



ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ
имени Ф.Б. ЯКУБОВСКОГО



РУКОВОДСТВО
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТОВ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ
В СЕТЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

М3662

/ Главный инженер института

Зименков М.Г.

Отдел - СЭС

СОГЛАСОВАНО:

Начальник технического
отдела института

Начальник отдела

Чугункин Е.В.

Годгельф Л.Б.

Руководитель темы

Корогодский В.И.

Председатель Совета НОТ

Е.В. Добрынин

Москва, 1979 г.

Удерживание тома (попки) основано
 на комплекте работ тех. и проектн.
 на документах, др. следов. процедуры

Формат ФОРМ-78
 ФОРМ-79
 ФОРМ-80

Взам. инв. №
 Взам. инв. №
 Подп. и дата
 Инв. № подл.

Нач. ОП
 Взам. инв. №
 ФОРМ-78

Обозначение	Наименование	Кол. листов	Примечание
M3662-1	Обложка и титульный лист	2	
M3662-2	Содержание тома	1	
M3662-3	Текстовая часть	31	
M3662-4	Формулы расчета сопротивлений элементов схемы замещения /индуктивных/	3	
M3662-5	Формулы расчета сопротивлений элементов схемы замещения /активных/	3	
M3662-6	Расчет токов коротких замыканий Пример № 1.	9	
M3662-7	Расчет токов коротких замыканий Пример № 2.	17	
M3662-8	<u>Приложение 1.</u> Таблицы сопротивлений элементов. Схемы замещения	8	
M3662-9	<u>Приложение 2.</u> Вспомогательные материалы для расчета токов к.з.	8	

M3662-2

Руководство по выполнению расчетов токов короткого замыкания в сетях промпредприятий

Нач. отд. Кудзин
 И. спец. Кобородкин
 И. канц. Меньшик
 Инж. Ковалевская
 Крыль

Страна	Лист	Листов
	I	1

Содержание тома

ВНИПИ
 ТЯЖПРОЭЛЕКТРОПРОЕКТ
 ИМЕНИ В.Я.УЗЛОВСКОГО
 МОСКВА

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Введение	2
2. Составление расчетной схемы и схемы замещения	3
3. Выбор расчетного режима	9
4. Расчеты токов коротких замыканий	14
4.1. Расчеты токов коротких замыканий в радиальной схеме	14
4.2. Расчеты токов коротких замыканий в схеме, где точка короткого замыкания находится за общим для группы электродвигателей сопротивлением	21
4.3. Расчеты токов коротких замыканий в схеме, где точка короткого замыкания находится за общим для группы электродвигателей и источника электроснабжения (системы) сопротивлением	25
5. Рекомендации по оформлению проектной документации	29
6. Литература	31

ЧИМ № мод. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Основн. комплект работ, чертежи и текстов. документов и проектной документации вр. стад. проектирования | Форма | Взам. инв. № | Уч. ОП

M3662-3									
<i>Руководство по выполнению расчетов токов короткого замыкания в сетях промышленных предприятий</i>									
Инж. М. Канюк	Инж. М. Канюк	Инж. М. Канюк	12.79						
Инж. М. Канюк	Инж. М. Канюк	Инж. М. Канюк	12.79						
Инж. М. Канюк	Инж. М. Канюк	Инж. М. Канюк	12.79						
Текстовая часть			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 30%;">Стадия</th> <th style="width: 35%;">Лист</th> <th style="width: 35%;">Листов</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">31</td> </tr> </table>	Стадия	Лист	Листов	1	1	31
Стадия	Лист	Листов							
1	1	31							
ВНИИ ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕК ИМЕНИ Ф. Б. ЯКУБОВСКОГО МОСКВА									

I. ВВЕДЕНИЕ

Руководство составлено отделом электроснабжения и подстанций Центрального производства (г. Москва) Всесоюзного ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательского и проектного института "Тяжпромэлектропроект" им. Ф.Б.Якубовского (ВНИИ ТИЭП) по плану пересмотра действующих и разработки новых нормативных документов Госстроя СССР.

Руководство по своему назначению и содержанию соответствует требованиям главы СНиП I-I-74 "Система нормативных документов. Основные положения" и учитывает изменения и дополнения к этой главе, утвержденные постановлением Госстроя СССР № 163 от 10 августа 1978 г.

В Руководстве рассматривается применения отдельных положений главы I-4 Правил устройства электроустановок (ПУЭ), "Инструкции по проектированию электроснабжения промышленных предприятий" (СН-I74-75) и ГОСТ 687-70 "Выключатели переменного тока высокого напряжения. Общие технические требования" к расчету токов трехфазных коротких замыканий (т.к.з.) в сетях напряжением выше 3-10 кВ для выбора и проверки электрических аппаратов и проводников по условиям коротких замыканий (к.з.).

Руководство содержит рекомендации по содержанию и оформлению проектной документации с расчетами токов к.з., методические указания по нахождению необходимых значений т.к.з. и примеры расчетов в сетях напряжением 6-10кВ.

Кроме того, приведены некоторые вспомогательные и справочные материалы, которые могут понадобиться при проектировании.

Уч. № подл.	Изд. и дата	Взам. инв. №	Классиф. группа, работы, территории и объекты, для которых и в какой срок вводится в действие, и перечень организаций, в которых применяется в своей деятельности.	Форма	Взам. инв. №	Изд. и дата
				Ф 03-78-А-2	Ф 03-78	Фев. 81

М3662-3

Лист

2

При составлении Руководства широко использовались методические и проектные материалы ВНИИ ТЭП, а также "Руководящие указания по расчету коротких замыканий, выбору и проверке аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания" (I-я редакция), разработанные Московским ордена Ленина Энергетическим Институтом и введенные в действие Решением Главного технического управления по эксплуатации энергосистем Министерства энергетики и электрификации СССР № 8-8/3 от 25 декабря 1975 г.

Руководство заменяет в части расчетов т.к.з. для выбора и проверки оборудования напряжением выше 1000 В нормаль проектной документации НИ83-74 (I-я редакция) "Электроснабжение и подстанции. Расчеты".

В работе принимали участие С.Г.Шестakov, М. Кашинская и В.И.Корогодский.

Настоящая редакция Руководства является первой.

2. СОСТАВЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ И СХЕМЫ ЗАМЫЩЕНИЯ

2.1. Расчетная схема для определения токов коротких замыканий представляет собой, как правило, однолинейную схему электрической сети, в которой работают электрические аппараты и проводники, подлежащие выбору и проверке по условиям короткого замыкания.

2.2. В расчетную схему вводятся все генераторы, синхронные компенсаторы, синхронные и асинхронные электродвигатели напряжением выше 1000 В, имеющие небольшую электрическую удаленность от точки к.з., а также трансформаторы, автотрансформаторы, реакторы, токопроводы, воздушные и кабельные линии, связывающие источники питания с местом короткого замыкания.

Изм. № 001, Подп. и дата: _____
 Дата изд. №: _____
 Издатель: _____
 Место работы, территориальный отдел, районный комитет электротехники: _____
 Ф.И.О. автора: _____
 Взам. инд. №: _____
 Ф.И.О. исполнителя: _____
 Уч. №: _____

M3662-3

Лист	3
------	---

а) для каждого обобщенного эквивалентного источника - наименование (например: "энергосистема" или "ТЭЦ"); заданная величина периодической составляющей начального тока $I_{no, (кА)}$ или соответствующей мощности $S_{no, (МВА)}$ трехфазного к.з. в месте присоединения указанного источника к сети, где рассчитываются токи к.з.;

б) для генераторов - условное обозначение (например, $G1$) номинальная мощность, $\cos \varphi_n$; X_d'' и постоянная времени T_d, c ;

в) для синхронных компенсаторов - условное обозначение (например, GC), номинальная мощность, X_d'' и постоянная времени T_d, c ;

г) для синхронных двигателей - условное обозначение (например, $МБ$ или $М1$), номинальная мощность; $\cos \varphi_n$ и к.п.д.; X_d'' или кратность пускового тока;

д) для асинхронных двигателей - условное обозначение (например, $М$ или $М2$), номинальная мощность; $\cos \varphi_n$ к.п.д.; кратность пускового тока,

е) для трансформаторов и автотрансформаторов - условное обозначение (например, $Т1$), номинальная мощность; номинальное напряжение обмоток; напряжение короткого замыкания;

ж) для реакторов - условное обозначение (например, $LR1$), номинальное индуктивное сопротивление (в омах) и номинальный коэффициент связи (только для двоясных реакторов);

з) для воздушных и кабельных линий электропередачи - условное обозначение (например, $ВЛ$ или $КЛ$); удельное индуктивное и активное сопротивления $\frac{R_{\text{линии}}}{L}$ для длины линии, (кМ);

и) для токопроводов - условное обозначение (например, L); наибольшее удельное активное и индуктивное сопротивления фаз; длины токопровода.

М3662-3

Лист
5

Примечание: значения номинальной мощности в п.п. 2.6(б+г) указываются в (кВт), а в п. 2.6(е) — в (МВ·А).

2.7. Допускается при изображении на расчетной схеме однопольных, одинаково соединенных с точкой короткого замыкания электродвигателей, показывать их в виде одного эквивалентного двигателя, мощность которого записывается в виде: число объединенных двигателей умноженное на мощность единичного двигателя.

2.8. Схема замещения составляется на основании расчетной схемы, все элементы которой представляются соответствующими сопротивлениями, а элементы, генерирующие ток короткого замыкания, вводятся как внутренними индуктивными сопротивлениями, так и источниками Э.Д.С.

2.9. Все трансформаторные связи в расчетной схеме на схеме замещения представляются электрическими.

2.10. При составлении схемы замещения и в последующем расчете токов к.з. не учитывается:

- расхождение по фазе векторов Э.Д.С. источников питания;
- емкостные проводимости на землю линий электропередачи напряжением до 220 кВ включительно;
- насыщение магнитных систем генераторов, трансформаторов и электродвигателей;
- различие значений сверхпереходных сопротивлений по продольной и поперечной осям синхронных машин;
- возможная несимметрия трехфазной системы;
- качания генераторов и синхронных электродвигателей;
- влияние регулирования коэффициента трансформации силовых трансформаторов на величину напряжения короткого замыкания ($U_k\%$) этих трансформаторов;
- влияние активных сопротивлений различных элементов расчетной схемы на величину периодической составляющей тока короткого замыкания в начальный момент времени, если суммар-

Изд. №	Лист №	Всего л.	Формы	Всего л.	Кол. стр.
			Ф09-18-02	Ф09-78	К.ф.м.

Исход. данные, расчеты, таблицы и приложения
Корректировки по стад. проектирования

- значения периодической составляющей тока к.з. к моменту времени ζ размыкания силовых контактов выключателя;
- значения аperiodической составляющей тока к.з. к моменту времени ζ ;
- значение ударного тока к.з.

2.19. Кроме указанной в п. 2.18 схемы замещения для расчета значений аperiodической составляющей тока к.з. к моменту времени ζ и ударного тока к.з. для случая, когда точка к.з. находится за обжимом для группы электродвигателей сопротивлением или за обжимом для электродвигателей и системы сопротивлением (M3662-7) - используется схема замещения, в которой все элементы расчетной схемы представлены активными сопротивлениями. Допускается совмещать схему замещения с активными сопротивлениями со схемой по п. 2.18, указывая значения активных сопротивлений в скобках (см. пример расчета 2).

Примечание: $\tau = 0,15c$ - суммарное время срабатывания релейной защиты и выключателя

3. ВЫБОР РАСЧЕТНОГО РЕЖИМА

3.1. Выбор расчетного режима включает в себя определение места короткого замыкания и состояния расчетной схемы, при которых значения токов, проходящих через аппараты и проводники, подлежащие выбору и проверке по условиям к.з., оказываются наибольшими из возможных.

3.2. Для определения места короткого замыкания учитывают следующие положения:

3.2.1. Для выбора и проверки выключателей нерезектированных линий 3-10 кВ, отходящих от сборных шин распределительных устройств, расчетным обычно является короткое замыкание за выключателем пассивного элемента (т.е. элемента не генерирующего ток короткого замыкания), считая от сборных шин. Остальные

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Основн. произ. работ, термический и механический, и др. работ и прокатных, изготовительский др. стан. Арзрум	Форма	Взам. инв. №	Исх. №
				Ф09-79А-а2	Ф09-78	а/а

M3662-3

Лист
9

выключатели по условиям короткого замыкания, как правило, не выбираются и не проверяются (рис.3-1 и 3-2), так как они находятся в более легких по сравнению с проверяемым условиях.

3.2.2. При отсутствии пассивных элементов среди отходящих нерезактированных линий расчетным обычно является короткое замыкание за выключателем линии к наименьшему по мощности асинхронному, а при отсутствии асинхронных - синхронному двигателю (рис. 3-3).

3.2.3. Для выбора и проверки выключателей реактированных линий, независимо от того с какой стороны от реактора (до реактора или после него) они установлены, расчетным считается короткое замыкание за реактором, считая от сборных шин (рис. 3-4). При этом должны быть выполнены условия, указанные в § 1-4-7 п.4.

3.2.4. Секционные выключатели, включенные последовательно с реактором должны быть выбраны и проверены по условиям короткого замыкания на участке между выключателем и реактором (рис. 3-4).

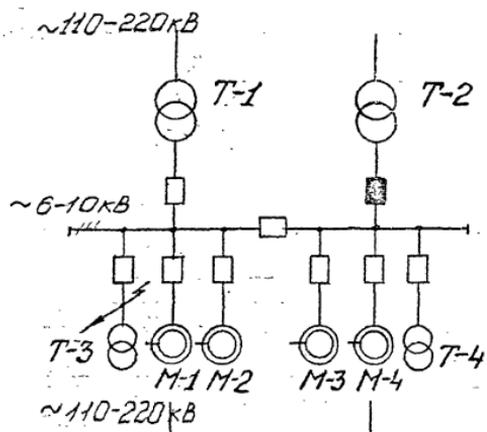
3.2.5. По режиму короткого замыкания не проверяются:

- проводники в цепях к индивидуальным электроприемникам и цеховым трансформаторам общей мощностью до 1000 кВ.А с высшим напряжением до 20 кВ, если в электрической или технологической частях предусмотрена необходимая степень резервирования, если повреждение проводника при коротком замыкании не может вызвать взрыва, если возможна замена проводника без значительных затруднений;
- проводники в цепях измерительных трансформаторов напряжений;
- проводники к неответственным индивидуальным приемникам или распределительным пунктам меньшей мощности, если повреждение проводника не может вызвать взрыва;

Умк. № мод.	№ докум. дата	Взам. инв. №	Исполн. долж. работ, терминов и, техник. абр., терминов и, сокращений, по стандарту	Форма	№ 09-191-12	Взам. инв. №	№ 09-18	№ докум.
-------------	---------------	--------------	---	-------	-------------	--------------	---------	----------

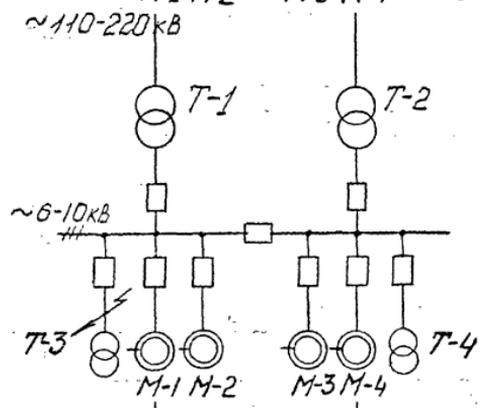
M3662-3

Лист
10



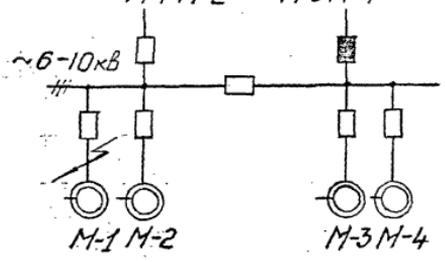
Для режима
РАЗДЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Рис. 3-1



Для режима
ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Рис. 3-2



Для режима
РАЗДЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Рис. 3-3.

В цепи реактора устанавливается
только один выключатель: либо А0,
либо ПОСЛЕ реактора, считая от шин.

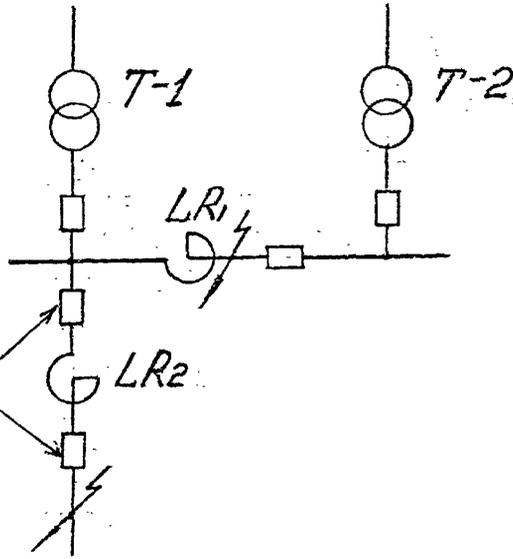


Рис. 3-4

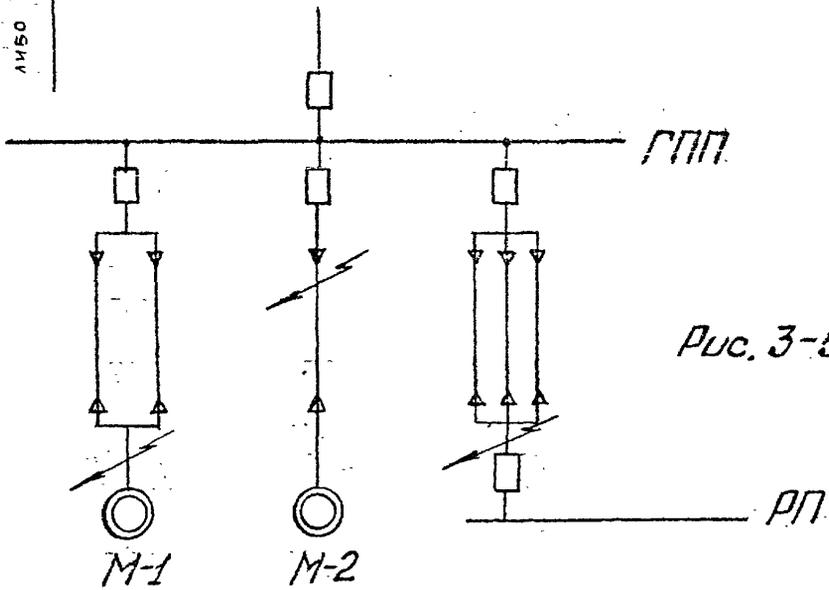


Рис. 3-5

- аппараты и проводники, защищенные плавкими предохранителями со вставками на $I_n \leq 60 \text{ A}$ - (по динамической стойкости) и независимо от номинального тока (по термическую стойкость);
- провода отходящих воздушных линий.

