

МИНИСТЕРСТВО МОНТАЖНЫХ И СПЕЦИАЛЬНЫХ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ СССР

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ  
ОБЪЕДИНЕНИЕ «ЭЛЕКТРОМОНТАЖ»

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

## ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ

Имени Ф.Б. ЯКУБОВСКОГО

### РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ВЫПОЛНЕНИЮ СХЕМ СЕТЕЙ

Выпрямленного оперативного тока

МОСКВА 19 89 г.

М01-6300-1, Л1

Формы	Взамен	Нач	ТО
Ф29-89	Ф29-85		
Обложка			
Подп. и дата	Взамен	И.В. №	
Подп. и дата			

М01-6300-1, 12

МИНИСТЕРСТВО МОНТАЖНЫХ И СПЕЦИАЛЬНЫХ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ СССР

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ  
ОБЪЕДИНЕНИЕ «ЭЛЕКТРОМОНТАЖ»

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

# ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ

ИМЕНИ Ф.Б. ЯКУБОВСКОГО

## РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ВЫПОЛНЕНИЮ СХЕМ СЕТЕЙ

ВЫПРЯМЛЕННОГО ОПЕРАТИВНОГО ТОКА

Работа не подлежит  
размножению и передаче дру-  
гим организациям

Главный инженер *А.Г. Смирнов*

Отделы: ОЭС - ОНЭО

Главный специалист *В.И. Корогодский*

Начальник ОНЭО *Э.М. Либерзон*

МОСКВА 19.89 г.

Форма	Взамен	Нач. Т.О.
Ф29а-89	Ф29а-85	
Технический лист		
Шифр подл.	Дата	Взам. инв. №

Обозначение	Наименование	Кол. лист- ов	Примечание
МОИ-6300-1	Обложка и титульный лист	2	
МОИ-6300-2	Содержание тома	1	
МОИ-6300-3	Текстовая часть	39	

Изм. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Содержание тома нор-	Форма	Взам. инв. №	Наим. ОТП
			мативной документации	ФН-82-м	ФН-79	5-5

Гл. спец. Мидерзон	Гл. спец. Корободский
--------------------	-----------------------

МОИ-6300-2

Содержание  
тома

Лист 1	Лист 2	Лист 3
ВНИПИ ТЯЖПРОЭЛЕКТРОПРОЕКТ ИМЕНИ Б. ЯКУБОВСКОГО МОСКВА		

## Содержание

СТР.

Предисловие.....	2
Введение.....	2
1. Расчет токов короткого замыкания в сети выпрямленного оперативного тока с совместным питанием устройств РЗА и цепей управления выключателей.....	4
1.1. Общие положения и схема замещения.....	4
1.2. Расчет токов коротких замыканий.....	10
2. Установка защитной аппаратуры в сетях оперативного тока и собственных нужд.....	19
2.1 Общие положения.....	19
2.2 Анализ существующих схем питания шин $\pm$ ШУ.....	20
2.3 Рекомендуемые схемы питания шин $\pm$ ШУ.....	26
3. Расчет токов короткого замыкания в сети "сглаженного" оперативного тока.....	32
4. Действие защитных аппаратов при КЗ в сети "сглаженного" оперативного тока.....	33

Имя	Подпись	Дата	Взам инв. №	Чертежи и текстовые документы, указанного комплекта, проекта (разного проекта)	Формы	Взам инв. №	Дата
Иванов	Иванов	10.10.2020	100-82-1/001	100-82-1/001	100-82-1/001	100-82-1/001	10.10.2020

M01-6300-3

[illegible]

## Предисловие

Настоящая работа по-существу представляет собой вторую редакцию работы ВНИПИ Тяжпромэлектропроект "Рекомендации по выполнению схем сетей выпрямленного оперативного тока" (л.8), выпущенной по плану научной организации труда в 1984 г. В нынешней редакции учтен опыт применения систем выпрямленного тока на промышленных подстанциях, запроектированных на основании типовых решений института "Энергосетьпроект" (л7) и ВНИПИ ТПЭП (л.1).

В работе рассмотрены вопросы расчета токов коротких замыканий и выбора защитных аппаратов в системе выпрямленного оперативного тока (СВТ) подстанций и распределительных пунктов промышленных предприятий, применительно к конфигурации СВТ, описанной в (л.1; л.7; л. 8, л.9 и л.10).

Работа выполнена в инициативном порядке в отделе электроснабжения ВНИПИ ТПЭП (главный специалист В.И.Корогодский) при участии начальника отдела нового электрооборудования к.т.н. Э.М.Либерзона.

