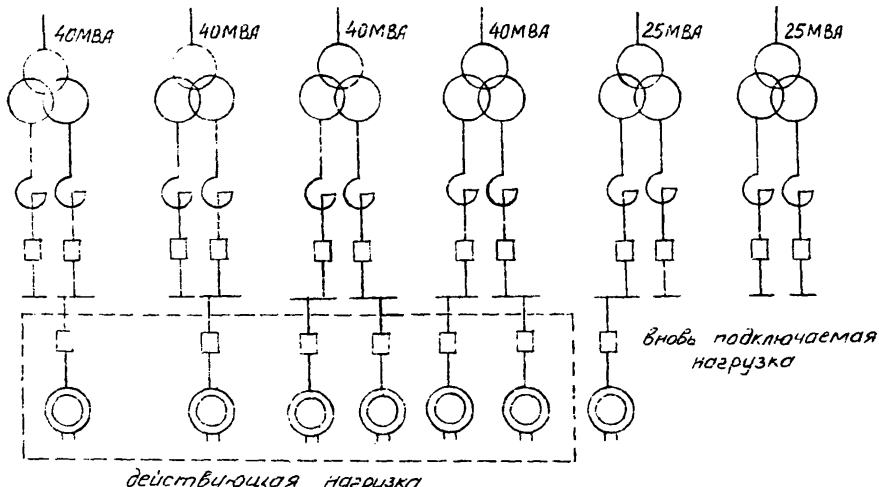

40МВА
40МВА
40МВА
40МВА
25МВА
25МВА
вновь подключаемая нагрузка
действующая нагрузка

Рис.6

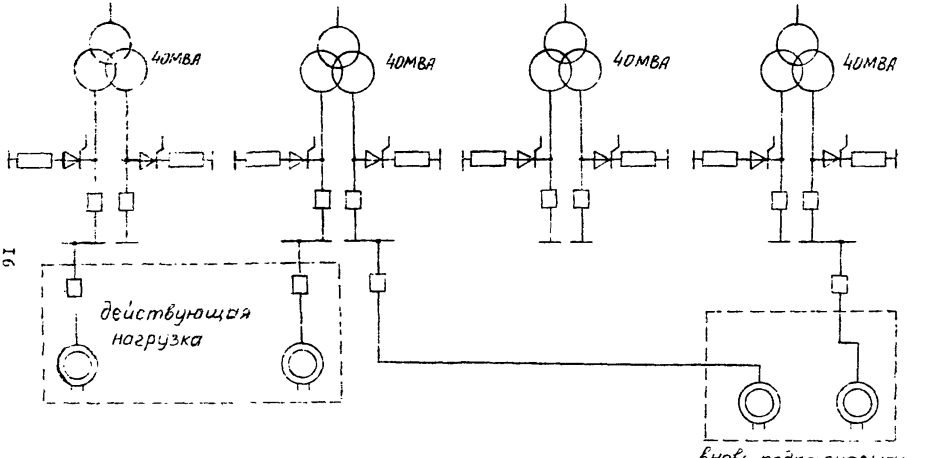

40МВА
40МВА
40МВА
40МВА
действующая нагрузка
вновь подключаемая нагрузка

Рис. 7

На рис.1д приведена принципиальная схема бесконтактного распредустройства напряжением 6,10 кВ.

Устройство скомпановано на базе тиристорных выключателей ТВ...ТВп и общего для всего распредустройства блока искусственной коммутации ИК, содержащего шесть тиристорных групп, соединенных в мостовую схему с $\angle C$ - контуром в диагонали.

Тиристоры блока ИК обеспечивают подключение $\angle C$ - контура при любом виде повреждения со стороны потребителей, включенных через выключатели ТВ1...ТВп .

Тиристорные выключатели являются многофункциональными аппаратами, совмещающими в себе функции коммутации, регулирования мощности, подводимой к электроприёмнику, мягкого пуска и др.

В связи с этим устройство целесообразно применять для питания часто коммутируемых электроприёмников (электропривода дробилок и др.), для регулирования мощности печей сопротивления, дуговых электропечей энергии и др.

Коммутирующий $\angle C$ контур бесконтактного КРУ, обеспечивающий заданную степень токоограничения, устанавливается один на группу электроприёмников. Его параметры определяются требуемой степенью токоограничения, параметрами сети ($\frac{I_{ном}}{I_{max}}$), индуктивностью сети $L_c, L_к$ и контура разряда емкости, временем восстановления тиристора $t_в$. Эти параметры и предельная $C_к$ определяются по номограмме.

На рис.8 показана номограмма для определения величины емкости контура коммутации Ск. На рис.9 показаны предельные зоны действия блока принудительной коммутации в сетях с мощностью 100÷1500 МВА в сетях 6,10 кВ.