3.2.6. Проверка термической стойкости пучка, состоящего из двух и более параллельно включенных кабелей, производится по току короткого замыкания непосредственно за пучком (рис. 3-5). В этом случае каждый кабель пучка проверяется по току: $\frac{I_k}{n}$, где n - число кабелей в пучке.

3.3. При определении состояния расчетной схемы, обеспечивающего протекание через аппараты и проводники, подлежащие выбору и проверке по условиям короткого замыкания, наибольшего тока, рекомендуется принимать во внимание следующее:

3.3.1. Если в схеме электроснабжения предусмотрена раздельная работа питающих источников на сборные шины 3-10 кВ, разделенные нормально отключенным секционным выключателем, то расчетным состоянием исходной схемы обычно является режим, когда один из трансформаторов отключен, а секционный выключатель включен (рис. 3-1). При этом все электродвигатели должны находиться в работающем состоянии.

3.3.2. В схеме электроснабжения, в которой предусмотрена параллельная работа питающих источников, расчетным состоянием обычно является нормальный режим исходной схемы. При этом следует отдельно рассмотреть необходимость учета всех или части электродвигателей (рис. 3-2).

3.4. При расчетах термической стойкости следует руководствоваться также п. 1-4-8 ПУЭ, определяющим способ вычисления расчетного времени.

Изм. № подл.	Изд. и дата	Взам. инв. №	Форма	Взам. инв. №	Исход. проект и расчеты
			Ф09-78-р-2	Ф09-78	Исход. проект и расчеты
				Ф09-78	Исход. проект и расчеты
				Ф09-78	Исход. проект и расчеты

4. РАСЧЕТЫ ТОКОВ КРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ

4.1. Расчеты токов коротких замыканий в радиальной схеме (рис. 4-1)

4.1.1. Для выполнения расчетов токов к.з. в радиальной схеме, в которой каждый двигатель связан с точкой к.з. индивидуальным внешним сопротивлением; схема замещения с индуктивными сопротивлениями путем преобразований приводится к простейшему виду.

4.1.2. На окончательно преобразованной схеме замещения должны быть показаны:

- ветвь источника электроснабжения (системы) с Э.Д.С. $E_c = I$ и внешним результирующим сопротивлением X_c ;
- ветви всех электродвигателей с соответствующими ЭДС и сопротивлениями.

Допускается объединять группу одинаковых двигателей, одинаково соединенных с точкой к.з., в один эквивалентный с соответствующим пересчетом сопротивления ветви по формуле:

$$X_{M\Sigma} = \frac{X_M + X_{вн}}{n} \quad (4-1)$$

- где X_M - сопротивление (о.е.) одного электродвигателя ;
 $X_{вн}$ - сопротивление (о.е.) от зажимов электродвигателя до точки к.з. ;
 n - количество одинаковых двигателей.

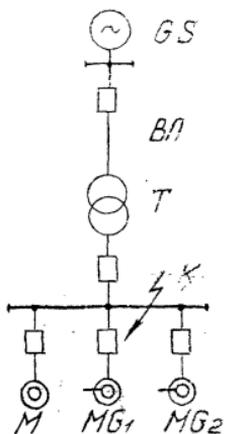
4.1.3. Начальное значение периодической составляющей тока короткого замыкания от источника электроснабжения (системы) составляет:

Уч. № маш.	Идентиф. дата	Ввод. инв. №	Исполн. крм. работ, термехов и электромонтажников и работников электротехнической др. спец. предприятий	Формат	№ 09-78/22	Взамен	№ 09-78	Нов. тип	Л.баш.
------------	---------------	--------------	---	--------	------------	--------	---------	----------	--------

М3662-3

Лист

14



РАДИАЛЬНАЯ СХЕМА

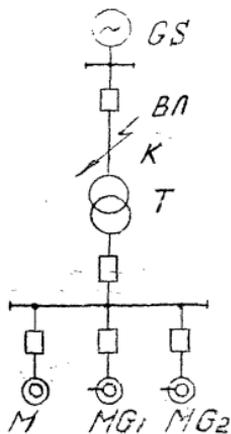


СХЕМА С ОБЩИМ ДЛЯ ГРУППЫ ДВИГАТЕЛЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

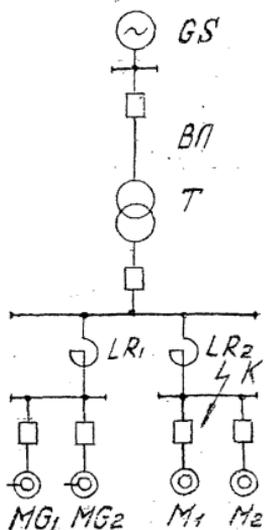


СХЕМА
С ОБЩИМ ДЛЯ ГРУППЫ
ДВИГАТЕЛЕЙ И СИСТЕМЫ
СОПРОТИВЛЕНИЕМ

Рис 4-1

МЗББЗ-З

Лист
15

$$I_{\text{ног}} = \frac{E_c}{X_c} \cdot I_{\delta} = \frac{1}{X_c} I_{\delta} \quad [\text{кА}] \quad (4-2)$$

4.1.4. Начальное значение периодической составляющей тока короткого замыкания от группы из n одинаковых асинхронных двигателей рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{ном}\Sigma} = \frac{n}{X_M + X_{BН}} I_{\delta} \quad (\text{кА}) \quad (4-3)$$

или, если до выполнения расчета группа двигателей была объединена в один эквивалентный:

$$I_{\text{ном}\Sigma} = \frac{1}{X_{M\Sigma}} I_{\delta} \quad (\text{кА}) \quad (4-4)$$

ПРИМЕЧАНИЕ: В случае, когда внешним сопротивлением в ветви электродвигателя можно пренебречь (например, при соединении точки к.з. с двигателем только кабелем) допускается начальное значение периодической составляющей тока к.з. от группы из n — одинаковых асинхронных двигателей вычислять по выражению:

$$I_{\text{ном}\Sigma} = n I_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{н}} \quad (\text{кА}) \quad (4-5)$$

где $I_{\text{пуск}}$ — номинальное значение краткости пускового тока;

$I_{\text{н}}$ — номинальный ток одного асинхронного двигателя;

n — количество одинаковых асинхронных двигателей.

4.1.5. Начальное значение периодической составляющей тока короткого замыкания от группы из n одинаковых синхронных двигателей рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{ном}\Sigma} = \frac{n E''}{X_{M\Sigma} + X_{BН}} \cdot I_{\delta} \quad (\text{кА}) \quad (4-6)$$

Умк № подл. Подп. и дата
 Дата и время
 Форма
 Ф09-78-02
 Ф09-78
 №ч. 01П
 4-фазн.
 Особ. прим. работ, термехов и
 электродвигателей и, реактивной
 составляющей др. стоб. аппаратов.

где E'' - сверхпереходная Э.Д.С. синхронного двигателя (о.е)
 X_{MG} - сопротивление синхронного двигателя (о.е);
 X_{6H} - то же, что и в формуле (4-1).

Если до выполнения расчета группа двигателей была объединена в один эквивалентный с сопротивлением X_{HBE} , определенным по формуле (4-1), то:

$$I_{ПOMBE} = \frac{E''}{X_{HBE}} \cdot I_{\delta} \quad (KA) \quad (4-7)$$

ПРИМЕЧАНИЕ: В случае, когда внешним сопротивлением в ветви электродвигателя можно пренебречь (например, при соединении точки к.з. с двигателем только кабелем) допускается начальное значение периодической составляющей тока к.з. от группы из n одинаковых синхронных двигателей вычислять по выражению:

$$I_{ПOMBE} = \frac{E''}{X_d'} \cdot I_H \quad (KA) \quad (4-8)$$

где: X_d' - сверхпереходное сопротивление электродвигателя (о.е)
 I_H - номинальный ток электродвигателя (KA).

4.1.6. Значение периодической составляющей тока к.з. от источника электроснабжения (системы) к моменту времени ζ размыкания силовых контактов выключателя принимается равным начальному значению периодической составляющей:

$$I_{ПЭС} = I_{ПЭС} \quad (KA) \quad (4-9)$$

4.1.7. Значение периодической составляющей тока к.з. к моменту времени ζ от асинхронных двигателей в общем случае подсчитывается по формуле:

Умк. № подл. Подп. и дата
 Взам. инв. №
 Форма
 Дата
 Измен. №
 Учв. инв. №

Испыт. прил. работ, термехов и
 расчетной электротехники и
 электротехники и электротехники
 электротехники и электротехники

$$I_{пгем} = I_{ном} e^{-\frac{\Sigma}{T_{эм}}} \quad (КА) \quad (4-10)$$

где $T_{эм}$ - расчетная постоянная времени, составляющая для большинства асинхронных двигателей 0,04-0,06 с.

Для момента времени $\Sigma = 0,15$ с, если отношение

$$\frac{I_{ном}}{I_{пос} + I_{ном}} \leq 3, \quad \text{значение } I_{пгем} \text{ можно принимать равным нулю.}$$

При этом погрешность расчетов не превысит 6%.

4.1.8. Значение периодической составляющей тока к.з. к моменту времени Σ от синхронных двигателей рассчитывается по формуле:

$$I_{пгемо} = \gamma \cdot I_{пгемо} \quad (КА) \quad (4-11)$$

где γ - коэффициент, определяемый в зависимости от типа двигателя и времени Σ по кривым рис. П2-1 (М3662-9 лист 2)

При $\Sigma = 0,15$ можно пользоваться значениями γ , приведенными в таблице 4-1.

Таблица 4-1

Тип двигателя	СТМ	ВДС СДН	СТД
	Значение коэффициента γ	0,72	0,65

М3662-3

Лист
18

Умк. № подл. Подл. и дата
Взам. инв. №
Осн. код. инв. №
Форма
Ф09-10А-02
Взам. инв. №
Ф09-78
Нач. ОП
Взам. инв. №
Ф09-78

4.1.9. Значение аperiodической составляющей тока к.з. от источника электроснабжения (системы) к моменту времени τ вычисляется по формуле:

$$I_{acc} = \sqrt{2} \cdot I_{noc} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_a}} \quad (\text{кА}) \quad (4-12)$$

где T_a - постоянная времени, значение которой приближенно определяется по табл. П2-1 (М3662-9 лист 6)

4.1.10. Значение аperiodической составляющей тока к.з. от асинхронных двигателей в общем случае подсчитывается по формуле:

$$I_{acc} = \sqrt{2} \cdot I_{ном} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{ам}}} = \sqrt{2} \cdot I_{лсм} \quad (\text{кА}) \quad (4-13)$$

где: $T_{ам}$ - расчетная постоянная времени (см.п.4.1.7).

Для момента времени $\tau = 0,15$ с значение I_{acc} можно принимать равным нулю, если отношение

$$\frac{I_{ном}}{I_{noc} + I_{ном}} \leq 3$$

4.1.11. Значение аperiodической составляющей тока к.з. от синхронных двигателей рассчитывается по формуле:

$$I_{acc} = \sqrt{2} \cdot I_{номг} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{амг}}} \quad (\text{кА}) \quad (4-14)$$

где $T_{амг}$ - постоянная времени, значение которой определяется по рис. П2-2 в зависимости от типа и мощности двигателя (М3662-9 лист 3).

При наличии в ветви с электродвигателем постоянно включенного реактора с номинальным током 1000 А и более значение $T_{амг}$ принимается на 0,02 с меньше, чем на рис. П2-2.

4.1.12. Составляющая ударного тока к.з. от источника электроснабжения (системы) определяется по выражению:

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Форма	Ф09-79Л-м2	Взам. инв. №	Ф09-78	Нач. УТП	В. Басин
Основн. компл. работ, термехей и текстоб. документаб и проектноб. документаций др. стад. проектиров.								

$$I_{yc} = K_{yc} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{noc} \quad (\text{кА}) \quad (4-15)$$

где K_{yc} - ударный коэффициент для ветви источника (системы), значение которого приближенно определяется по табл. П2-1 (М3662-9 лист 8).

4.1.13. Составляющая ударного тока к.з. от асинхронных двигателей вычисляется по формуле:

$$I_{ym} = K_{ym} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{ном} \quad (\text{кА}) \quad (4-16)$$

где K_{ym} - ударный коэффициент для ветви асинхронного двигателя, принимаемый равным 1,6.

4.1.14. Составляющая ударного тока к.з. от синхронных двигателей определяется по формуле:

$$I_{ymc} = K_{ymc} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{номc} \quad (\text{кА}) \quad (4-17)$$

где K_{ymc} - ударный коэффициент для ветви синхронного двигателя, значение которого принимается по кривым рис. П2-2 в зависимости от типа и мощности двигателя (М3662-9, лист 3)

При наличии в ветви с электродвигателем постоянно-включенного реактора с номинальным током 1000 А и более ударный коэффициент принимается на 0,2 меньше, чем по кривым рис. П2-2.

4.1.15. Суммарное значение токов в месте к.з. находятся по формулам:

$$I_{noz} = I_{noc} + I_{ном} + I_{номc} \quad (\text{кА}) \quad (4-18)$$

$$I_{ncz} = I_{nc} + I_{ncm} + I_{ncmc} \quad (\text{кА}) \quad (4-19)$$

$$I_{acz} = I_{ac} + I_{acm} + I_{acmc} \quad (\text{кА}) \quad (4-20)$$

$$I_{yz} = I_{yc} + I_{ym} + I_{ymc} \quad (\text{кА}) \quad (4-21)$$

Учб. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Форма	Взам. инв. №	Исх. №
Формы	Ф09-78	Ф09-78	Ф09-78	Ф09-78	Ф09-78
Основн. компл. работ, чертежей и текстов док-ментов и проектной документации др. стад. проектиров.					

4-2. Расчеты токов коротких замыканий в схеме, где точка короткого замыкания находится за общим для группы электродвигателей сопротивлением

4.2.1. Расчеты токов коротких замыканий в схеме, где точка короткого замыкания находится за общим для группы электродвигателей сопротивлением, выполняются подобно тому как указывалось в п.4-1 после приведения данной схемы путем соответствующих преобразований к простейшему виду радиальной схемы замещения с индуктивными и активными сопротивлениями.

4.2.2. На окончательно преобразованной схеме замещения должны быть показаны:

- ветвь источника электроснабжения (системы) с Э.Д.С. $E_c = I$ и внешним результирующим сопротивлением, включающим сопротивления всех элементов от ЭДС до точки к.з.;
- ветви эквивалентных двигателей, объединяющие несколько электродвигателей в один с соответствующими значениями ЭДС и сопротивлений, причем сопротивление ветви эквивалентного двигателя включает в себя не только сопротивление группы объединенных электродвигателей, но и общее для них сопротивление до точки к.з.

4.2.3. Расчет параметров ветви эквивалентного электродвигателя ведется по следующим соотношениям:

4.2.3.1. Сопротивления ветви эквивалентного двигателя:

$$X_3^* = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{X_i^*}} + X_0^* \quad (4-22)$$

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Форма	Взамен	Нач. ОП
			Ф 09-19а-м.2	Ф 09-78	В.Браун
Основн. комп. работ, термехов и проектная документация и, проектно- документации др. стад. проектиров.					

M3662-3	Лист 28
---------	------------

$$Z_{\Sigma}^* = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{Z_i^*}} + Z_0^* \quad (4-23)$$

где: Z_i^* - относительное индуктивное сопротивление i -го двигателя;

Z_i^* - относительное активное сопротивление i -го двигателя;

X_0 - относительное индуктивное сопротивление, общее для группы из n двигателей;

Z_0^* - относительное активное сопротивление, общее для группы из n двигателей.

Для n одинаковых двигателей формулы 4-22 и 4-23 принимают вид:

$$X_{\Sigma}^* = \frac{X_i^*}{n} + X_0^* \quad (4-24)$$

$$Z_{\Sigma}^* = \frac{Z_i^*}{n} + Z_0^* \quad (4-25)$$

4.2.3.2. Значение ЭДС эквивалентного двигателя принимается:

$E_{\Sigma}^* = 1,07E$, если эквивалентный двигатель объединяет синхронные электродвигатели или группу синхронных и асинхронных двигателей.

и $E_{\Sigma}^* = 1$, если эквивалентный двигатель объединяет группу асинхронных двигателей.

4.2.4. Начальное значение периодической составляющей тока к.з. от источника электроснабжения (системы) составляет:

Умк. № подл.	Подп. и дата	Взам. умк. №	Основн. крипл. работ, термелей и устройств движ. машин и механизмов, документации др. спец. предприятий.	
			Форма Ф09-19Л-02	Ф09-78
			взамем	нач. ОП
			Ф09-78	А. Басин

M3662-3

Лист

22

23

$$I_{noc} = \frac{E_{*c}}{X_{*c}} I_{\delta} \quad (\kappa A) \quad (4-26)$$

4.2.5. Начальное значение периодической составляющей от ветви эквивалентного двигателя вычисляется по формуле:

$$I_{noz} = \frac{E_{*z}}{X_{*z}} I_{\delta} \quad (\kappa A) \quad (4-27)$$

4.2.6. Периодические составляющие тока к.з. к моменту времени $\tau = 0,15$ с принимаются равными:

$$I_{ntc} = I_{noc} \quad (\kappa A) \quad (4-28)$$

$$I_{ntz} = I_{noz} \quad (\kappa A) \quad (4-29)$$

Если эквивалентный двигатель заменяет группу асинхронных электродвигателей и отношение

$$\frac{I_{noz1}}{I_{noc} + I_{noz2}} \leq 3 \quad (4-30)$$

где I_{noz1} - начальное значение периодической составляющей тока к.з. от рассматриваемого эквивалентного двигателя;

I_{noc} - начальное значение периодической составляющей тока к.з. от источника электроснабжения (системы);

I_{noz2} - начальное значение периодической составляющей тока к.з. от эквивалентных двигателей, заменяющих группу, где имеются синхронные двигатели,

то значение периодической составляющей тока к.з. к моменту времени $\tau = 0,15$ с от данного эквивалентного двигателя принимается равным нулю:

$$I_{ntz1} = 0$$

Имя, № подл.	Подл. и дата	Взам. инв. №	Основн. журнал, работ, термехжей и текстоб. док-ментов и проектной документации др. стад. проектиров.	Форма Ф09-79, а-м2	Взамен Ф09-78	Нач. ОПП И.Браун
--------------	--------------	--------------	---	-----------------------	------------------	---------------------

M3662-3

Лист

23

24

4.2.7. Аперриодическая составляющая тока к.з. от источника электроснабжения (системы) к моменту времени $\tau = 0,15$ с определяется по формуле

$$i_{a1c} = \sqrt{2} I_{noc} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{ac}}} \quad (\text{кА}) \quad (4-31)$$

где $T_{ac} = \frac{X_c}{\omega \cdot Z_c} \quad (\text{с.}) \quad (4-32)$

4.2.8. Аперриодическая составляющая тока к.з. к моменту времени $\tau = 0,15$ с от ветви эквивалентного двигателя находится по выражению:

$$i_{a1z} = \sqrt{2} \cdot I_{noz} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{az}}} \quad (\text{кА}) \quad (4-33)$$

где $T_{az} = \frac{X_z}{\omega \cdot Z_z} \quad (\text{с.}) \quad (4-34)$

Если эквивалентный двигатель заменяет группу асинхронных двигателей и при этом выполняется соотношение (4-30), то аперриодическая составляющая тока к.з. к моменту времени $\tau = 0,15$ с от ветви этого двигателя принимается равной нулю.