## Введение

Система выпрямленного оперативного тока (СВТ) стала в настоящее время основным видом оперативного тока на подстанциях и распределительных пунктах промышленных предприятий (л.2). Все СВТ можно разделить на виды, условно обозначенные в (л.1; л.8, л.10) в данной работе на СВТ по вариантам:

"А", "Б", "В", и "КРУ".

Особенностью построения СВТ на главных повысительных подстанциях (ГПП) по варианту "А" является питание оперативных цепей защиты, автоматики и управления только от стабилизированных блоков типа БПС-2, подключенных ко вторичным

Лист № 1 из 1  
Инв. № подл. 10201  
Подп. и дата  
Взам. инв. № 10201  
Черт. № 1  
Формы и текстовые документы  
основного комплекта,  
проектируемого проекта  
(009-82 л. 2)  
Взам. инв. № 10201  
Формы и текстовые документы  
основного комплекта,  
проектируемого проекта  
(009-82 л. 2)  
Формы и текстовые документы  
основного комплекта,  
проектируемого проекта  
(009-82 л. 2)  
Формы и текстовые документы  
основного комплекта,  
проектируемого проекта  
(009-82 л. 2)

М01-6300-3

Лист №

2

обмоткам трансформаторов напряжения (типа НКФ-110 и НКФ-220), установленных на линиях 110-220 кВ, питающих силовые трансформаторы ППП.

Блоки напряжения типа БПН-1002, предназначенные для организации питания цепей сигнализации ( $\pm$ ШС), подключаются к секциям щита переменного тока 380-220В в ППП.

Вариант "Б" для ППП отличается тем, что блоки типа БПНС-2 подключаются к секциям шин щита переменного тока 380-220 В, а каждый из двух токовых блоков питания типа БПТ-1002 подключен вторичным обмоткам трансформаторов тока, встроенных во вводы высшего напряжения силовых трансформаторов ППП.

Вариант "В" для ППП с трансформаторами, имеющими расщепленную обмотку низшего напряжения (НН), характеризуется наличием только двух блоков типа БПНС-2, каждый из которых подключен к шинкам 380В обеспеченного питания, образованным попарно включенными четырьмя трансформаторами собственных нужд небольшой (до 40-63 кВА) мощности. Аналогичная система может применяться для четырехсекционных (2х2) РП, характерных для некоторых машиностроительных предприятий.

Блоки напряжения типа БПН-1002 запитаны так же, как в варианте "А".

Аппаратура СВТ размещается в помещении щита управления и реле ППП.

Организация СВТ в РП, состоящих из шкафов комплектных распределительных устройств, (так называемый вариант "КРУ") сходна с вариантом "Б", применяемом на ППП. И здесь блоки типа БПНС-2 подключаются к трансформаторам собственных нужд со вторичным напряжением 380В. Токовые блоки типа БПТ-1002 подключаются ко вторичным обмоткам трансформаторов тока

вводов 6-10 кВ. Блоки напряжения включаются на шинки обеспеченного питания З80В, имеющие два ввода с АВР от трансформаторов собственных нужд. Блоки БННС-2 устанавливаются в помещении РП, а остальная аппаратура СВТ (кроме УПК) в шкафу низковольтной аппаратуры КРУ 6-10 кВ.

I. Расчет токов короткого замыкания в сети  
выпрявленного оперативного тока, с совместным  
питанием устройств РЗА и цепей управления  
выключателей.

I.1. Общие положения и схема замещения.

При определении токов короткого замыкания в сети, об-  
разующей шинки управления  $\pm$  ШУ, должны быть известны сопро-  
тивления от источника питания до места короткого замыкания.  
В общем виде значение тока на стороне переменного напряжения  
определяется по формуле:

$$I_{к.з} \sim \frac{U_{\phi}}{Z_{\Sigma}}, A \quad (I.1)$$

где  $U_{\phi}$  - номинальное фазное напряжение питающей  
сети;

$Z_{\Sigma}$  - суммарное сопротивление цепи короткого  
замыкания, включающее в себя в зависимости  
от места короткого замыкания (КЗ) одно  
или несколько следующих сопротивлений:

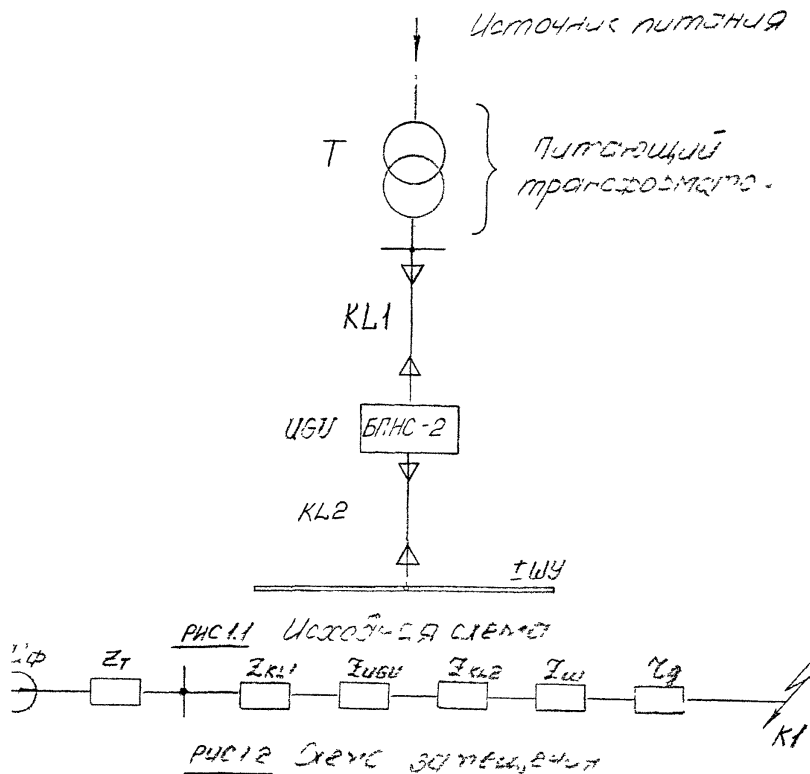
- $Z_T$  - сопротивление питающего элемента;
- в вариантах Б, В и для КРУ - трансформа-  
тора собственных нужд ( $K_v = 6000 + 10000/380В$ )
  - в варианте А - трансформатора напряжения  
( $K_v = 110000 - 220000/100 В$ )

$Z_{KL1}$  - сопротивление кабеля от питающего трансформатора до блока БПНС-2;

$Z_{УВУ}$  - сопротивление блока БПНС-2;

$Z_{KL2}$  - сопротивление петли кабеля, соединяющего блок питания с шинками  $\pm 110$ ;

$Z_{\omega}$  - сопротивление петли шинок  $\pm 110$ .





$Z_g$  - сопротивление, учитывающее совокупно все переходные контакты в цепи КЗ.

На рис. I.1, I.2 показана исходная схема и схема замещения участка сети СВТ для расчета токов КЗ.

При КЗ в конце магистрали шин  $\pm$  ШУ, в точке К1 суммарное сопротивление:

$$Z_{\Sigma} = Z_T + Z_{KL1} + Z_{UGV} + Z_{KL2} + Z_{ш} + Z_g \quad (I.2)$$

Учитывая, что в рассматриваемой сети индуктивное сопротивление существенно меньше активного, все сопротивления в (I.2) принимаются активными:

$$Z_{\Sigma} = Z_T + Z_{KL1} + Z_{UGV} + Z_{KL2} + Z_{ш} + Z_g \quad (I.3)$$

Сопротивление блока БННС-2 вычисляется по формуле:

$$Z_{UGV} = K^2 \cdot Z_{UGV \text{ ном}} \quad (I.4)$$

где:  $Z_{UGV} \text{ ном.}$  - сопротивление блока при номинальном фазном напряжении блока  $\frac{400}{\sqrt{3}}$ ;

$K = \frac{U_{\text{ном}}}{400}$  - коэффициент трансформации трансформатора, установленного на входе блока,

$U_{\text{ном}}$  - номинальное линейное напряжение блока (100 В или 400В)

Данные по номинальному сопротивлению блока типа БННС-2 неоднозначны. Поэтому в расчете использованы следующие значения сопротивления  $Z_{UGV \text{ ном.}}$ : в максимальном режиме работы

$Z_{UGV \text{ ном.}} = 3,8 \text{ Ом}$  (по данным л.4), а в минимальном режиме:

$Z_{UGV \text{ ном.}} = 4,7 \text{ Ома}$  - (по данным л.3 и л.6).