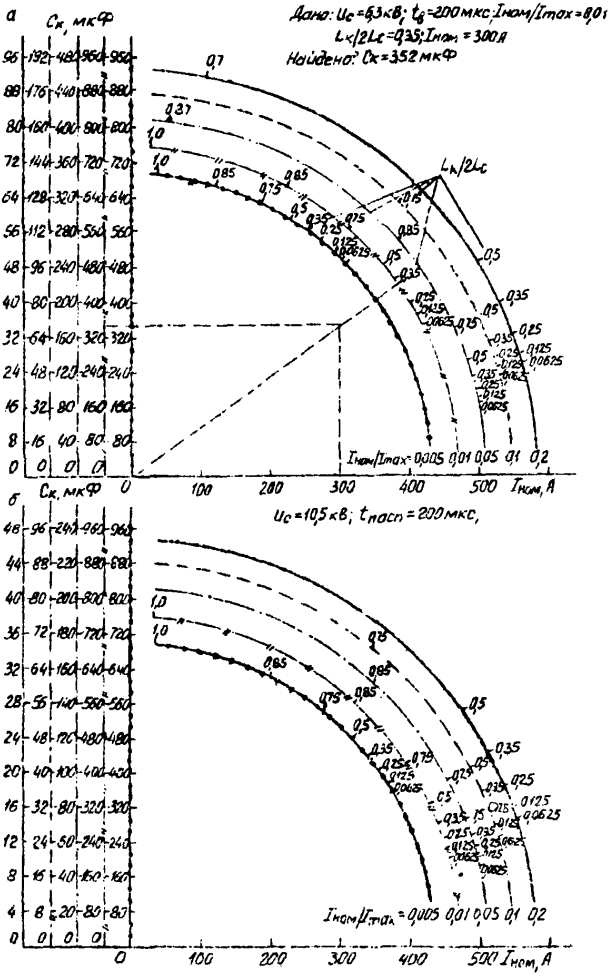


Рис. 8 Номограммы для определения параметров коммутирующей емкости.
а - для сети 6,3кВ, б - для сети 10,5кВ

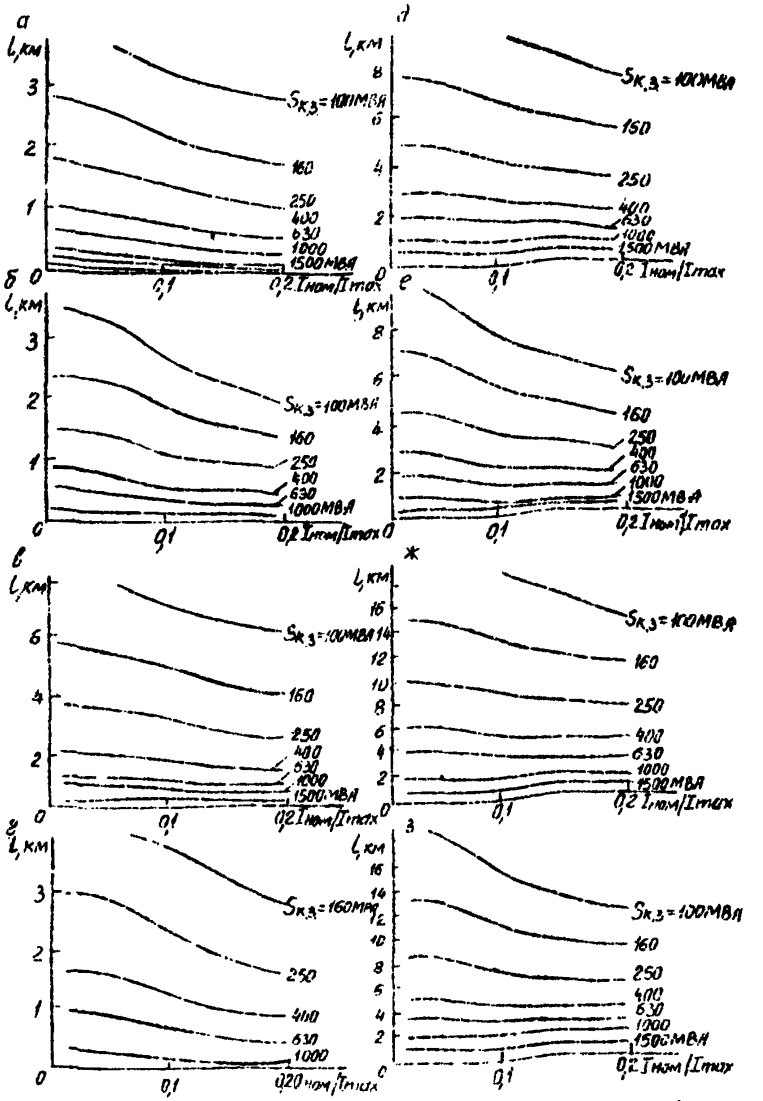


Рис. 9 Граничные зоны действия контура искусственной коммутации

а, б-статическое КРУ-6,3кВ для воздушной линии, с паспортным временем восстановления тиристора соответственно 100, 200 мкс, в, г-статическое КРУ 6,3 кВ для кабельной линии с паспортным временем восстановления тиристоров соответственно 100 и 200 мкс, д-з-аналогичные зависимости для статического КРУ 10,5 кВ

В СССР высоковольтная бесконтактная аппаратура переменного напряжения 6,10 кВ выпускается в настоящее время рядом ведомственных предприятий, ведутся работы по ее серийному освоению в МЭТПе.

По всем вопросам, связанным с разработкой проектов на основе перечисленных выше технических решений, обращаться по адресу: 191119, Ленинград, ул.Днепропетровская, 31/33, ЛенПЭО ВНИИПроектэлектромонтаж, тел.164-01-77.

ЛенПЭО ВНИИПЭМ Зак. 76 Тир.200 11.03.86

gost.e-ecolog.ru