4.2.9. Составляющая ударного тока к.з. от источника электроснабжения (системы) определяется по выражению:

$$i_{yc} = K_{yc} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{noc} \quad (\text{кА}) \quad (4-35)$$

где K_{yc} - ударный коэффициент для ветви источника (системы), значение которого определяется по кривым П2-4 (М3662-9, лист 5) в зависимости от величины T_{ac}

4.2.10. Составляющая ударного тока к.з. от ветви эквивалентного двигателя находится по формуле:

$$i_{yз} = K_{yз} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{noz} \quad (\text{кА}) \quad (4-36)$$

Инв. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №. Форма. Ф 09-19.8-м2. Ф 09-78. И. Ф. Формы. Наз. отп. Взам. инв. №. Ф 09-19.8-м2. Ф 09-78. И. Ф. Формы. Наз. отп.

Основн. коман. работ, термелей и перестройки др. стан. аппаратур.

M3662-3

Лист
24

где $K_{\text{уд}}$ - ударный коэффициент для ветви эквивалентного двигателя; значение которого принимается в зависимости от величины $T_{\text{аэ}}$ по кривым П2-4 (М3662-9 лист 5)

4.2.II. Суммарные значения токов в месте к.з. находятся по формулам:

$$I_{\text{лос}} = I_{\text{лос}} + \sum_{i=1}^n I_{\text{лос}i} \quad (\text{кА}) \quad (4-37)$$

$$I_{\text{лс}} = I_{\text{лс}} + \sum_{i=1}^n I_{\text{лс}i} \quad (\text{кА}) \quad (4-38)$$

$$L_{\text{лс}} = L_{\text{лс}} + \sum_{i=1}^n L_{\text{лс}i} \quad (\text{кА}) \quad (4-39)$$

$$L_{\text{лз}} = L_{\text{лз}} + \sum_{i=1}^n L_{\text{лз}i} \quad (\text{кА}) \quad (4-40)$$

4.3. Расчеты токов коротких замыканий в схеме,

где точка короткого замыкания находится за общим для группы электродвигателей и источника электроснабжения (системы)

сопротивлением

4.3.I. Для выполнения расчетов токов коротких замыканий в схеме, где точка короткого замыкания находится за общим для группы двигателей и источником электроснабжения (системы) сопротивлением, соответствующие схемы замещения с индуктивными и активными сопротивлениями путем преобразований приводятся к простейшему виду в два-этапа (рис. П2-5).

4.3.2. На преобразованной, после первого этапа схеме замещения должны быть показаны (рис. П2-5 б):

- ветвь источника электроснабжения (системы) с ЭДС $E_* = 1$ и внешним результирующим сопротивлением X_c , включающим *

Уч. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Форма	Взам. инв. №	Нач. ОП
			Ф09-79-1-12	Ф09-78	Иванов

сопротивления всех элементов до точки подключения этой ветви к общему сопротивлению (Z_0);

- ветви эквивалентных двигателей, объединяющие несколько электродвигателей в один с соответствующими значениями ЭДС и сопротивлений; причем сопротивление ветви эквивалентного двигателя включает в себя как сопротивление группы объединенных электродвигателей, так и общее для этой группы сопротивление до точки подключения его к Z_0 (рис. П2-58).

4.3.3. Параметры ветви эквивалентного двигателя определяются по формулам 4-22+4-25 и в соответствии с указаниями п. 4.2.3.

4.3.4. На окончательно преобразованной схеме замещения должны быть показаны (рис. П2-59)

- эквивалентная ветвь, объединяющая подключенные совместно (в одной точке) к общему сопротивлению ветвь источника электроснабжения (системы) и ветви эквивалентных двигателей и само общее сопротивление;
- ветви индивидуальных двигателей, подключенных к точке к.з.;
- ветви эквивалентных двигателей, непосредственно подключенные к точке короткого замыкания.

4.3.5. Расчет параметров эквивалентной ветви ведется по следующим соотношениям:

4.3.5.1. Сопротивление эквивалентной ветви:

$$X'_{*3} = \frac{1}{\frac{1}{X_c} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{X_{3i}}} + X_0 \quad (4-41)$$

$$Z'_{*3} = \frac{1}{\frac{1}{Z_c} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{Z_{3i}}} + Z_0 \quad (4-42)$$

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв. №	Форма	Взам. инв. №	Исх. инв. №
			Ф09-79а-м2	Ф09-78	Исх. инв. №
Основн. конст. работ, термехей и электротехн. работ и проектной документации др. стад. проектиров.					

- где $X_{\Sigma c}^*$ - относительное индуктивное сопротивление i -го эквивалентного двигателя ;
- $Z_{\Sigma c}^*$ - относительное активное сопротивление i -го эквивалентного двигателя ;
- X_c^* - относительное индуктивное сопротивление ветви источника электроснабжения (системы) ;
- Z_c^* - относительное активное сопротивление ветви источника электроснабжения (системы) ;
- X_0^* - относительное индуктивное сопротивление, общее для двигателей и источника электроснабжения (системы) ;
- Z_0^* - относительное активное сопротивление, общее для двигателей и источника электроснабжения (системы).

4.3.5.2. Значение Э.Д.С. в эквивалентной ветви принимается равным $E_{\Sigma}^{\prime} = I$.

4.3.6. Начальное значение периодической составляющей тока к.з. от эквивалентной ветви вычисляется по формуле:

$$I_{\text{поз}} = \frac{E_{\Sigma}^{\prime}}{X_{\Sigma}^{\prime}} I_{\Sigma} \quad \text{кА} \quad (4-43)$$

4.3.7. Начальное значение периодической составляющей тока к.з. от ветви эквивалентного двигателя, непосредственно подключенной к точке к.з., определяется по формуле (4-27).

4.3.8. Начальное значение периодической составляющей тока к.з. от индивидуального двигателя, непосредственно подключенного к точке к.з. вычисляется по формулам (4-3)+(4-8).

4.3.9. Периодические составляющие тока к.з. к моменту времени $T = 0,15$ с принимаются:

- для эквивалентной ветви:

$$I_{\text{поз}}^{\prime} = I_{\text{поз}} \quad (\text{кА}) \quad (4-44)$$

инв. л. - год. Подлн дата	Взам. инв. №	Форма	Ф 09-79 л. № 2	Науч. Отп
			Ф 09-79 л. № 2	Взам. инв.

Основн. контр. работ, термехов и текстов дик-неупов и преектной документации др. спец. проектиров.

- для ветви эквивалентного двигателя, непосредственно подключенной к точке к.з.:

$$I_{\text{кз}} = I_{\text{ноэ}} \quad (\text{кА}) \quad (4-45)$$

- для индивидуальных асинхронных и синхронных двигателей, непосредственно подключенных к точке к.з. - по формулам (4-10) и (4-11) с учетом пояснений п.п. 4.17 и 4.18.

4.3.10. Аперiodическая составляющая тока к.з. от эквивалентной ветви к моменту времени $\tau = 0,15$ с определяется по формуле:

$$i'_{\text{кз}} = \sqrt{2} \cdot I'_{\text{ноэ}} \cdot e^{-\frac{\tau}{T'_{\text{кз}}}} \quad (\text{кА}) \quad (4-46)$$

$$\text{где } T'_{\text{кз}} = \frac{X'_{\text{кз}}}{\omega \cdot Y'_{\text{кз}}} \quad (\text{с}) \quad (4-47)$$

4.3.11. Аперiodическая составляющая тока к.з. к моменту времени $\tau = 0,15$ с от ветви эквивалентного двигателя, непосредственно подключенной к точке к.з. находится по выражению (4-33) с учетом (4-34) и пояснений п. 4.2.8.

4.3.12. Аперiodические составляющие токов к.з. к моменту времени $\tau = 0,15$ с от индивидуальных асинхронных и синхронных двигателей, непосредственно подключенных к точке к.з. определяются по формулам (4-13) и (4-14) с учетом пояснений

п. 4.1.10.

4.3.13. Составляющая ударного тока к.з. от эквивалентной ветви вычисляется по формуле:

$$i'_{\text{кз}} = K'_{\text{кз}} \cdot \sqrt{2} \cdot I'_{\text{ноэ}} \quad (\text{кА}) \quad (4-48)$$

где $K'_{\text{кз}}$ - ударный коэффициент для эквивалентной ветви, значение которого определяется по кривым П12-4 в зависимости от величины $T'_{\text{кз}}$

Им. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Форма	Взамен	Исх. ОП
			Ф09-79г.-мг	Ф09-78	28

Основн. коман. работ, термехов и лексост. движ. машин и агрегатов, документации в р. стан. проектиров.

M3662-3

Исх
28

9

4.3.14. Составляющая ударного тока к.з. от ветви эквивалентного двигателя, непосредственно подключенной к точке к.з. определяется по формуле (4-36).

4.3.15. Составляющие ударного тока к.з. от индивидуальных синхронных и асинхронных двигателей, непосредственно подключенных к точке к.з. вычисляются по выражениям (4-16), (4-17).

4.3.16. Суммарные значения токов к.з. в месте к.з. находятся по формулам:

$$I_{\text{пог}} = I'_{\text{пог}} + \sum_{l=1}^n I_{\text{пог}l} + \sum_{l=1}^k I_{\text{пог}l} + \sum_{l=1}^m I_{\text{пог}l} \quad (4-49)$$

$$I_{\text{нэ}} = I'_{\text{нэ}} + \sum_{l=1}^n I_{\text{нэ}l} + \sum_{l=1}^k I_{\text{нэ}l} + \sum_{l=1}^m I_{\text{нэ}l} \quad (4-50)$$

$$L_{\text{сг}} = L'_{\text{сг}} + \sum_{l=1}^n L_{\text{сг}l} + \sum_{l=1}^k L_{\text{сг}l} + \sum_{l=1}^m L_{\text{сг}l} \quad (4-51)$$

$$L_{\text{сз}} = L'_{\text{сз}} + \sum_{l=1}^n L_{\text{сз}l} + \sum_{l=1}^k L_{\text{сз}l} + \sum_{l=1}^m L_{\text{сз}l} \quad (4-52)$$

5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

5.1. В проектные материалы, передаваемые заказчику, включаются только результаты расчетов токов коротких замыканий. Сами расчеты могут быть оформлены по произвольной форме и должны быть включены в архивный том проекта совместно с другими расчетами по электроснабжению.

5.2. Результаты расчетов токов коротких замыканий для выбора и проверки аппаратов и проводников рекомендуется оформлять на отдельном от расчета т.к.з. для целей релейной защиты - чертеже.

На этом чертеже приводятся:

Изм. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Основн. компл. работ, термелей и текстоб. доку-ментов и проектной документации в р. стад. проектиров. | Форма | Ф09-79А-м2 | Взамен | Ф09-78 | Нач. ОП | Взам.

30

- исходная схема, схема замещения и окончательно преобразованная схема замещения (преобразования схемы замещения не показываются);
- базисные условия;
- итоговая таблица расчетов токов коротких замыканий.

5.3. При заполнении итоговой таблицы расчетов следует обратить внимание на заполнение граф "Значения токов к.з." соответственно графе "Генерирующие ветви". В графе "Генерирующие ветви" указываются элементы исходной схемы, непосредственно подключенные к точке к.з., по которым проходят токи к.з.

В графах "Значения токов-к.з." для каждой из генерирующих ветвей указываются:

- начальное значение периодической составляющей тока к.з.
- I_{no} ;
- значение периодической составляющей тока к.з. для момента времени Σ размыкания силовых контактов выключателя $-I_{nc}$;
- значение аperiodической составляющей тока к.з. для момента времени Σ размыкания силовых контактов выключателя $-I_{ac}$;
- значение ударного тока I_y ;

Кроме того, в соответствующих графах указываются суммарные значения токов к.з. (в графе "Всего") и величины токов, определяющие выбор выключателей соответствующего распределительного устройства (в графе "Расчетные значения"). Значения, приведенные в графах "Всего" и "Расчетные значения" выделяются рамкой.

5.4. Пример оформления результатов расчета токов к.з. приведен на М3662-7, лист 17.

Инв. № подл.	Подл. дата	Взам. инв. №	Основн. форма, работ. терм. жетон и текстов. докум. и проектн. документации др. стад. проектиров.	Форма	Взамен	Нач. ОП
				Ф 09-79Л-м2	Ф 09-78	И. Бреснев

М3662-3

Лист
30

6. ЛИТЕРАТУРА

- 31
- 6.1. Правила устройства электроустановок, Изд. "Энергия", Москва, 1966 г.
 - 6.2. Руководящие указания по расчету коротких замыканий, выбору и проверке аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания, МЭИ, каф. "Электрические станции", Москва, 1975 г.
 - 6.3. Электромагнитные переходные процессы С.А. Ульянов, Изд. "Энергия", Москва, 1970 г.
 - 6.4. Справочник по проектированию электроснабжения линий электропередачи и сетей. Под редакцией Я.М. Большама, В.И. Круповича, М.П. Самовера. Изд. 2-ое Перераб. и доп. Москва, "Энергия", 1974 г.
 - 6.5. ГОСТ 687-70
 Выключатели переменного тока высокого напряжения.
 Общие технические требования.
 - 6.6. Нормаль проектной документации Н183-74
 Ч. I. Электрические нагрузки, токи к.з., заземление.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Форма	Взамен	Ив. отп
			Ф09-79а-м2	Ф09-78	З/баш
Особ. комм. разог. термехэл и текстоб. дк-ментоб. и проектно. документации др. стад. проектиров.					

МП

M3662-3

Иучм

31

Наименование элементов сети	Схемы		Формулы для определения сопротивлений схем замещения, при $U_{\text{в}} = U_{\text{ср}}$	
	расчетная	замещения	д.е.	Ом
Трансформатор трехфазный двухобмоточный			$X_T = \frac{U_{\text{кв}} S_{\text{б}}}{100 S_{\text{нт}}}$	$X_T = \frac{U_{\text{кв}} U_{\text{ср}}^2}{100 S_{\text{н}}}$
Трансформатор трехфазный с расщепленной обмоткой низшего напряжения			$X_B = \frac{U_{\text{кв}} - (H_1 H_2)}{100} \cdot \left(1 - \frac{K_D}{4}\right) \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{н}}}$ $X_{H1} = X_{H2} = \frac{U_{\text{кв}} - (H_1 H_2)}{100} \cdot \frac{K_D}{2} \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{н}}}$	$X_B = \frac{U_{\text{кв}} - (H_1 H_2)}{100} \cdot \left(1 - \frac{K_D}{4}\right) \cdot \frac{U_{\text{ср}}^2}{S_{\text{н}}}$ $X_{H1} = X_{H2} = \frac{U_{\text{кв}} - (H_1 H_2)}{100} \cdot \frac{K_D}{2} \cdot \frac{U_{\text{ср}}^2}{S_{\text{н}}}$
Трансформатор трехфазный трехобмоточный			$X_B = \frac{0,5}{100} (U_{\text{квс1}} + U_{\text{квн1}} - U_{\text{кcn1}}) \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{н}}}$ $X_C = \frac{0,5}{100} (U_{\text{квс1}} + U_{\text{кcn1}} - U_{\text{квн1}}) \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{н}}}$ $X_H = \frac{0,5}{100} (U_{\text{квн1}} + U_{\text{кcn1}} - U_{\text{квс1}}) \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{н}}}$	$X_B = \frac{0,5}{100} (U_{\text{квс1}} + U_{\text{квн1}} - U_{\text{кcn1}}) \frac{U_{\text{ср}}^2}{S_{\text{н}}}$ $X_C = \frac{0,5}{100} (U_{\text{квс1}} + U_{\text{кcn1}} - U_{\text{квн1}}) \frac{U_{\text{ср}}^2}{S_{\text{н}}}$ $X_H = \frac{0,5}{100} (U_{\text{квн1}} + U_{\text{кcn1}} - U_{\text{квс1}}) \frac{U_{\text{ср}}^2}{S_{\text{н}}}$

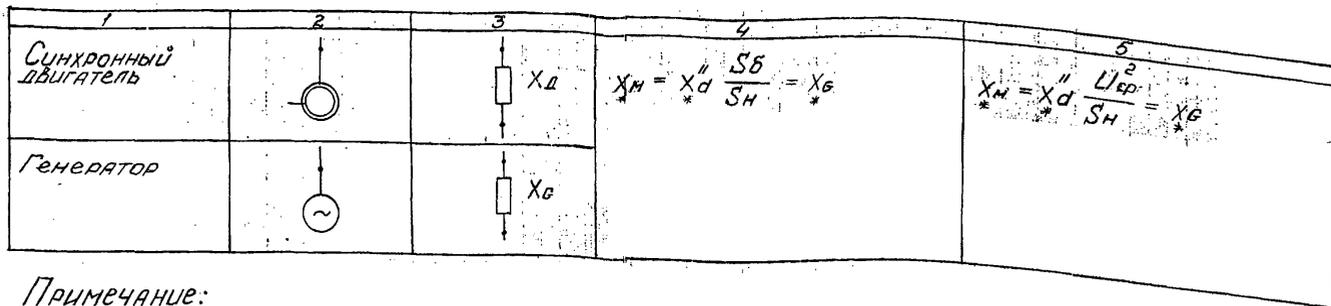
М3662-4

Руководство по выполнению расчетов токов короткого замыкания в сетях пониженных напряжений