Активное сопротивление кабельного участка сети от блока питания до шинок  $\pm$  ШУ, приведенное к напряжению питания переменного тока:

$$\gamma_{KL2} = \frac{\gamma_{d.KL2} \cdot K^2}{\sqrt{3} \cdot K_{\theta} \cdot K_T} \quad (I,5)$$

где:  $\gamma_{d.KL2}$  — активное сопротивление петли кабеля длиной  $\ell_2$  и сечением  $S_2$  от выходных зажимов блока ( $= 220$  В) до шинок  $\pm$  ШУ.

Сопротивление петли, шинок приведенное к стороне переменного тока:

$$\gamma_{ш} = \frac{\gamma_{d.ш} \cdot K^2}{\sqrt{3} \cdot K_{\theta} \cdot K_T} \quad (I,6)$$

где:  $\gamma_{d.ш}$  — активное сопротивление петли шинок длиной  $\ell_3$  и сечением  $S_3$ .

$K_{\theta} = \frac{U_d}{U_n} = 1,35$  — коэффициент выпрямления блока трехфазной мостовой схемы ( $U_d$  — выпрямленное напряжение;  $U_n = U_{ном}$  — линейное напряжение на входе блока)

$K_T = \frac{I_n}{I_d} = 0,817$  — коэффициент, равный отношению тока на входе (стороне переменного тока) трехфазной мостовой схемы блока к току на выходе (на стороне выпрямленного тока) при  $K = 1$ .

При подстановке значений  $K_{\theta}$  и  $K_T$  в формулы (I,5) и (I,6) имеем:

$$\gamma_{KL2} = 0,524 \cdot \gamma_{d.KL2} \cdot K^2$$

$$\gamma_{KL2} = 0,524 \rho_2 \cdot \frac{2 \ell_2}{S_2} \cdot K^2 = 1,05 \cdot \rho_2 \cdot \frac{\ell_2}{S_2} \cdot K^2$$

$$Z_w = 0,524 Z_{dw} \cdot K^2$$

или

$$Z_w = 0,524 \cdot \rho_3 \cdot \frac{2\ell_3}{S_3} \cdot K^2 = 1,05 \cdot \rho_3 \cdot \frac{\ell_3}{S_3} \cdot K^2$$

где:  $\rho_2, \rho_3$  - удельное сопротивление кабеля КЛ 2 и шин  
± III (Ом. мм<sup>2</sup>/м) соответственно.

Таким образом, значение суммарного активного сопротивления, приведенного к напряжению переменного тока, будет составлять:

$$Z_z = Z_T + \rho_1 \frac{\ell_1}{S_1} + K^2 (Z_{UGV \text{ ном}} + 1,05 \rho_2 \frac{\ell_2}{S_2} + 1,05 \rho_3 \frac{\ell_3}{S_3}) + Z_g \quad (I.7)$$

где:  $\ell_1$  - длина кабеля КЛ I в метрах;

$\rho_1$  - удельное сопротивление кабеля КЛ I в Ом. мм<sup>2</sup>/м;

$S_1$  - сечение кабеля КЛ I в мм<sup>2</sup>

Выражение (I.7) представляет собой общую формулу вычисления  $Z_z$  применительно к схеме замещения рис. I.2.

При выполнении СВГ по варианту А питание БНС-2 происходит от вторичной обмотки  $U_{\text{ном. тн.}} = 100$  В трансформатора напряжения (ТН). Тогда сопротивление блока БНС-2, приведенное к напряжению 100 В, составит:

$$Z_{UGV} = Z_{UGV \text{ ном}} \cdot \left(\frac{100}{400}\right)^2$$

Схема замещения в этом случае будет полностью совпадать со схемой замещения рис. I.2.

Для этого случая формула (I.7) принимает вид ( $K = \frac{100}{400} = 0,25$ ):

$$Z_z \approx Z_T + \rho_1 \frac{\ell_1}{S_1} + 0,0625 \cdot Z_{UGV \text{ ном}} + 0,0625 \cdot 1,05 \cdot \left( \rho_2 \frac{\ell_2}{S_2} + \rho_3 \frac{\ell_3}{S_3} \right) + Z_g \quad (1.8)$$

Значение тока короткого замыкания в любой точке схемы, приведенное к напряжению переменного тока:

$$I_{\sim} = \frac{U_{\phi}}{Z_{\Sigma}} = \frac{58}{Z_{\Sigma}} \quad (1.9)$$

где:  $U_{\phi} = \frac{100}{\sqrt{3}} = 58 \text{ В}$  (для варианта "А")

Для выпрямленного тока:

$$I_d = \frac{I_{\sim}}{0,817} \cdot K = 1,22 \cdot I_{\sim} \cdot 0,25 = 0,305 \cdot I_{\sim} \quad (1.10)$$

При питании блоков БПНС-2 от трансформаторов собственных нужд (ТСН) с номинальным вторичным напряжением 400В (для КРУ и вариантов Б и В) принято допустимым пренебречь сопротивлением питающего трансформатора, так как оно значительно меньше сопротивления блока ( $Z_T \ll Z_{UGV \text{ ном}}$ ). В этом случае коэффициент трансформации трансформатора на входе блока составляет  $K=1$ .