Исполн.	Проверен.	Сл.	Лист	Листов
			1	3

Формулы расчета сопротивлений

1	2	3	4	5
Реактор одинарный			$X_{LR} = X_H \frac{S\delta}{U_{cp}^2}$	$X_p = \frac{X_p' \cdot U_{cp}}{100 \sqrt{3} I_H} \quad \text{в п.а.}$ $X_p = X_H$
Реактор двойной			$X_{*1} = -K_{cb} X_H \frac{S\delta}{U_{cp}^2}$ $X_{*2} = X_{*3} = (1 + K_{cb}) X_H \frac{S\delta}{U_{cp}^2}$	$X_{*1} = -K_{cb} \frac{X_p' \cdot U_{cp}}{100 \sqrt{3} I_H} \quad \text{в п.а.}$ $X_{*1} = -K_{cb} X_H$ $X_{*2} = X_{*3} = (1 + K_{cb}) \frac{X_p' \cdot U_{cp}}{100 \sqrt{3} I_H} \quad \text{в п.а.}$ $X_{*2} = X_{*3} = (1 + K_{cb}) \cdot X_H$
Линия электропередачи			$X_{Л1} = X_0 \cdot l \cdot \frac{S\delta}{U_{cp}^2}$	$X_{Л1} = X_0 \cdot l$
Система			$X_c = \frac{S\delta}{S_{кз}}$	$X_c = \frac{U_{cp}^2}{S_{кз}}$
Асинхронный двигатель			$X_M = X_H'' \frac{S\delta}{S_H}$ $X_H'' = \frac{1}{I_{пущк}}$	$X_M = X_H'' \frac{U_{cp}^2}{S_H}$



Примечание:

- $I_{н.н}$ - номинальный ток
- $U_{б,кв}$ - базисное напряжение
- $U_{ср,кв}$ - среднее номинальное напряжение
- S_H, MVA - номинальная мощность
- S_B, MVA - базисная мощность
- $S_{кз}, \text{MVA}$ - мощность короткого замыкания
- $U_{к\%}$ - напряжение короткого замыкания двухобмоточного трансформатора
- $U_{кв}(н/нн)\%$ - напряжение короткого замыкания при параллельной работе ветвей расщепленной обмотки НН трансформатора
- $U_{квсх}$,
 $U_{квн\%}$,
 $U_{ксн\%}$ - напряжения короткого замыкания для каждой пары обмоток трехобмоточного трансформатора

- X_H, OM - индуктивное сопротивление реактора
- $X_0, \frac{\text{OM}}{\text{км}}$ - чьебное индуктивное сопротивление на 1 км длины линии
- $X_d'', \text{a.e.}$ - сверхпереходное индуктивное сопротивление синхронного двигателя или генератора
- $X_d''', \text{a.e.}$ - сверхпереходное индуктивное сопротивление асинхронного двигателя
- $l, \text{км}$ - длина линии
- $K_{св}$ - коэффициент связи, учитывающий взаимную индукцию между ветвями сдвоенного реактора
- K_p - коэффициент расщепления

Ф31-78
 Ф31-79
 Ф31-79

Наименование элементов сети	Схемы		Формулы для определения сопротивлений схем замещения, при $U_0 = U_{00}$	
	расчетная	замещения	д.в.	ОМ
Трансформатор трехфазный двухобмоточный			$Z_T = \frac{\Delta P_k S_0^2}{S_H^2}$	$Z_T = \frac{\Delta P_k U_{00}^2}{S_H^2}$
Трансформатор трехфазный двухобмоточный с расщепленной обмоткой низкого напряжения			$Z_B = \frac{\Delta P_{kв-нннн} S_0^2}{2 S_H^2}$ $Z_{H1} = Z_{H2} = 2 Z_B$	$Z_B = \frac{\Delta P_{kв-нннн} U_{00}^2}{2 S_H^2}$ $Z_{H1} = Z_{H2} = 2 Z_B$
Трансформатор трехфазный трехобмоточный			$Z_B = \frac{Z_{общ}}{1+n+(1-n)^2}$ (при $n \geq m$), или $Z_B = \frac{Z_{общ}}{1+m+(1-m)^2}$ (при $n \leq m$) $Z_C = \frac{Z_B}{n}, Z_H = \frac{Z_B}{m}$ $Z_{ге}:$ $Z_{общ(дв)} = \frac{\Delta P'_k S_0^2}{S_H^2}$	$Z_{общ(ОМ)} = \frac{\Delta P'_k U_{00}^2}{S_H^2}$

Максимальные ΔP_k имеют место при следующих нагрузках обмоток

Мощность обмоток %			Максимальные ΔP_k при нагрузке %
B	C	H	
100	n	m	
		(n > m)	
	n	m	
		(n <= m)	

Для наиболее часто встречающихся мощностей обмоток трансформаторов активные сопротивления определяются по следующей таблице

Мощность обмоток % от номинальной			Z_B	Z_C	Z_H
B	C	H			
100	100	100	0,5 $Z_{общ}$	0,5 $Z_{общ}$	0,5 $Z_{общ}$
100	67	100	0,5 $Z_{общ}$	0,75 $Z_{общ}$	0,75 $Z_{общ}$
	100	67		0,5 $Z_{общ}$	0,75 $Z_{общ}$
100	67	67	0,55 $Z_{общ}$	0,82 $Z_{общ}$	0,82 $Z_{общ}$
100	100	50	0,5 $Z_{общ}$	0,5 $Z_{общ}$	$Z_{общ}$
100	50	50	0,5 $Z_{общ}$	$Z_{общ}$	$Z_{общ}$
100	100	33	0,5 $Z_{общ}$	0,5 $Z_{общ}$	1,5 $Z_{общ}$

М3662-5

Руководство по выполнению расчетов токов короткого замыкания в сетях промышленных предприятий

Имя отв. Инженера	Имя отв. Инженера	Имя отв. Инженера	Лист	Листов
			1	3

1	2	3	4	5
<p>Реактор ОДИНАРНЫЙ</p> <p>- 90 1000 А (γ_{L1})</p> <p>- 1500 А и выше (γ_{L2})</p>			$\gamma_{L1}^* = \frac{\Delta P_H S_5}{I_H^2 U_{op}^2} = \gamma_{L2}^*, \text{ или}$ $\gamma_{L1} = \frac{\gamma_{L1}}{15+70}^*$ $\gamma_{L2} = \frac{\gamma_{L2}}{40+80}^*$	$\gamma_{L1} = \frac{\Delta P_H}{I_H^2} = \gamma_{L2}^*, \text{ или}$ $\gamma_{L1} = \frac{\gamma_{L1}}{15+70}^*$ $\gamma_{L2} = \frac{\gamma_{L2}}{40+80}^*$
<p>Реактор СДВОЕННЫЙ</p> <p>- 90 1000 А ($\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$)</p> <p>- 1500 А и выше ($\gamma_1', \gamma_2', \gamma_3'$)</p>			$\gamma_1 = 0 = \gamma_1'$ $\gamma_2 = \gamma_3 = \gamma_{LKH} \frac{S_5}{U_{op}^2} = \gamma_2' = \gamma_3', \text{ или}$ $\gamma_2 = \gamma_3 = \frac{\gamma_2}{15+70}^*, \gamma_2' = \gamma_3' = \frac{\gamma_2}{40+80}^*$	$\gamma_1 = 0 = \gamma_1'$ $\gamma_2 = \gamma_3 = \gamma_{LKH} = \gamma_2' = \gamma_3', \text{ или}$ $\gamma_2 = \gamma_3 = \frac{\gamma_2}{15+70}^*, \gamma_2' = \gamma_3' = \frac{\gamma_2}{40+80}^*$
<p>Линии электропередачи</p> <p>воздушные (ВЛ)</p> <p>кабельные (КЛ)</p> <p>6-10 кВ</p>			$\gamma_{ВЛ} = \gamma_0 \cdot l = \frac{S_5}{U_{op}^2} = \gamma_{КЛ}, \text{ или}$ $\gamma_{ВЛ} = \frac{\gamma_{ВЛ}}{2+8}^*$ $\gamma_{КЛ} = \frac{\gamma_{КЛ}}{0,2+0,8}^*$	$\gamma_{ВЛ} = \gamma_0 \cdot l = \gamma_{КЛ}, \text{ или}$ $\gamma_{ВЛ} = \frac{\gamma_{ВЛ}}{2+8}^*$ $\gamma_{КЛ} = \frac{\gamma_{КЛ}}{0,2+0,8}^*$
<p>Система</p>			$\gamma_c = \frac{X_c}{\omega T_{к3}}$ $X_c = \frac{S_5}{S_{к3}}$	$\gamma_c = \frac{X_c}{\omega T_{к3}}$ $X_c = \frac{S_5}{S_{к3}}$
<p>Асинхронный двигатель</p>			$\gamma_d = \frac{X_d}{\omega T_{д}}$ $X_d = X_d'' \frac{S_5}{S_H}$	$X_d = X_d'' \frac{U_{op}^2}{S_H}$ $\gamma_d = \frac{X_d}{\omega T_{д}}$

* Уточняется по каталогу

1	2	3	4	5
Синхронный двигатель			$X_M^* = \frac{X_d}{\omega T_{ad}}$ $X_M = X_d^* \frac{S_B}{S_M}$	$X_M = \frac{X_d}{\omega T_{ad}}$ $X_M = X_d^* \frac{U_{cp}}{S_M}$
Генератор			$X_G = \frac{X_C}{\omega T_{ag}}$ $X_G = X_d^* \frac{S}{S_M}$	$X_G = \frac{X_C}{\omega T_{ag}}$ $X_G = X_d^* \frac{S_B}{S_M}$

Примечание:

- $I_{н.д.}$ - номинальный ток
- $U_{н.к.в.}$ - номинальное напряжение
- $U_{ср.н.к.в.}$ - базисное напряжение
- $U_{ср.д.к.в.}$ - среднее номинальное напряжение
- $S_M, \text{МВА}$ - номинальная мощность
- $S_B, \text{МВА}$ - базисная мощность
- $S_{кз}, \text{МВА}$ - мощность короткого замыкания
- $\Delta P_{кз}, \text{кВт}$ - потери короткого замыкания в выходного трансформатора
- $\Delta P_{кв}, \text{млн кВт}$ - потери короткого замыкания при параллельном соединении ветвей расщепленной обмотки МН трансформатора

- $X_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ - удельное активное сопротивление на 1 км длины линии
- $X_d^*, \text{д.е.}$ - сверхпереходное индуктивное сопротивление синхронного двигателя или генератора
- $X_n^*, \text{д.е.}$ - сверхпереходное индуктивное сопротивление асинхронного двигателя
- $l, \text{км}$ - длина линии
- $\Delta P_{кз}, \text{кВт}$ - максимальное значение потерь короткого замыкания трехфазного трансформатора

- $T_{ад}, \text{с}$ - постоянная времени затухания апериодической составляющей тока к.з. от двигателя
- $\Delta P_{мв}, \text{кВт}$ - потери активной мощности в реакторе при номинальном токе
- $X_{лр}, \text{Ом}$ - активное сопротивление реактора

2

$$U_{\delta II} = U_{cр II} = 10,5 \text{ кВ}$$

$$U_{\delta III} = U_{cр III} = 6,3 \text{ кВ}$$

Э.д.с. источника электроснабжения в схеме замещения приближенно принимаются равными единице: $E_1 = 1,0 \text{ о.е.}$, а синхронных электродвигателей $E_2 = E_3 = E_4 = E_5 = E_6 = 1,0 \text{ о.е.}$

Индуктивные сопротивления элементов составят:

1. Система:

$$X_1 = 0,5 \text{ о.е.} \quad (\text{значение взято из табл. III-5})$$

2. ВЛ-110 кВ:

$$X_2 = 0,15 \text{ о.е.} \quad (\text{см. таблицу III-6})$$

3. Трансформатор:

$$X_3 = 2,7 \text{ о.е.} \quad (\text{см. таблицу III-2})$$

$$X_4 = 0,06 \text{ о.е.}$$

$$X_5 = 1,56 \text{ о.е.}$$

4. Реакторы

- на напряжении 10 кВ

$$X_6 = 1,81 \text{ о.е.}$$

- на напряжении 6 кВ

$$X_7 = 1,81 \times 2,78 = 5,05 \text{ о.е.}$$

(см. табл. III-3 и примечание к ней)

5. Кабельные линии

- на напряжении 10 кВ

$$X_8 = X_9 = X_{0I} \cdot \frac{S_S}{U_{\delta II}^2} = 0,077 \cdot 0,1 \frac{1000}{(10,5)^2} = 0,07 \text{ о.е.}$$

- на напряжении 6 кВ

$$X_{10} = X_{11} = X_{12} = \frac{1}{2} X_{0I} \cdot \frac{S_S}{U_{\delta III}^2} = \frac{1}{2} \cdot 0,076 \cdot 0,1 \frac{1000}{(6,3)^2} = 0,1 \text{ о.е.}$$

Умб. № подл. | Подл. дата | Взам. инв. № | Услов. компл. работ, термжей и престои для монтаж. и проектной документации в стр. проектиров.

кв. 01П

взам. инв. №

форма

Ф 03-19А-02

Ф 03-78

Ф 03-19А-02

кв. 01П

3

6. Синхронные двигатели
- напряжением 10 кВ

$$X_{13} = X_{14} = X_d'' \frac{S_8}{S_{H9}}$$

$$X_{13} = X_{14} = 0,148 \cdot \frac{1000,0,9}{4} = 33,3 \text{ о.е.}$$

- напряжением 6 кВ

$$X_{15} = X_{16} = X_{17} = X_d'' \frac{S_8}{S_{H9}}$$

$$X_{15} = X_{16} = X_{17} = 0,144 \cdot \frac{1000,0,9}{3,2} = 40,5 \text{ о.е.}$$

3. Преобразование схемы замещения и определение результирующего сопротивления.

При преобразовании схемы замещения, относительно точек короткого замыкания можно пренебречь:

- сопротивлением ветви схемы замещения, содержащей двигателя непосредственно неприсоединенные к точке к.з., а именно для:

т.К-1 - сопротивлением ветви, содержащей X5, X7, X10, X11, X12, X15, X16, X17

т.К-2 - сопротивлением ветви, содержащей X4, X6, X8, X9, X13, X14

- внешним индивидуальным сопротивлением двигателей (сопротивлениями кабельных линий X8, X9, X10, X11, X12), т.к. оно не превышает 10-20% от сопротивления двигателя.

т. К-1 - сопротивлением $X_8 = X_9 = 0,07$; т.н.
 $0,07 < (0,1-0,20) X_{13} = 3,3$

т. К-2 - сопротивлением $X_{10} = X_{11} = X_{12} = 0,10$,
т.к. $0,77 < (0,10-0,20) X_{15} = 4,05$

Им. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Испол. приказ, работ, чертежей и текстов дж. чертежей и проектной документации др. стад. проектиров.	Форма	Взам. инв. №	Им. № подл.
				Ф09-79-м2	Ф09-78	А.Браун

M3662-6

Лист
3

Порядок преобразования схемы замещения показан на рис. П1-1

Результирующие сопротивления относительно точек, указанных на схеме (рис. П1-1), составят:

Точка К-1

$$X_{14} = X_{12} = 33,3, \text{ о.е.}$$

$$X_{18} = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_6 =$$

$$X_{18} = 0,5 + 0,15 + 2,7 - 0,06 + 1,81 = 5,1, \text{ о.е.}$$

Точка К-2

$$X_{15} = 40,5$$

$$X_{19} = X_1 + X_2 + X_3 + X_5 + X_7$$

$$X_{19} = 0,5 + 0,15 + 2,7 + 1,56 + 5,03 = 9,94, \text{ о.е.}$$

$$X_{20} = \frac{X_{15}}{2}$$

$$X_{20} = \frac{40,5}{2} = 20,25, \text{ о.е.}$$

Точки К-1 и К-2

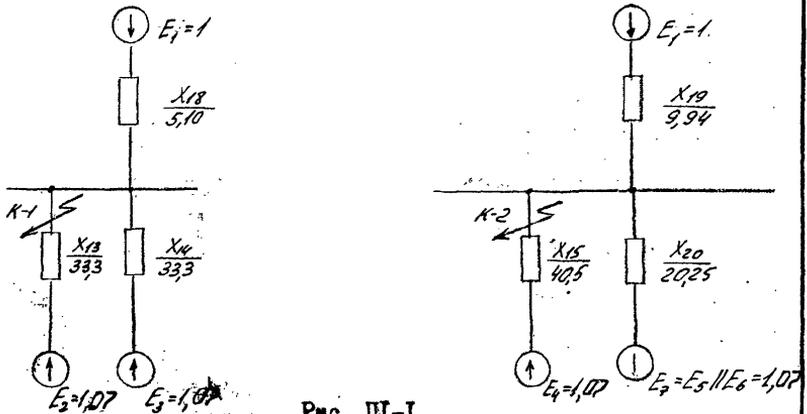


Рис. П1-1

Инв. № подл.	Полн. дата	Взам. инв. №	Исходн. компл. работ, термелей и текстоб. дж.-ментов и проектной документации др. стад. проектиров.	Форма	Ф09-79А-м2	Взам. инв. №	Ф09-78	Нач. ОПП	К. Браун
--------------	------------	--------------	---	-------	------------	--------------	--------	----------	----------

M3662-6		Лист
		4

4. Определение токов короткого замыкания.

Пример расчета токов к.з. в точке К-1 расчетной схемы.

Ток короткого замыкания в этой точке, по которому выбирается и проверяется выключатель 10 кВ, складывается из тока от системы и тока от двигателя M_2 (Токи от двигателей M_3, M_4, M_5 не учитываются).

Значения периодических составляющих этих токов подсчитываются следующим образом:

1. В начальный момент времени

- от системы

$$I_{noc} = \frac{I_{\delta} \cdot E_1}{X_{\Sigma}}$$

$$I_{noc} = \frac{55,05 \cdot I}{5,1} = 10,79 \text{ кА}$$

- от двигателя M_2

$$I_{ном2} = \frac{I_{\delta} \cdot E_3}{X_{\Sigma}}$$

$$I_{ном2} = \frac{55,05 \cdot I,08}{33,3} = 1,73 \text{ кА}$$

2. В моменту времени размыкания контактов выключателя $\tau = 0,15\text{с}$

- ток от системы принимается незатухающим во времени, поэтому

$$I_{noc} = I_{noc} = 10,79 \text{ кА}$$

- от синхронного двигателя M_2

$$I_{\pi M_2} = \gamma \cdot I_{ном2}$$

где: $\gamma = 0,6$ - по расчетным кривым (рис. П2-1) для $t = \tau = 0,15\text{с}$ и двигателей типа СТД

$$I_{\pi M_2} = 0,6 \cdot 1,73 = 1,06 \text{ кА}$$

ИМ № подл.	Полн. дата	Взам. инв. №	Исходн. комм. работ, терм. жей и текстов. док-ментов и проектной документации в стад. проектиров.	Форма	Взам. инв. №	Нач. ОП
				Ф09-79А-п2	Ф09-78	К. Звонин

M3662-6

Лист
5

6

Значение аперiodической составляющей тока к.з. составит:

- от системы:

$$i_{ac} = \sqrt{2} \cdot I_{noc} \cdot e^{-\tau/Ta}$$

$Ta = 0,1$ - (см. табл. П2-1 поз.7)

$$i_{ac} = \sqrt{2} \cdot 10,79 \cdot e^{-\frac{0,15}{0,1}} = 1,42 \cdot 10,79 \cdot 0,22 = 3,37 \text{ кА}$$

- от синхронного двигателя M_2

$$i_{ac M_2} = \sqrt{2} \cdot I_{ном2} \cdot e^{-\tau/Ta}$$

$Ta = 0,077$ - для двигателей $P = 4$ кВт по кривым, приведенным на рис. П2-2

$$i_{ac M_2} = \sqrt{2} \cdot 1,73 \cdot e^{-\frac{0,15}{0,077}} = 0,32 \text{ кА}$$

Значения ударных токов определяются следующим образом:

- от системы

$$i_{yc} = \sqrt{2} \cdot K_{yc} \cdot I_{noc}$$

$K_{yc} = 1,9$ - (см. табл. П2-1 поз.7)

$$i_{yc} = \sqrt{2} \cdot 1,9 \cdot 10,79 = 29,11 \text{ кА}$$

- от синхронного двигателя M_2

$$i_{yc M_2} = \sqrt{2} \cdot K_{yc M_2} \cdot I_{ном}$$

$K_{yc M_2} = 1,88$ - для двигателей $P = 4$ кВт по кривым, приведенным на рисунке П2-2

$$i_{yc M_2} = \sqrt{2} \cdot 1,88 \cdot 1,73 = 4,8 \text{ кА}$$

Пример расчета токов к.з. в точке К-2 расчетной схемы

Ток к.з. в этой точке складывается из тока от системы и токов от двигателей M_4 и M_5 . Токи от двигателей M_1 и M_2 не учитываются.

Значение периодической составляющей этих токов подсчитываются следующим образом:

	М3662-6	Лист 8
--	---------	-----------

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Условн. котир. работ, термелей и текстов диктантов и проектной документации др. стад. проектиров.	Форма Ф09-79А-м2	Взам. инв. № Ф09-78	Нач. ОП З. Браун
--------------	--------------	--------------	---	---------------------	------------------------	---------------------

1. В начальный момент короткого замыкания

- от системы:

$$I_{noc} = \frac{I_{\delta II}}{X_{19}}$$

$$I_{noc} = \frac{91,75}{9,94} = 9,23 \text{ кА}$$

- от синхронных двигателей M_4 и M_5 .

$$I_{no M4+M5} = \frac{I_{\delta II} \cdot E_T}{X_{20}} = \frac{91,75 \cdot 1,07}{20,25} = 4,85 \text{ кА}$$

2. К моменту времени размыкания контактов выключателя

$$t = 0,15 \text{ с}$$

- ток от системы принимается незатухающим во времени, поэтому

$$I_{noc} = I_{noc} = 9,23 \text{ кА}$$

- от синхронных двигателей M_4 и M_5

$$I_{oc M4+M5} = \gamma \cdot I_{no M4+M5} = 0,6 \cdot 4,85 = 2,91 \text{ кА}$$

$$\gamma = 0,6 - \text{ по расчетным кривым (рис. П2-1), для } t = 0,15 \text{ с}$$

Значение аperiodической составляющей тока к.з. составляет:

- от системы

$$I_{acc} = \sqrt{2} \cdot I_{noc} \cdot e^{-t/\tau}$$

$$\tau = 0,1 - \text{ (см. табл. П2-1, стр. 7)}$$

$$I_{acc} = \sqrt{2} \cdot 9,23 \cdot 0,22 = 2,88 \text{ кА}$$

- от синхронных двигателей M_4 и M_5 .

$$I_{acc M4+M5} = \sqrt{2} \cdot I_{no M4+M5} \cdot e^{-t/\tau}$$

$$I_{acc M4+M5} = \sqrt{2} \cdot 4,85 \cdot 0,13 = 0,89 \text{ кА}$$

$\tau = 0,07$ - для двигателей мощностью 3,2 мВт

(по кривым рис. П2-2)

Инв. № посл.	Листы и дата	Взам. инв. №	Форма	Взам. инв. №	Изм. 07П
			Ф09-79А-П2	Ф09-78	Збасин

Особый комплект работ, содержащий и текстовый документ и проектные документы вр. статус. Проектный.

M3662-6	Лист
	7

8

Значения ударных токов определяются следующим образом

- от системы

$$I_{yc} = \sqrt{2} \cdot K_{yc} \cdot I_{noc}$$

$$K_{yc} = 1,9 \text{ (см. табл. П2-Э поз. 7)}$$

$$I_{yc} = \sqrt{2} \cdot 1,9 \cdot 9,23 = 24,9 \text{ кА}$$

- от синхронных двигателей M_4 и M_5 :

$$I_{yM4=M5} = \sqrt{2} \cdot K_{yM4=M5} \cdot I_{noM4=M5} = \sqrt{2} \cdot 1,87 \cdot 4,86 = 12,8 \text{ кА}$$

$K_{yM} = K_{yM4=M5} = 1,87$ - для двигателей мощностью 3,2 мВт по кривым (рис. П2-2)

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Основн. форма работ, чертежей и текстов, схем, таблиц и проектной документации др. стад. проектиров.	Форма	Взам. инв. №	Исполн.
				Ф09-19.1-м2	Ф09-78	А.В.С.

<p>M3662-6</p>	<p>Лист 8</p>
----------------	-------------------

Пример № 2

Рассчитать токи коротких замыканий для выбора и проверки выключателей РУ-10 кВ и кабелей к распределительному пункту РПБ расчетной схемы. (см. лист 17).

Решение

I. Выбор точек короткого замыкания

Для выбора и проверки выключателей необходимо определить значение периодической составляющей тока к.з. ($I_{по}$) в начальный момент времени, периодической ($I_{пч}$) и аperiodической ($I_{апч}$) составляющей к моменту времени ($\gamma = 0,15$ с) размыкания контактов выключателей и ударный ток (I_u) в следующих точках расчетной схемы:

- т. К-1 - для выключателей Q1 и Q2
- т. К-2 - для выключателей Q3, Q8, Q13, Q17, Q18
- т. К-3 - для выключателей Q4, Q9, Q14, Q19, Q20, Q21, Q22
- т. К-4 - для выключателей Q5, Q10, Q15, Q23, Q24, Q25, Q26
- т. К-5 - для выключателей Q6, Q11, Q16, Q27, Q28
- т. К-6 - для выключателей Q7, Q12, Q29

Для проверки термической стойкости кабелей, питающих РПБ, используется только значение периодической составляющей тока к.з. ($I_{по}$) определенное в т.К-6 расчетной схемы.

Выбор точек коротких замыканий проведен с учетом глав 13 настоящих указаний.

Примечание: в связи с небольшой длиной кабельных линий выбор выключателей, проводимый по токам к.з.

Вид, №, дата, наименование, форма, взамен, нав. отп.
 Формы: 1-81, 1-82, 1-83, 1-84, 1-85, 1-86, 1-87, 1-88, 1-89, 1-90, 1-91, 1-92, 1-93, 1-94, 1-95, 1-96, 1-97, 1-98, 1-99, 2-00, 2-01, 2-02, 2-03, 2-04, 2-05, 2-06, 2-07, 2-08, 2-09, 2-10, 2-11, 2-12, 2-13, 2-14, 2-15, 2-16, 2-17, 2-18, 2-19, 2-20, 2-21, 2-22, 2-23, 2-24, 2-25, 2-26, 2-27, 2-28, 2-29, 2-30, 2-31, 2-32, 2-33, 2-34, 2-35, 2-36, 2-37, 2-38, 2-39, 2-40, 2-41, 2-42, 2-43, 2-44, 2-45, 2-46, 2-47, 2-48, 2-49, 2-50, 2-51, 2-52, 2-53, 2-54, 2-55, 2-56, 2-57, 2-58, 2-59, 2-60, 2-61, 2-62, 2-63, 2-64, 2-65, 2-66, 2-67, 2-68, 2-69, 2-70, 2-71, 2-72, 2-73, 2-74, 2-75, 2-76, 2-77, 2-78, 2-79, 2-80, 2-81, 2-82, 2-83, 2-84, 2-85, 2-86, 2-87, 2-88, 2-89, 2-90, 2-91, 2-92, 2-93, 2-94, 2-95, 2-96, 2-97, 2-98, 2-99, 3-00, 3-01, 3-02, 3-03, 3-04, 3-05, 3-06, 3-07, 3-08, 3-09, 3-10, 3-11, 3-12, 3-13, 3-14, 3-15, 3-16, 3-17, 3-18, 3-19, 3-20, 3-21, 3-22, 3-23, 3-24, 3-25, 3-26, 3-27, 3-28, 3-29, 3-30, 3-31, 3-32, 3-33, 3-34, 3-35, 3-36, 3-37, 3-38, 3-39, 3-40, 3-41, 3-42, 3-43, 3-44, 3-45, 3-46, 3-47, 3-48, 3-49, 3-50, 3-51, 3-52, 3-53, 3-54, 3-55, 3-56, 3-57, 3-58, 3-59, 3-60, 3-61, 3-62, 3-63, 3-64, 3-65, 3-66, 3-67, 3-68, 3-69, 3-70, 3-71, 3-72, 3-73, 3-74, 3-75, 3-76, 3-77, 3-78, 3-79, 3-80, 3-81, 3-82, 3-83, 3-84, 3-85, 3-86, 3-87, 3-88, 3-89, 3-90, 3-91, 3-92, 3-93, 3-94, 3-95, 3-96, 3-97, 3-98, 3-99, 4-00, 4-01, 4-02, 4-03, 4-04, 4-05, 4-06, 4-07, 4-08, 4-09, 4-10, 4-11, 4-12, 4-13, 4-14, 4-15, 4-16, 4-17, 4-18, 4-19, 4-20, 4-21, 4-22, 4-23, 4-24, 4-25, 4-26, 4-27, 4-28, 4-29, 4-30, 4-31, 4-32, 4-33, 4-34, 4-35, 4-36, 4-37, 4-38, 4-39, 4-40, 4-41, 4-42, 4-43, 4-44, 4-45, 4-46, 4-47, 4-48, 4-49, 4-50, 4-51, 4-52, 4-53, 4-54, 4-55, 4-56, 4-57, 4-58, 4-59, 4-60, 4-61, 4-62, 4-63, 4-64, 4-65, 4-66, 4-67, 4-68, 4-69, 4-70, 4-71, 4-72, 4-73, 4-74, 4-75, 4-76, 4-77, 4-78, 4-79, 4-80, 4-81, 4-82, 4-83, 4-84, 4-85, 4-86, 4-87, 4-88, 4-89, 4-90, 4-91, 4-92, 4-93, 4-94, 4-95, 4-96, 4-97, 4-98, 4-99, 5-00, 5-01, 5-02, 5-03, 5-04, 5-05, 5-06, 5-07, 5-08, 5-09, 5-10, 5-11, 5-12, 5-13, 5-14, 5-15, 5-16, 5-17, 5-18, 5-19, 5-20, 5-21, 5-22, 5-23, 5-24, 5-25, 5-26, 5-27, 5-28, 5-29, 5-30, 5-31, 5-32, 5-33, 5-34, 5-35, 5-36, 5-37, 5-38, 5-39, 5-40, 5-41, 5-42, 5-43, 5-44, 5-45, 5-46, 5-47, 5-48, 5-49, 5-50, 5-51, 5-52, 5-53, 5-54, 5-55, 5-56, 5-57, 5-58, 5-59, 5-60, 5-61, 5-62, 5-63, 5-64, 5-65, 5-66, 5-67, 5-68, 5-69, 5-70, 5-71, 5-72, 5-73, 5-74, 5-75, 5-76, 5-77, 5-78, 5-79, 5-80, 5-81, 5-82, 5-83, 5-84, 5-85, 5-86, 5-87, 5-88, 5-89, 5-90, 5-91, 5-92, 5-93, 5-94, 5-95, 5-96, 5-97, 5-98, 5-99, 6-00, 6-01, 6-02, 6-03, 6-04, 6-05, 6-06, 6-07, 6-08, 6-09, 6-10, 6-11, 6-12, 6-13, 6-14, 6-15, 6-16, 6-17, 6-18, 6-19, 6-20, 6-21, 6-22, 6-23, 6-24, 6-25, 6-26, 6-27, 6-28, 6-29, 6-30, 6-31, 6-32, 6-33, 6-34, 6-35, 6-36, 6-37, 6-38, 6-39, 6-40, 6-41, 6-42, 6-43, 6-44, 6-45, 6-46, 6-47, 6-48, 6-49, 6-50, 6-51, 6-52, 6-53, 6-54, 6-55, 6-56, 6-57, 6-58, 6-59, 6-60, 6-61, 6-62, 6-63, 6-64, 6-65, 6-66, 6-67, 6-68, 6-69, 6-70, 6-71, 6-72, 6-73, 6-74, 6-75, 6-76, 6-77, 6-78, 6-79, 6-80, 6-81, 6-82, 6-83, 6-84, 6-85, 6-86, 6-87, 6-88, 6-89, 6-90, 6-91, 6-92, 6-93, 6-94, 6-95, 6-96, 6-97, 6-98, 6-99, 7-00, 7-01, 7-02, 7-03, 7-04, 7-05, 7-06, 7-07, 7-08, 7-09, 7-10, 7-11, 7-12, 7-13, 7-14, 7-15, 7-16, 7-17, 7-18, 7-19, 7-20, 7-21, 7-22, 7-23, 7-24, 7-25, 7-26, 7-27, 7-28, 7-29, 7-30, 7-31, 7-32, 7-33, 7-34, 7-35, 7-36, 7-37, 7-38, 7-39, 7-40, 7-41, 7-42, 7-43, 7-44, 7-45, 7-46, 7-47, 7-48, 7-49, 7-50, 7-51, 7-52, 7-53, 7-54, 7-55, 7-56, 7-57, 7-58, 7-59, 7-60, 7-61, 7-62, 7-63, 7-64, 7-65, 7-66, 7-67, 7-68, 7-69, 7-70, 7-71, 7-72, 7-73, 7-74, 7-75, 7-76, 7-77, 7-78, 7-79, 7-80, 7-81, 7-82, 7-83, 7-84, 7-85, 7-86, 7-87, 7-88, 7-89, 7-90, 7-91, 7-92, 7-93, 7-94, 7-95, 7-96, 7-97, 7-98, 7-99, 8-00, 8-01, 8-02, 8-03, 8-04, 8-05, 8-06, 8-07, 8-08, 8-09, 8-10, 8-11, 8-12, 8-13, 8-14, 8-15, 8-16, 8-17, 8-18, 8-19, 8-20, 8-21, 8-22, 8-23, 8-24, 8-25, 8-26, 8-27, 8-28, 8-29, 8-30, 8-31, 8-32, 8-33, 8-34, 8-35, 8-36, 8-37, 8-38, 8-39, 8-40, 8-41, 8-42, 8-43, 8-44, 8-45, 8-46, 8-47, 8-48, 8-49, 8-50, 8-51, 8-52, 8-53, 8-54, 8-55, 8-56, 8-57, 8-58, 8-59, 8-60, 8-61, 8-62, 8-63, 8-64, 8-65, 8-66, 8-67, 8-68, 8-69, 8-70, 8-71, 8-72, 8-73, 8-74, 8-75, 8-76, 8-77, 8-78, 8-79, 8-80, 8-81, 8-82, 8-83, 8-84, 8-85, 8-86, 8-87, 8-88, 8-89, 8-90, 8-91, 8-92, 8-93, 8-94, 8-95, 8-96, 8-97, 8-98, 8-99, 9-00, 9-01, 9-02, 9-03, 9-04, 9-05, 9-06, 9-07, 9-08, 9-09, 9-10, 9-11, 9-12, 9-13, 9-14, 9-15, 9-16, 9-17, 9-18, 9-19, 9-20, 9-21, 9-22, 9-23, 9-24, 9-25, 9-26, 9-27, 9-28, 9-29, 9-30, 9-31, 9-32, 9-33, 9-34, 9-35, 9-36, 9-37, 9-38, 9-39, 9-40, 9-41, 9-42, 9-43, 9-44, 9-45, 9-46, 9-47, 9-48, 9-49, 9-50, 9-51, 9-52, 9-53, 9-54, 9-55, 9-56, 9-57, 9-58, 9-59, 9-60, 9-61, 9-62, 9-63, 9-64, 9-65, 9-66, 9-67, 9-68, 9-69, 9-70, 9-71, 9-72, 9-73, 9-74, 9-75, 9-76, 9-77, 9-78, 9-79, 9-80, 9-81, 9-82, 9-83, 9-84, 9-85, 9-86, 9-87, 9-88, 9-89, 9-90, 9-91, 9-92, 9-93, 9-94, 9-95, 9-96, 9-97, 9-98, 9-99, 10-00, 10-01, 10-02, 10-03, 10-04, 10-05, 10-06, 10-07, 10-08, 10-09, 10-10, 10-11, 10-12, 10-13, 10-14, 10-15, 10-16, 10-17, 10-18, 10-19, 10-20, 10-21, 10-22, 10-23, 10-24, 10-25, 10-26, 10-27, 10-28, 10-29, 10-30, 10-31, 10-32, 10-33, 10-34, 10-35, 10-36, 10-37, 10-38, 10-39, 10-40, 10-41, 10-42, 10-43, 10-44, 10-45, 10-46, 10-47, 10-48, 10-49, 10-50, 10-51, 10-52, 10-53, 10-54, 10-55, 10-56, 10-57, 10-58, 10-59, 10-60, 10-61, 10-62, 10-63, 10-64, 10-65, 10-66, 10-67, 10-68, 10-69, 10-70, 10-71, 10-72, 10-73, 10-74, 10-75, 10-76, 10-77, 10-78, 10-79, 10-80, 10-81, 10-82, 10-83, 10-84, 10-85, 10-86, 10-87, 10-88, 10-89, 10-90, 10-91, 10-92, 10-93, 10-94, 10-95, 10-96, 10-97, 10-98, 10-99, 11-00, 11-01, 11-02, 11-03, 11-04, 11-05, 11-06, 11-07, 11-08, 11-09, 11-10, 11-11, 11-12, 11-13, 11-14, 11-15, 11-16, 11-17, 11-18, 11-19, 11-20, 11-21, 11-22, 11-23, 11-24, 11-25, 11-26, 11-27, 11-28, 11-29, 11-30, 11-31, 11-32, 11-33, 11-34, 11-35, 11-36, 11-37, 11-38, 11-39, 11-40, 11-41, 11-42, 11-43, 11-44, 11-45, 11-46, 11-47, 11-48, 11-49, 11-50, 11-51, 11-52, 11-53, 11-54, 11-55, 11-56, 11-57, 11-58, 11-59, 11-60, 11-61, 11-62, 11-63, 11-64, 11-65, 11-66, 11-67, 11-68, 11-69, 11-70, 11-71, 11-72, 11-73, 11-74, 11-75, 11-76, 11-77, 11-78, 11-79, 11-80, 11-81, 11-82, 11-83, 11-84, 11-85, 11-86, 11-87, 11-88, 11-89, 11-90, 11-91, 11-92, 11-93, 11-94, 11-95, 11-96, 11-97, 11-98, 11-99, 12-00, 12-01, 12-02, 12-03, 12-04, 12-05, 12-06, 12-07, 12-08, 12-09, 12-10, 12-11, 12-12, 12-13, 12-14, 12-15, 12-16, 12-17, 12-18, 12-19, 12-20, 12-21, 12-22, 12-23, 12-24, 12-25, 12-26, 12-27, 12-28, 12-29, 12-30, 12-31, 12-32, 12-33, 12-34, 12-35, 12-36, 12-37, 12-38, 12-39, 12-40, 12-41, 12-42, 12-43, 12-44, 12-45, 12-46, 12-47, 12-48, 12-49, 12-50, 12-51, 12-52, 12-53, 12-54, 12-55, 12-56, 12-57, 12-58, 12-59, 12-60, 12-61, 12-62, 12-63, 12-64, 12-65, 12-66, 12-67, 12-68, 12-69, 12-70, 12-71, 12-72, 12-73, 12-74, 12-75, 12-76, 12-77, 12-78, 12-79, 12-80, 12-81, 12-82, 12-83, 12-84, 12-85, 12-86, 12-87, 12-88, 12-89, 12-90, 12-91, 12-92, 12-93, 12-94, 12-95, 12-96, 12-97, 12-98, 12-99, 13-00, 13-01, 13-02, 13-03, 13-04, 13-05, 13-06, 13-07, 13-08, 13-09, 13-10, 13-11, 13-12, 13-13, 13-14, 13-15, 13-16, 13-17, 13-18, 13-19, 13-20, 13-21, 13-22, 13-23, 13-24, 13-25, 13-26, 13-27, 13-28, 13-29, 13-30, 13-31, 13-32, 13-33, 13-34, 13-35, 13-36, 13-37, 13-38, 13-39, 13-40, 13-41, 13-42, 13-43, 13-44, 13-45, 13-46, 13-47, 13-48, 13-49, 13-50, 13-51, 13-52, 13-53, 13-54, 13-55, 13-56, 13-57, 13-58, 13-59, 13-60, 13-61, 13-62, 13-63, 13-64, 13-65, 13-66, 13-67, 13-68, 13-69, 13-70, 13-71, 13-72, 13-73, 13-74, 13-75, 13-76, 13-77, 13-78, 13-79, 13-80, 13-81, 13-82, 13-83, 13-84, 13-85, 13-86, 13-87, 13-88, 13-89, 13-90, 13-91, 13-92, 13-93, 13-94, 13-95, 13-96, 13-97, 13-98, 13-99, 14-00, 14-01, 14-02, 14-03, 14-04, 14-05, 14-06, 14-07, 14-08, 14-09, 14-10, 14-11, 14-12, 14-13, 14-14, 14-15, 14-16, 14-17, 14-18, 14-19, 14-20, 14-21, 14-22, 14-23, 14-24, 14-25, 14-26, 14-27, 14-28, 14-29, 14-30, 14-31, 14-32, 14-33, 14-34, 14-35, 14-36, 14-37, 14-38, 14-39, 14-40, 14-41, 14-42, 14-43, 14-44, 14-45, 14-46, 14-47, 14-48, 14-49, 14-50, 14-51, 14-52, 14-53, 14-54, 14-55, 14-56, 14-57, 14-58, 14-59, 14-60, 14-61, 14-62, 14-63, 14-64, 14-65, 14-66, 14-67, 14-68, 14-69, 14-70, 14-71, 14-72, 14-73, 14-74, 14-75, 14-76, 14-77, 14-78, 14-79, 14-80, 14-81, 14-82, 14-83, 14-84, 14-85, 14-86, 14-87, 14-88, 14-89, 14-90, 14-91, 14-92, 14-93, 14-94, 14-95, 14-96, 14-97, 14-98, 14-99, 15-00, 15-01, 15-02, 15-03, 15-04, 15-05, 15-06, 15-07, 15-08, 15-09, 15-10, 15-11, 15-12, 15-13, 15-14, 15-15, 15-16, 15-17, 15-18, 15-19, 15-20, 15-21, 15-22, 15-23, 15-24, 15-25, 15-26, 15-27, 15-28, 15-29, 15-30, 15-31, 15-32, 15-33, 15-34, 15-35, 15-36, 15-37, 15-38, 15-39, 15-40, 15-41, 15-42, 15-43, 15-44, 15-45, 15-46, 15-47, 15-48, 15-49, 15-50, 15-51, 15-52, 15-53, 15-54, 15-55, 15-56, 15-57, 15-58, 15-59, 15-60, 15-61, 15-62, 15-63, 15-64, 15-65, 15-66, 15-67, 15-68, 15-69, 15-70, 15-71, 15-72, 15-73, 15-74, 15-75, 15-76, 15-77, 15-78, 15-79, 15-80, 15-81, 15-82, 15-83, 15-84, 15-85, 15-86, 15-87, 15-88, 15-89, 15-90, 15-91, 15-92, 15-93, 15-94, 15-95, 15-96, 15-97, 15-98, 15-99, 16-00, 16-01, 16-02, 16-03, 16-04, 16-05, 16-06, 16-07, 16-08, 16-09, 16-10, 16-11, 16-12, 16-13, 16-14, 16-15, 16-16, 16-17, 16-18, 16-19, 16-20, 16-21, 16-22, 16-23, 16-24, 16-25, 16-26, 16-27, 16-28, 16-29, 16-30, 16-31, 16-32, 16-33, 16-34, 16-35, 16-36, 16-37, 16-38, 16-39, 16-40, 16-41, 16-42, 16-43, 16-44, 16-45, 16-46, 16-47, 16-48, 16-49, 16-50, 16-51, 16-52, 16-53, 16-54, 16-55, 16-56, 16-57, 16-58, 16-59, 16-60, 16-61, 16-62, 16-63, 16-64, 16-65, 16-66, 16-67, 16-68, 16-69, 16-70, 16-71, 16-72, 16-73, 16-74, 16-75, 16-76, 16-77, 16-78, 16-79, 16-80, 16-81, 16-82, 16-83, 16-84, 16-85, 16-86, 16-87, 16-88, 16-89, 16-90, 16-91, 16-92, 16-93, 16-94, 16-95, 16-96, 16-97, 16-98, 16-99, 17-00, 17-01, 17-02, 17-03, 17-04, 17-05, 17-06, 17-07, 17-08, 17-09, 17-10, 17-11, 17-12, 17-13, 17-14, 17-15, 17-16, 17-17, 17-18, 17-19, 17-20, 17-21, 17-22, 17-23, 17-24, 17-25, 17-26, 17-27, 17-28, 17-29, 17-30, 17-31, 17-32, 17-33, 17-34, 17-35, 17-36, 17-37, 17-38, 17-39, 17-40, 17-41, 17-42, 17-43, 17-44, 17-45, 17-46, 17-47, 17-48, 17-49, 17-50, 17-51, 17-52, 17-53, 17-54, 17-55, 17-56, 17-57, 17-58, 17-59, 17-60, 17-61, 17-62, 17-63, 17-64, 17-65, 17-66, 17-67, 17-68, 17-69, 17-70, 17-71, 17-72, 17-73, 17-74, 17-75, 17-76, 17-77, 17-78, 17-79, 17-80, 17-81, 17-82, 17-83, 17-84, 17-85, 17-86, 17-87, 17-88, 17-89, 17-90, 17-91, 17-92, 17-93, 17-94, 17-95, 17-96, 17-97, 17-98, 17-99, 18-00, 18-01, 18-02, 18-03, 18-04, 18-05, 18-06, 18-07, 18-08, 18-09, 18-10, 18-11, 18-12, 18-13, 18-14, 18-15, 18-16, 18-17, 18-18, 18-19, 18-20, 18-21, 18-22, 18-23, 18-24, 18-25, 18-26, 18-27, 18-28, 18-29, 18-30, 18-31, 18-32, 18-33, 18-34, 18-35, 18-36, 18-37, 18-38, 18-39, 18-40, 18-41, 18-42, 18-43, 18-44, 18-45, 18-46, 18-47, 18-48, 18-49, 18-50, 18-51, 18-52, 18-53, 18-54, 18-55, 18-56, 18-57, 18-58, 18-59, 18-60, 18-61, 18-62, 18-63, 18-64, 18-65, 18-66, 18-67, 18-68, 18-69, 18-70, 18-71, 18-72, 18-73, 18-74, 18-75, 18-76, 18-77, 18-78, 18-79, 18-80, 18-81, 18-82, 18-83, 18-84, 18-85, 18-86, 18-87, 18-88, 18-89, 18-90, 18-91, 18-92, 18-93, 18-94, 18-95, 18-96, 18-97, 18-98, 18-99, 19-00, 19-01, 19-02, 19-03, 19-04, 19-05, 19-06, 19-07, 19-08, 19-09, 19-10, 19-11, 19-12, 19-13, 19-14, 19-15, 19-16, 19-17, 19-18, 19-19, 19-20, 19-21, 19-22, 19-23, 19-24, 19-25, 19-26, 19-27, 19-28, 19-29, 19-30, 19-31, 19-32, 19-33, 19-34, 19-35, 19-36, 19-37, 19-38, 19-39,