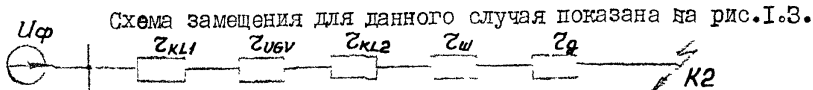


рис.1.3. Схема замещения для вариантов Б, В и КРУ.

Соответственно, формула (1.7) принимает вид:

$$Z_{\Sigma} = \rho_1 \cdot \frac{l_1}{S_1} + Z_{UGV \text{ ном}} + 1,05 \left( \rho_2 \cdot \frac{l_2}{S_2} + \rho_3 \cdot \frac{l_3}{S_3} \right) \quad (1.11)$$

Значения токов  $I_{\sim}$  и  $I_d$  находятся, как и в варианте А, но с учетом значения фазного напряжения

$$U_{\phi} = \frac{380 \text{ В}}{\sqrt{3}} = 220 \text{ В}$$

$$I_{\sim} = \frac{220 \cdot K}{Z_{\Sigma}} = \frac{220}{Z_{\Sigma}} \quad (1.12)$$

$$I_d = 1,22 \cdot I_{\sim} \cdot K = 1,22 \cdot I_{\sim} \quad (1.13)$$

## 1.2. Расчет токов короткого замыкания

Расчеты токов короткого замыкания (ТКЗ) выполнены в именованных единицах. Сопротивление схемы замещения даются в Омах.

Расчеты производились для максимального и минимального режима работы питающей системы.

### Минимальный режим

При расчетах токов в минимальном режиме длины кабельных линий и сопротивление блока БПНС-2 принимаются максимально возможными.

### Вариант А

$$U_{\text{ном.}} = 100 \text{ В}; K = 0,25, z_T = 0,072 \text{ Ом}; U_{\phi} = 58 \text{ В};$$

$$z_g = 0,03 \text{ Ом.}$$

Длина питающего алюминиевого кабеля (переменного тока)

$$l_1 = 100 \text{ м};$$

$$S_1 = 16 \text{ мм}^2; \text{ сопротивление блока } z_{\text{блвн}} = 4,7 \text{ Ом.}$$

Длина алюминиевого кабеля постоянного тока  $l_2 = 40 \text{ м}$ ,

$$S_2 = 6 \text{ мм}^2.$$

Длина медного провода ошиновки ( $\pm$  шу)  $l_3 = 50 \text{ м}$ ;

$$S_3 = 4 \text{ мм}^2. \text{ По формуле (I.8) имеем:}$$

$$z_{\Sigma} = 0,072 + 0,029 \cdot \frac{100}{16} + 4,7 \cdot 0,0625 + 0,0625 \cdot 1,05 \times \\ \times (0,029 \cdot \frac{40}{6} + 0,0175 \cdot \frac{50}{4}) + 0,03 = 0,604 \text{ Ом}$$

Ток в месте короткого замыкания (I.9), (I.10):

$$I_d = 0,305 : I_{\sim} = 0,305 \cdot 58 = 29,3 \text{ А}$$

Если пренебречь сопротивлениями кабеля и шинок  $\pm III$  со стороны выпрямленного тока в виду их малости, то:

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma}' &= 0,072 + 0,029 \cdot \frac{100}{16} + 4,7 \cdot 0,0625 + 0,03 = \\ &= 0,577 \text{ Ом} \end{aligned}$$

$$I_{\sim}' = \frac{58}{0,577} = 100 \text{ А}$$

$$I_d' = 0,305 \cdot 100 = 30,5 \text{ А}$$

Вариант Б, В и вариант для КРУ

$$U_{\text{ном}} = 400 \text{ В}; \quad Z_T = 0; \quad K = 1; \quad U_{\Phi} = 220 \text{ В}$$

$$Z_{\text{исч.ном.}} = 4,7 \text{ Ом}$$

Все остальные данные принимаются из предыдущего расчета, кроме  $S_1$ . Для этого варианта  $S_1 = 6 \text{ мм}^2$ .