В т.т. К-3 и К-4 проводится по токмам к.з. в т.т. К-3

2. Составление схемы замещения и определения э.д.с. и сопротивлений элементов схемы.

Схема замещения составляется на основании рекомендаций главы 2 (п.2.18 и 2.19), значения активных сопротивлений указаны в скобках (см. черт. М3662-717)

Расчет сопротивлений и э.д.с. проводится в относительных единицах при базисных условиях

$$S_б = 1000 \text{ МВ.А}$$

$$U_{бл} = 115 \text{ кВ}$$

$$U_{бл} = 10,5 \text{ кВ}$$

Э.д.с. системы электроснабжения и асинхронных двигателей принимается равными единице

$$E_I = 1,0 \text{ о.е.}$$

$$E_{II+I2} = 1,0 \text{ о.е.}$$

Э.д.с. синхронных двигателей принимается равной

$$E_{2+I0} = 1,03 \text{ о.е.}$$

Сопротивления кабельных линий, питающих распределительные пункты считаются равными нулю и в схему замещения не вводятся.

Индуктивные (X) и активные (Y) сопротивления остальных элементов схемы составят:

1. Система:

$$X_1 = \frac{S_б}{S_k}$$

$$X_1 = \frac{1000}{4650} = 0,21 \text{ о.е.}$$

Умв. № табл. Подп. и дата
Взам. инв. №
Основн. книга, разд. термехоб и электротех. и проектной документации др. спец. проектиров.

Форма

Ф09-78а-м2

Взам. инв. №

Ф09-78

Изм. отп.

Изм.

М3662-7

Лист

2

$$\gamma_1 = \frac{X_1}{\omega T_{ac}}$$

$$T_{ac} = 0,03 \text{ (см. табл. П-2, поз. 8)}$$

$$\gamma_1 = \frac{0,71}{314 \cdot 0,03} = 0,02 \text{ о.е.}$$

2. ВЛ-110 кВ

$$X_2 = X_0 \cdot e \frac{S_5}{U_5^2}$$

$$X_2 = 0,4 \cdot 1,43 \frac{1000}{115^2} = 0,04 \text{ о.е.}$$

$$\frac{X}{\gamma} = 6 \text{ (см. примечание к табл. П-6)}$$

$$\gamma_2 = \frac{X_2}{6} = \frac{0,04}{6} = 0,01 \text{ о.е.}$$

3. Трансформатор

$$X_3 = 0,32 \text{ о.е. (см. табл. П-1)}$$

$$X_4 = 2,70 \text{ о.е.}$$

$$\gamma_3 = \frac{P_{квн} \cdot S_5}{2 \cdot S_H^2}$$

$$\gamma_3 = \frac{0,245 \cdot 1000}{2 \cdot 63^2} = 0,03 \text{ о.е.}$$

$$\gamma_4 = \frac{P_{квн} \cdot S_5}{S_H^2} = 2 \cdot \gamma_3$$

$$\gamma_4 = \frac{0,245 \cdot 1000}{63^2} = 0,06 \text{ о.е.}$$

4. Реакторы:

$$X_6 = X_7 = X_8 = 3,17 \text{ о.е. (см. табл. П-3)}$$

$$X_9 = 3,17 \text{ о.е.}$$

$$X_{15} = X_{17} = X_{18} = 3,17 \text{ о.е.}$$

№ инв. подл.	Подл. и дата	Взам. инв. №	Форма	Взам. инв. №	Ф09-79,р-м2	Ф09-78	нач. ОП
							В. Букин

Основн. крмил. работ. термелей и
прекстод. джк. мейтов и грааентной
документации др. стад. проектиров.

М3662-7		Итого
		3

$$\gamma = \frac{\Delta P_H \cdot S_B}{I_H^2 \cdot U_{BII}^2}$$

$$\gamma_6 = \gamma_7 = \gamma_8 = \frac{0,011 \cdot 1000}{(1,6)^2 (10,5)^2} = 0,04, \text{ o.e.}$$

$$\gamma_9 = \frac{0,005 \cdot 1000}{10,5^2} = 0,05, \text{ o.e.}$$

$$\gamma_{15} = \gamma_{17} = \gamma_{18} = \frac{0,016 \cdot 1000}{(0,4)^2 (10,5)^2} = 0,91, \text{ o.e.}$$

5. Двигатели:

$$X = X' d \frac{S_B}{S_H}; \quad \gamma = \frac{X}{\omega T_{ONG}}$$

- MG₁ и MG₂

$$X_{10} = X_{11} = 0,144 \cdot \frac{1000 \cdot 0,9}{3,2} = 40,22 \text{ o.e.}$$

$$\gamma_{10} = \gamma_{11} = \frac{40,22}{314 \cdot 0,05} = 2,56 \text{ o.e.}$$

- MG₃ ÷ MG₆

$$X_{12} = X_{13} = X_{14} = X_{15} = 0,116 \cdot \frac{1000 \cdot 0,9}{1,5} = 69,6, \text{ o.e.}$$

$$\gamma_{12} = \gamma_{13} = \gamma_{14} = \gamma_{15} = \frac{69,6}{314 \cdot 0,05} = 3,69, \text{ o.e.}$$

- MG₇ ÷ MG₉

$$X_{21} = X_{22} = X_{23} = 0,118 \cdot \frac{1000 \cdot 0,9}{3,5} = 30,34, \text{ o.e.}$$

M3662-7

Лист

4

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Форма	Взам. инв. №	Нач. ОП
			Ф 09-79, л-м2	Ф 09-78	В. Басин

Основн. компл. работ, чертежей и текстов. документац. и проектной документации др. спец. проектиров.

$$X_{21} = X_{22} = X_{23} = \frac{30,34}{314 \cdot 0,08} = 1,21, \text{ а.е.}$$

- M_{10} и M_{11}

$$X_{19} = X_{20} = \frac{1}{6,2} \frac{1000 \cdot 0,9}{1} = 145,08, \text{ а.е.}$$

$$X_{19} = X_{20} = \frac{145,08}{314 \cdot 0,08} = 9,2, \text{ а.е.}$$

3. Преобразование схемы замещения и определение результирующего сопротивления.

При преобразовании схемы замещения относительно точек к.з. можно пренебречь сопротивлениями в э.д.с. ветви, содержащей асинхронные двигатели, (смотри рис. 2-10) а именно, для:

т.т. К-1, К-2, К-3, К-6 - сопротивлением X_8 , X_9 , X_{20} и э.д.с. E_{11} и E_{12}

т. К-5 - сопротивлением X_{19} и X_{20} и э.д.с. E_{11} и E_{12}

Порядок преобразования схемы замещения показан на чертеже.

Результирующие сопротивления в э.д.с. относительно точек к.з., указанных на схеме составят:

Точка К-1

$$X_{24} = X_1 + X_2 + X_3 + X_4$$

$$X_{24} = 0,21 + 0,04 + 0,32 + 2,7 = 3,27, \text{ а.е.}$$

$$X_{25} = X_{10} // X_{11} = \frac{X_{10}}{2}$$

$$X_{25} = \frac{40,22}{2} = 20,11, \text{ а.е.}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Основн. контр. работ, чертежей и текстов, диктантов и проектной документации др. стад. проектиров.	Форма	Ф09-19а-м2	Взамен	Ф09-78	Исч. ОП	И. Яценко
--------------	--------------	--------------	--	-------	------------	--------	--------	---------	-----------

M3662-7

Лист
5

$$X_{26} = X_{25} + X_6 = 20,11 + 3,17 = 23,28, \text{ o.e.}$$

$$X_{27} = X_{12} // X_{13} // X_{14} // X_{15} = \frac{X_{12}}{4}$$

$$X_{27} = \frac{69,6}{4} = 17,4, \text{ o.e.}$$

$$X_{28} = (X_{16} + X_{21}) // (X_{17} + X_{22}) // (X_{18} + X_{23}) = \frac{X_{16} + X_{21}}{3}$$

$$X_{28} = \frac{3,17 + 30,34}{3} = 11,17, \text{ o.e.}$$

$$X_{29} = X_{27} // X_{28}$$

$$X_{29} = \frac{17,4 \cdot 11,7}{17,4 + 11,7} = 6,8, \text{ o.e.}$$

$$X_{30} = X_{29} + X_7 = 6,8 + 3,17 = 9,97, \text{ o.e.}$$

$$X_{31} = X_{19} // X_{20} = \frac{X_{19}}{2}$$

$$X_{31} = \frac{145,08}{2} = 72,54, \text{ o.e.}$$

$$X_{32} = X_8 + X_{31}$$

$$X_{32} = 3,17 + 72,54 = 75,71 \text{ o.e.}$$

$$X_{33} = X_{28} // X_{30} = 6,98 \text{ o.e.}$$

$$E_{13} = E_2 // E_3 = 1,07 \text{ o.e.}$$

$$E_{14} = E_4 // E_5 // E_6 // E_7 = 1,07 \text{ o.e.}$$

$$E_{15} = E_8 // E_9 // E_{10} = 1,07 \text{ o.e.}$$

$$E_{16} = E_{11} // E_{12} = 1,07 \text{ o.e.}$$

$$E_{17} = E_{13} // E_{14} = 1,07 \text{ o.e.}$$

Уин. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв. №	Форма	Взам. инв. №	Нач. деп.
			Ф09-79А-м2	Ф09-78	Э. Яценко

Основн. контр. работ, термехов и текстост. дик-нентав и проектной документации др. стад. проектиров.

M3662-7	Лист
	6

$$X_{39} = X_8 + X_{38}$$

$$X_{39} = 3,17 + 2,23 = 5,4, \text{ о.е.}$$

$$E_{20} = E_{11} // E_1 = 1,0, \text{ о.е.} \quad (\text{см. п.4.3.5.2, гл.4})$$

$$\gamma_{39} = 0,12, \text{ о.е.}$$

Точка К-6

$$X_{40} = X_{39} = 5,4, \text{ о.е.}$$

$$\gamma_{40} = 0,13 \text{ о.е.}$$

4. Определение токов коротких замыканий.

Расчет токов проводится в соответствии с рекомендациями главы 4 настоящих указаний.

Точка К-1

1. Начальное значение периодической составляющей тока к.з. в этой точке составит:

- от системы

$$I_{noc} = \frac{E_1 \cdot I_{6II}}{X_{24}} = \frac{1 \cdot 55,05}{3,27} = 16,83 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п.4.2.4)

- от синхронных двигателей $MG_1 \div MG_9$

$$I_{no3} = \frac{E_{17} I_{6II}}{X_{33}} = \frac{1,02 \cdot 55,05}{6,98} = 8,44 \text{ кА}$$

(см. п.4, п.4.2.5)

2. Периодические составляющие тока к.з. к моменту времени

$\gamma = 0,15$ с принимаются равными:

$$I_{inc} = I_{noc} = 16,83 \text{ кА}$$

$$I_{in3} = I_{no3} = 8,44 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п.4.2.6)

УИВ. № подл. | Подл. и дата | взаи. инв. № | Основн. кримл. работ Термехей и текстов. дж. - мутов и прогитино, документация др. стад. проектиров.

Нач. ОП

Взамен

Форма

Ф 09-78

Ф 09-79А-п2

Ф 09-78

Ф 09-78

M3662-7

Лист 8

- от системы и синхронных двигателей $MG_3 \div MG_9$

$$I'_{\Gamma 03} = \frac{E_1 \cdot I_{\Gamma 01}}{\alpha_{35}} = \frac{1,0 \cdot 55,05}{5,63} = 9,8 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п.4.3.6)

- от синхронных двигателей MG_1 и MG_2

$$I'_{\Gamma 0MG_1} = I'_{\Gamma 0MG_2} = \frac{E_1 \cdot I_{\Gamma 01}}{\alpha_{10}} = \frac{1,07 \cdot 55,05}{40,22} = 1,46 \text{ кА}$$

(см. гл. 4 п.4.1.4 и 4.1.5)

2. Периодическая составляющая к моменту времени $\tau = 0,15 \text{ с}$
принимается равной:

- от системы и синхронных двигателей $MG_3 \div MG_9$

$$I'_{\Gamma 03} = I'_{\Gamma 03} = 9,8 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п.4.3.9)

- от синхронных двигателей MG_1 и MG_2

$$I'_{\Gamma 0MG_1} = I'_{\Gamma 0MG_2} = I'_{\Gamma 0MG_1} \cdot \gamma$$

где: $\gamma = 0,6$ - по кривым рис. П2-1 для двигателя типа СТД

$$I'_{\Gamma 0MG_1} = I'_{\Gamma 0MG_2} = 1,46 \cdot 0,6 = 0,9 \text{ кА}$$

(см. гл.4, п.4.1.8)

3. Аperiodическая составляющая тока к.з. к моменту времени
 $\tau = 0,15 \text{ с}$ определяется следующим образом:

- от системы и синхронных двигателей $MG_3 \div MG_9$

$$i_{\Gamma 03} = \sqrt{2} I'_{\Gamma 03} e^{-\frac{\tau}{T_{03}}}$$

ВЗАМЕН МКУ. УИП
ФОРМА
Ф09-19-м2

Осн. обм. кривл. работ. терм. жемч. и
лек. ст. дик. н. м. т. в. и. пр. о. к. т. н. о.
Ф09-19-м2

ВЗАМ. УИП. №

Лист

УИП. № подл.

где:

$$T'_{0\Omega} = \frac{\chi_{35}}{\omega \chi_{35}} = \frac{5,63}{314 \cdot 0,16} = 0,12 \text{ с}$$

$$I'_{0\Omega} = 1,41 \cdot 9,8 \cdot 0,28 = 3,9 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п. 4.3.10)

- от синхронных двигателей MG_1 и MG_2

$$I'_{0\Omega MG_1} = I'_{0\Omega MG_2} = \sqrt{2} I_{\text{ном}MG} e^{-\frac{t}{T_{\text{ом}MG}}}$$

где; $T_{\text{ом}MG} = 0,07$ с - по кривым рис. П-2-2 для двигателя
3,2 мВт типа СТД

$$I'_{0\Omega MG_1} = I'_{0\Omega MG_2} = 1,41 \cdot 1,46 \cdot 0,13 = 0,27 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п. 4.1.10)

4. Составляющие ударных токов определяются по формулам:

- от системы и синхронных двигателей $MG_3 \div MG_9$

$$I'_{\Omega} = \sqrt{2} K_{\Omega} I'_{0\Omega}$$

где: $K'_{\Omega} = 1,92$ - по кривой рис. (П2-4) для $T_{\Omega} = 0,12$ с

$$I'_{\Omega} = 1,41 \cdot 1,92 \cdot 9,8 = 26,53 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п. 4.3.13)

- от синхронных двигателей MG_1 и MG_2

$$I_{\text{ум}MG_1} = I_{\text{ум}MG_2} = \sqrt{2} K_{\text{ум}MG} I_{\text{ном}MG}$$

где: $K_{\text{ум}MG} = 1,87$ - по кривым рис. П222 для двигателя
3,2 мВт типа СТД

$$I_{\text{ум}MG_1} = I_{\text{ум}MG_2} = 1,41 \cdot 1,87 \cdot 1,46 = 3,8 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п. 4.1.14)

Точка К-3

1. Начальное значение периодической составляющей тока к.з.
в этой точке составит:

М3662-7

Лист

11

Унк. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Форма	Взам. инв. №	Нач. ОП
			Ф09-79а-п2	Ф09-78	2.01.88

Основн. коман. работ, термелей и
текстов дик-метаб и преектной,
документации др. стад. проектиров.

- от системы и синхронных двигателей MG_1 и MG_2

$$I'_{\Gamma 021} = \frac{E_{19} \cdot I_{67}}{X_{37}} = \frac{1,0 \cdot 55,05}{6,04} = 9,1 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п. 4.3.6)

- от синхронных двигателей $MG_3 = MG_9$

$$I'_{\Gamma 022} = \frac{E_{14} \cdot I_{67}}{X_{27}} = \frac{1,07 \cdot 55,05}{17,4} = 3,39 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п. 4.2.5)

- от синхронных двигателей $MG_7 = MG_9$

$$I'_{\Gamma 023} = \frac{E_{15} \cdot I_{67}}{\frac{X_{16} + X_{21}}{3}} = \frac{1,07 \cdot 55,05}{11,17} = 5,27 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п. 4.2.5)

2. Периодическая составляющая к моменту времени $\tau = 0,15$ с принимается равной

- от системы и синхронных двигателей MG_1 и MG_2

$$I'_{\Gamma 021} = I'_{\Gamma 022} = 9,1 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п. 4.3.9)

- от синхронных двигателей $MG_3 + MG_6$

$$I'_{\Gamma 022} = j I'_{\Gamma 022}$$

где: $j = 0,73$ - по кривым рис. П2-1 для двигателя типа СТМП

$$I'_{\Gamma 022} = 0,73 \cdot 3,39 = 2,42 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п. 4.2.6)

- от синхронных двигателей $MG_7 = MG_9$

$$I'_{\Gamma 023} = j I'_{\Gamma 023}$$

где: $j = 0,73$ - по кривым рис. П2-1 для двигателей типа СТМ

М3662-7

Лист
12

$$I_{\alpha 23} = 0,73 \cdot 5,27 = 3,85 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п. 4.2.6)

3. Аперриодическая составляющая тока к.з. к моменту времени $\tau = 0,15$ с определяется следующим образом:

- от системы и синхронных двигателей MG_1 и MG_2

$$i_{\alpha 21} = \sqrt{2} I_{\alpha 21} e^{-\frac{\tau}{T_{\alpha 21}}}$$

где:

$$T_{\alpha 21} = \frac{X_{37}}{\omega \chi_{37}} = \frac{6,04}{314 \cdot 0,15} = 0,13 \text{ с}$$

$$i_{\alpha 21} = 1,41 \cdot 9,1 \cdot 0,3 = 3,85 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п. 4.3.10)

- от синхронных двигателей $MG_3 \div MG_6$

$$i_{\alpha 22} = \sqrt{2} I_{\alpha 22} e^{-\frac{\tau}{T_{\alpha 22}}}$$

где: $T_{\alpha 22} = 0,053$ с - по кривым рис. П2-2 для двигателей 1,5 мВт типа СТМ1

$$i_{\alpha 22} = 1,41 \cdot 3,39 \cdot 0,09 = 0,43 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п. 4.2.8)

- от синхронных двигателей $MG_7 \div MG_9$

$$i_{\alpha 23} = \sqrt{2} I_{\alpha 23} e^{-\frac{\tau}{T_{\alpha 23}}}$$

где: $T_{\alpha 23} = T_{\alpha 23} = 0,02 = 0,07$ с (см. гл. 4, п. 4.1.11)

$T_{\alpha 23} = 0,093$ - для двигателей 3,5 мВт типа СТМ по кривым рис. П2-2

$$i_{\alpha 23} = 1,41 \cdot 5,27 \cdot 0,13 = 0,98 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п. 4.2.8)

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Дата, терм. экз. и пр. экз. инв. №	Форма	Взам. инв. №	Нач. ОП
			документации др. стад. проектиров.	Ф09-19А-м2	Ф09-78	Ибрагим

M3662-7

Лист
13

2. Периодическая составляющая тока к.з. к моменту времени

$$\tau = 0,15 \text{ с}$$

$$I'_{\text{кз}} = I'_{\text{пз}} = 10,2 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п. 4.3.9)

3. Аperiodическая составляющая тока к.з. к моменту времени

$$\tau = 0,15 \text{ с}$$

$$I'_{\text{аэ}} = \sqrt{2} I'_{\text{пз}} e^{-\frac{\tau}{T'_{\text{аэ}}}}$$

где:

$$T'_{\text{аэ}} = \frac{X_{\text{эз}}}{\omega \psi_{\text{з9}}} = \frac{5,4}{314 \cdot 0,12} = 0,14 \text{ с}$$

$$I'_{\text{аэ}} = 1,41 \cdot 10,2 \cdot 0,34 = 4,96 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п. 4.3.10)

4. Составляющая ударного тока:

$$I'_{\text{уэ}} = \sqrt{2} K_{\text{уэ}} I'_{\text{пз}} = 1,41 \cdot 10,2 \cdot 1,94 = 27,9$$

где: $K_{\text{уэ}} = 1,94$ - по кривой рис. (П2-4) для $T'_{\text{аэ}} = 0,14 \text{ с}$
(см. гл. 4, п. 4.3.13)

Точка К-6

Расчет токов к.з. в этой точке проводится аналогично расчету токов к.з. в т.К.5.

1. Начальное значение периодической составляющей тока к.з. в этой точке составит:

$$I'_{\text{пз}} = \frac{E_{\text{р}} \cdot I_{\text{бн}}}{X_{\text{ч0}}} = \frac{1,0 \cdot 55,06}{5,4} = 10,2 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п. 4.3.6)

2. Периодическая составляющая к моменту времени $\tau = 0,15 \text{ с}$ принимается равной:

Инв. № подл.	Лист
Лист	15
Лист	
Дата	
Взам. инв. №	
Осн. инв. №	
Форма	
Взам. инв. №	
Нач. ОП	

Осн. инв. №
Форма
Взам. инв. №

Лист
15

$$I'_{m\alpha} = I'_{m0\alpha} = 10,2 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п. 4.3.9)

3. Аperiodическая составляющая к моменту времени $t = 0,15 \text{ с}$ определяется следующим образом:

$$i'_{a\alpha} = \sqrt{2} I'_{m0\alpha} e^{-\frac{t}{T_{a\alpha}}}$$

где:

$$T_{a\alpha} = \frac{X_{40}}{\omega U_{40}} = \frac{5,4}{314 \cdot 0,13} = 0,13 \text{ с}$$

$$i'_{a\alpha} = 1,41 \cdot 10,2 \cdot 0,3 = 4,31 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п. 4.3.10)

4. Составляющая ударного тока определяется по формуле:

$$i'_{y\alpha} = \sqrt{2} K_{y\alpha} I'_{m0\alpha}$$

где: $K_{y\alpha} = 1,93$ - по кривой рис. (172-4) для $T_{a\alpha} = 0,13 \text{ с}$

$$i'_{y\alpha} = 1,41 \cdot 1,93 \cdot 10,2 = 27,8 \text{ кА}$$

(см. гл. 4, п. 4.3.13)

УИВ. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Основн. компл. работ, термелей и текстоб. док-ментов и проектной документации др. стад. проектиров. | Форма | Ф09-19а-м2 | Взам. инв. | Ф09-78 | № уч. ОП | № докум.

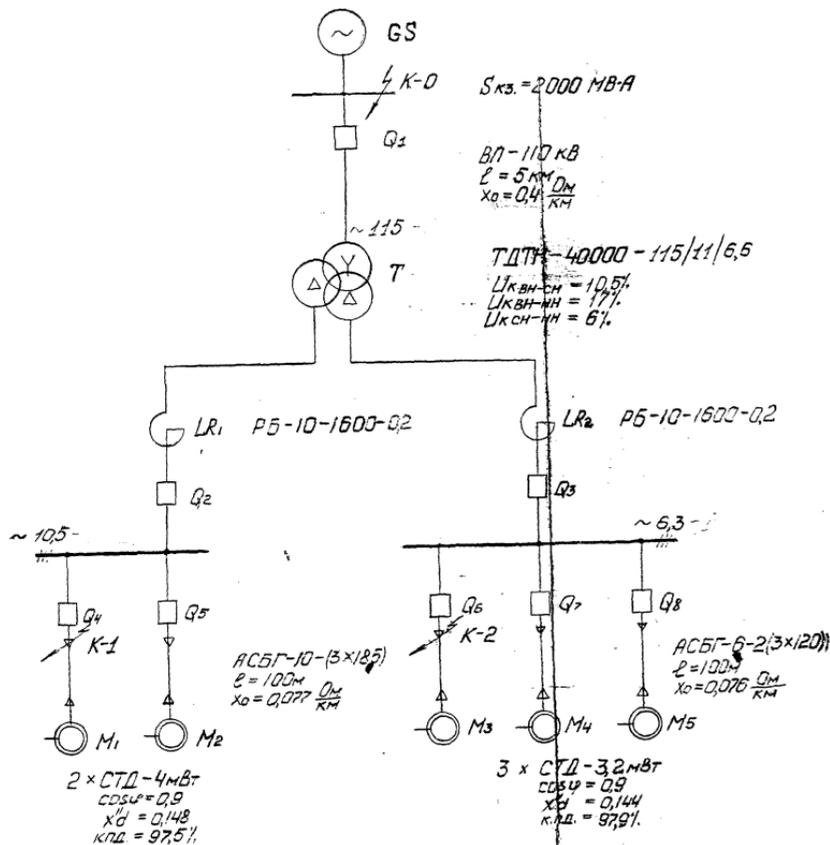
ИИ

МЭ3662-7

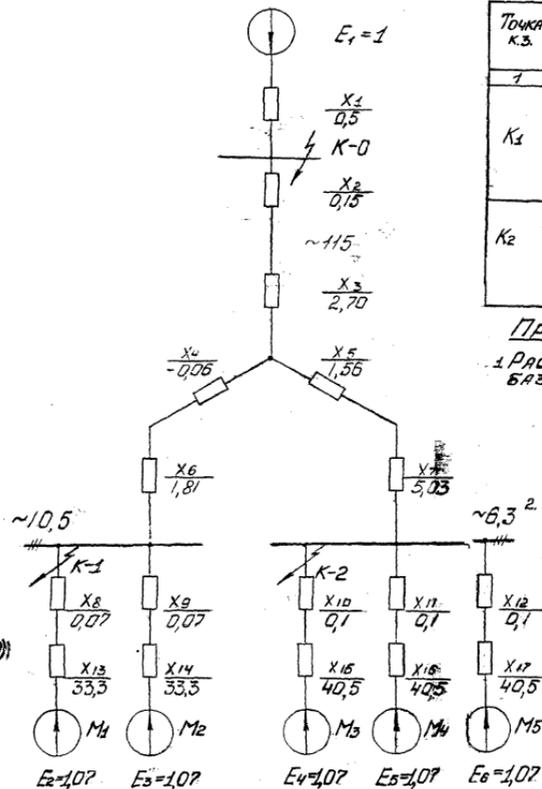
Лист

16

а) Расчетная схема



б) Схема замещения



Точка к.з.	Базисное напряжение	Наименование генерирующей ветви	Значения токов коротких замыканий, кА			
			I _{по}	I _{от}	I _{от}	I _у
1	2	3	4	5	6	7
K ₁	10,5	Система	10,79	10,79	3,37	29,11
		Двигатель M ₂	1,77	1,06	0,32	4,7
Расчетные значения			12,56	11,85	3,69	33,81
K ₂	6,3	Система	9,23	9,23	2,88	24,9
		Двигатели M ₃ M ₄ M ₅	4,85	2,92	0,89	12,8
Расчетные значения			14,08	12,14	3,77	37,7

Примечание:

1 Расчет проведен в относительных единицах, при базисных условиях:

S_б = 1000 МВ·А
U_{бн} = 115 кВ
U_{бв} = 10,5 кВ
U_{бз} = 6,3 кВ

При выборе выключателей следует использовать значения токов к.з., приведенные в графе "расчетные значения".

II. Таблицы сопротивлений отдельных элементов
схемы электроснабжения (о.е)

II.1.1 Все сопротивления, указанные в таблицах приведены к базисной мощности $S_б = 1000 \text{ МВ.А}$

II.2 Сопротивления реакторов приведены к базисному напряжению $U_б = 10,5 \text{ кВ.}$

II.3 При составлении таблиц использована следующая литература:

- ГОСТ -12965-74- Трансформаторы трехфазные силовые масляные общего назначения класса напряжения 110кВ.
- ГОСТ 15957-70 - Трансформаторы трехфазные силовые масляные общего назначения класса напряжения 220кВ.
- ГОСТ 14794-69 Реакторы токоограничивающие сухие.

Изм. № подл.	Лист	и дата	Взам. инв. №	Исполн. комплект работ, термины и тексты изменений, и сокращения документации др. способ. изменения	Форма	Взам. инв. №	Мат. отп
					Ф09-19	Ф09-78	

Исполн.	Исполн.	Исполн.	Исполн.
Мочалов	Чугункин	Менчик	Шестаков
И. Комар	Корогодяев	Ковалев	Синь

M3662-8

Руководство по выполнению расчетов токов короткого замыкания в сетях промышленных предприятий

	Страница	Лист	Листов
		1	8

ВНИИ ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ
ИМЕНИ Ф. Б. ЯКУБОВСКОГО
МОСКВА

Приложение I. Таблицы сопротивлений. Схемы замыкания.

5

2. Реакторы
 $S \approx 1000 \text{ МВ.А}$
 $U_6 = 10,5 \text{ кВ}$

Таблица ПИ-3

Изм. № подл. Подл. дата
 взамен инв. №
 Форма Ф 09-79Л-п2
 взамен Ф 09-78
 нац. ОП
 Адрес

Серия	Номинальное напряжение, кВ	Длительность допустимый ток, А	Номинальный коэффициент связи	Сопротивление	
				$X_n, \text{ Ом}$	$X, \text{ о.е.}$
1	2	3	4	5	6
РБ РБУ	10	400	-	0,35	3,17
			-	0,45	4,08
		630	-	0,25	2,27
			-	0,400	3,63
		1000	-	0,56	5,08
			-	0,14	1,27
			-	0,22	2,00
			-	0,28	2,54
			-	0,35	3,17
			-	0,45	4,08
		1600	-	0,56	5,08
			-	0,14	1,27
-	0,20		1,81		
2500	-	0,25	2,27		
	-	0,35	3,17		
РБД РБГ		2500	γ	0,14	1,27
			-	0,2	1,81
			-	0,14	1,27

M3662-8

Лист 5

Продолжение таблицы ПИ-3

I	2	3	4	5	6
РБГ			-	0,2	1,81
РБГД		2500	-	0,25	2,27
			-	0,35	3,17
		4000	-	0,11	1,00
			-	0,18	1,63
РБС	10	2x630	0,46	0,25	2,27
			0,5	0,4	3,63
			0,53	0,56	5,08
РБСД		2x1000	0,49	0,14	1,27
			0,53	0,22	2,00
			0,53	0,28	2,54
			0,55	0,35	3,17
РБСУ		2x1609	0,49	0,45	4,08
			0,5	0,56	5,08
РБСД		2x1609	0,56	0,14	1,27
			0,51	0,2	1,81
РБСДГ		2x2500		0,25	2,27
				0,35	3,17
				0,14	1,27
				0,2	1,81

Примечание:

Расчет сопротивлений проводился по формуле:

$$X_p = X_{pH} \frac{S\delta}{U_{\delta p}^2} > \text{где } U_{\delta p} = 10,5 \text{ кВ}$$

Изм. № подл. Подп. и дата
 Взам. инв. №
 Форма
 взамен
 № 09-78
 № 09-79А-м2
 Исполн. крм. раб., термелей и
 текстоб. дж.-моторы и проектной и
 документации др. стад. проектиров.

Исчм
 6
 М3662-8

7

При $I_{б}$, отличным от $I_{бр}$ сопротивление подсчитывается по следующей формуле:

$$X_{рп} = \kappa^2 X_{р}$$

где: $\kappa = \frac{I_{бр}}{I_{бп}}$ - поправочный коэффициент, учитывающий действительное базисное напряжение $I_{бп}$ той ступени, куда подсоединен реактор

Ниже приводится таблица поправочных коэффициентов при различных значениях $I_{бп}$

Таблица ПИ-4

κ^2	0,08	2,78
$I_{бп}$	37	6,3

3. Система

$$S_{б} = 1000 \text{ МВ.А}$$

Таблица ПИ-5

$S_{кз}$ МВ.А	1000	1500	2000	3000	3500	4000	5000	6000	7000
X_c , * 0.6	1,0	0,67	0,5	0,4	0,33	0,29	0,25	0,22	0,20

Примечание:

Расчет сопротивлений системы проводился по формуле:

$$X_c = S_{б} / S_{кз}$$

4. Воздушные линии электропередач

$$S_{б} = 1000 \text{ МВ.А}$$

$$X_0 = 0,4 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$$

УИЭ № подл. Подл. дата
 взамен инв. №
 Форма
 Ф09-79А-п2
 взамен
 Ф09-78
 Нач. ОПП
 в. Бранд

Условн. крив. работ, термехей и текстов док-ментов и проектной документации др. стад. проектиров.

M3662-8

Лист

7

l, км	Иб,	И15	230
	кВ		
1	0,03		0,01
2	0,06		0,02
3	0,09		0,03
4	0,12		0,04
5	0,15		0,05
6	0,18		0,06
7	0,21		0,07
8	0,24		0,08
9	0,27		0,09
10	0,30		0,10
11	0,33		0,11
12	0,36		0,12
13	0,39		0,13
14	0,42		0,14
15	0,45		0,15

Примечание:

1. Расчет сопротивлений проводился по формуле:

$$X_1 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_8}{S_7}$$

2. $\frac{X}{U} = 2 \div 8$ а.е.

Таблица базисных токов

Таблица ПИ-7

Иб, кВ	230	И15	37	15,75	13,8	10,5	6,3	3,15
Иб кА	2,51	5,03	15,62	36,70	41,89	55,05	91,75	183,50

Шифр № подл. Подлн дата
 Форма Ф 09-79.л-п2
 взамен Ф 09-78
 нач. ОП
 Шифр № инв. № 15-нобн. компл. работ, термехиз и текстоб. дж.-монтаж и проектной документации др. стад. проектиров.

M3662-8

Лист
8

М3662-9

4

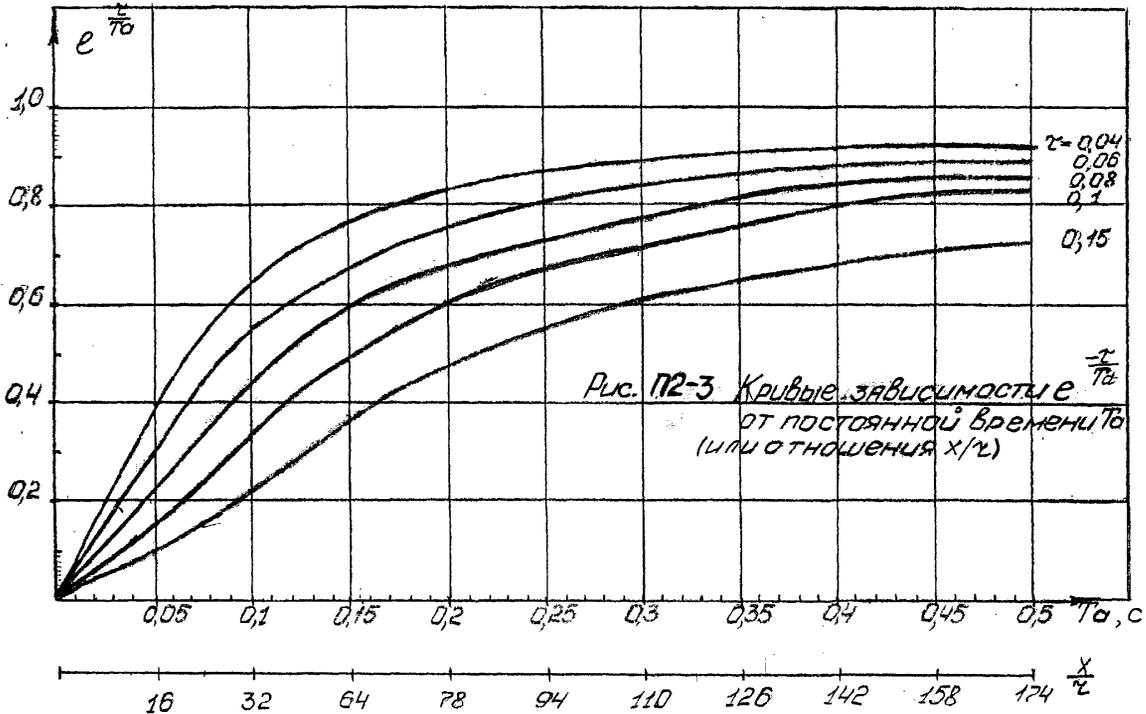


Рис. П2-3

143662-9

5 лист

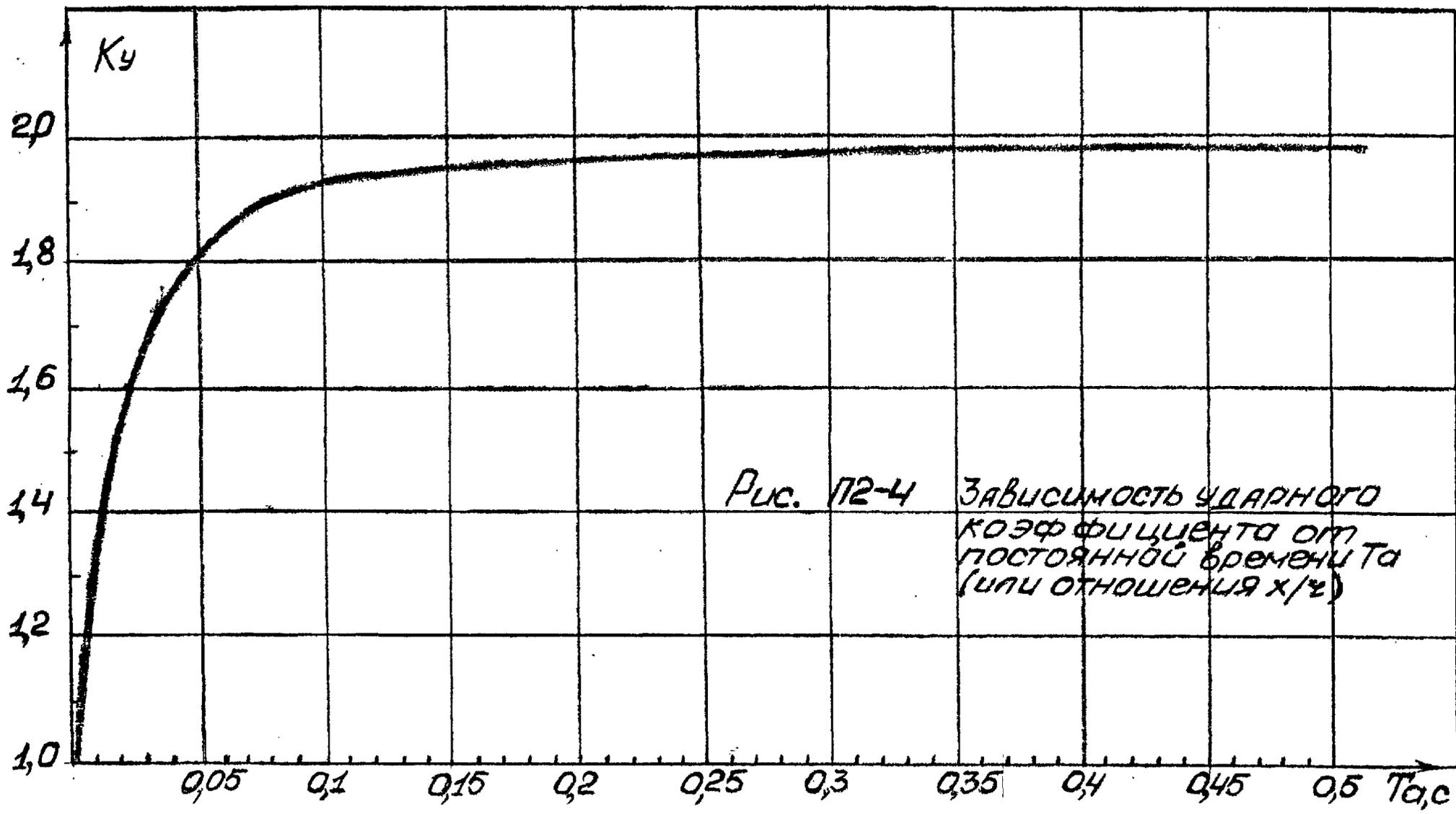


Рис. П2-4 Зависимость ударного коэффициента от постоянной времени τ (или отношения x/y)

Рис П2-4

16 32 64 78 94 110 126 142 158 174 $\frac{x}{y}$

Ориентировочные значения

постоянной времени затухания аperiodической составляющей тока короткого замыкания и ударного коэффициента для характерных элементов и частей электрической системы

Таблица П2-1

№ п/п	Наименование элементов для частей электрической системы	T_0, c	K_y
1	2	3	4
1	Турбогенераторы мощностью 12-60 МВт	0,16-0,25	1,64-1,955
2	То же, мощностью 100-1000 МВт	0,4-0,54	1,975-1,98
3	Блоки, состоящие из турбогенератора мощностью 60 МВт и трансформатора при номинальном генераторном напряжении		
	- 6,3 кВ	0,2	1,95
	- 10 кВ	0,15	1,935
4	Блоки, состоящие из турбогенератора мощностью 100-200 МВт и повышающего трансформатора	0,26	1,965

Умв. № подл. | Подп. и дата | Взам. умв. № | Форма | Ф09-79л-м2 | Взам. Ф09-78 | Нач. ОП | в/зам.

Основн. форма работ, чертежей и текстов. Док-ментов и проектно-документации др. стад. проектиров.

1	2	3	4
---	---	---	---

5 То же, при мощности генераторов

300 мВт	0,32	I,977
500 мВт	0,35	I,983
800 мВт	0,3	I,967

6 Система, связанная со сборными шинами КЭС или ГЭС воздушными линиями напряжением

35 кВ	0,02	I,608
110-150 кВ	0,02-0,03	I,608-I,717
220-330 кВ	0,03-0,04	I,717-I,78
500-750 кВ	0,06-0,08	I,85-I,895

7 Система, связанная со сборными шинами 6-10 кВ через трансформаторы мощностью:

- 80 мВ.А в единице и выше	0,06-0,15	I,85-I,935
- 32-80 мВ.А в единице	0,05-0,1	I,82-I,904

8 Ветви, защищенные реактором с номинальным током

- 1000 А и выше	0,23	I,956
- до 630 А	0,1	I,904

9 Распределительные сети напряжением 6-10 кВ

0,01	I,369
------	-------

мш

M3662-9

Лист

7

Инв. № подл. Подп. и дата Взам. инв. № Дата вх. в эксплуатацию, дата выдачи и срок действия документа, оформляющего вх. в эксплуатацию

Нач. ОП

Взам. инв. №

Форма

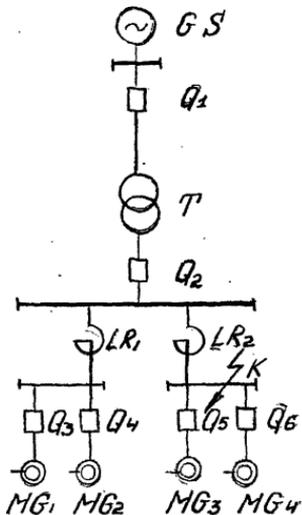
Ф09-78

Ф09-79л-п.2

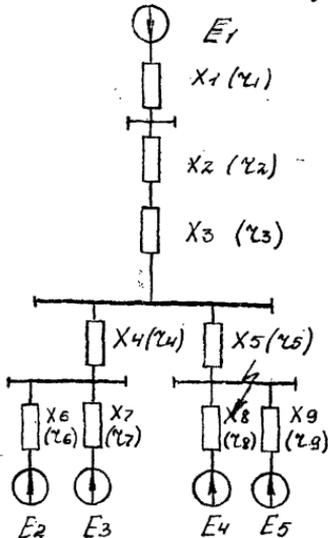
Ф09-79л-п.2

Ф09-79л-п.2

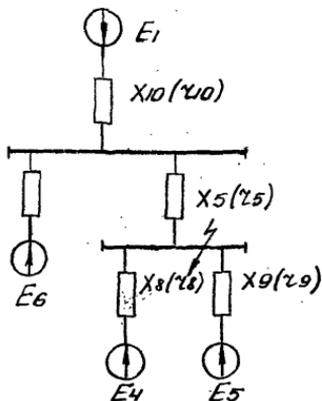
а) РАСЧЕТНАЯ СХЕМА



б) СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ



в) Преобразованная после этапа отключения

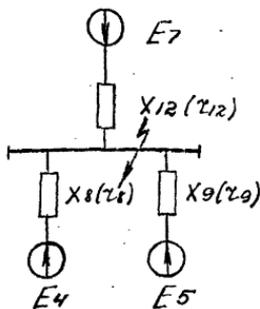


$$X_{10} = X_1 + X_2 + X_3$$

$$X_{11} = X_6 // X_7 + X_4$$

$$E_6 = E_2 // E_3$$

г) окончательно преобразованная схема замещения



$$X_{12} = X_{10} // X_{11} + X_5$$

$$E_7 = E_{11} // E_6$$

Инв. №	Взам. инв. №	Форма	Взам. инв. №	Нач. ОП
год	№	Ф09-79.л-м2	Ф09-78	Иванов
Подпись	Формат			