По формуле (I.II) имеем:

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma} &= 0,029 \cdot \frac{100}{6} + 4,7 + 1,05 (0,029 \cdot \frac{40}{6} + 0,0175 \cdot \frac{50}{4}) = \\ &\approx 5,62 \text{ Ом} \end{aligned}$$

По формулам (I.I2) и (I.I3):

$$I_{\sim} = \frac{220}{5,62} = 39,2 \text{ А}; \quad I_d = 1,22 \cdot 39,2 \cdot 1 = 47,8 \text{ А}$$

Если пренебречь сопротивлениями кабеля и шинок  $\pm III$  со стороны выпрямленного тока в виду их малости, то:

$$Z_{\Sigma}' = 0,029 \cdot \frac{100}{6} + 4,7 = 5,183 \text{ Ом}$$

$$I_{\sim}' = \frac{220}{5,183} = 42 \text{ А}; \quad I_d' = 1,22 \cdot 42 = 52 \text{ А}$$

Сравним значения токов коротких замыканий с учетом  $Z_{KL2}$  и  $Z_{ш}$  и без их учета:

Вариант А:  $\frac{I_{\sim}'}{I_{\sim}} = \frac{100}{97} = 1,03\%$ ;  $\frac{I_d'}{I_d} = 1,04\%$

Вариант Б, В и КРУ:  $\frac{I_{\sim}'}{I_{\sim}} = \frac{42,44}{39,2} = 1,08\%$ ;  $\frac{I_d'}{I_d} = \frac{51,78}{47,8} = 1,08\%$

Так как процентное расхождение сравниваемых величин не превышает 10%, в дальнейших расчетах  $\gamma_{кз}$  и  $\gamma_{ш}$  не учитываются.

Это позволяет считать значение тока, протекающего через блок при КЗ в кабеле или на шинках  $\pm$  ШУ, не зависящим от числа параллельно работающих блоков в СВГ, а ток в месте КЗ считать по формуле (I.14)

$$I_{*} = n \cdot I_{\delta л.} \quad (I.14)$$

где:  $n$  - число блоков;

$I_{\delta л.}$  - ток КЗ, протекающий через блок.

#### Максимальный режим

При расчете значения ТКЗ в максимальном режиме питающей системы принимаются минимально возможные длины кабельных линий и минимальное сопротивление блока БПНС-2.

#### Вариант А

$$\begin{aligned} U_{ном} &= 100 \text{ В}; K = 0,25; \quad \gamma_T = 0,072 \text{ Ом}; \quad U_{ф} = 58 \text{ В} - \\ \gamma_g &= 0,03 \text{ Ом}; \quad \ell_l = 70 \text{ м}, \quad S_l = 16 \text{ мм}^2; \quad \gamma_{св.нон} = 3,8 \text{ Ом} \\ \gamma_z &= 0,072 + 0,029 : \frac{70}{16} + 3,8 \cdot 0,25^2 + 0,03 = 0,466 \text{ Ом} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\sim} &= \frac{58}{0,466} = 124,5 \text{ А}; \quad I_d = 0,305 \cdot 124,5 = \\ &= 37,97 \text{ А} = 38 \text{ А} \end{aligned}$$

При 2-х параллельно работающих блоках ток в месте КЗ удваивается:

$$I_K = 38,8 \cdot 2 = 76A$$

Вариант Б, В и вариант для КРУ

$$U_{ном} = 400В; K = I; \quad Z_r = 0 \text{ Ом}; \quad U\Phi = 220В;$$

$$l_l = 30 \text{ м}; \quad S_l = 6 \text{ мм}^2; \quad Z_{UGV, ном} = 3,8 \text{ Ом}$$

$$Z_\Sigma = 0,029 \cdot \frac{30}{6} + 3,8 = 3,945 \text{ Ом}$$

$$I_\sim = \frac{220}{3,945} = 55,76A \approx 56A; \quad I_d = 1,22 \cdot 55,76 \approx 68A$$

При двух параллельно работающих блоках БПНС-2 ток в месте повреждения составляет

$$I_K = 2 \cdot 68 = 136A$$

Результаты расчетов токов коротких замыканий в сетях оперативного тока и собственных нужд приведены в табл. I.1.  
(см л 16...18)



Значения токов короткого замыкания, приведенные в табл. I.I, рассчитаны, исходя из следующих данных:

- максимальная длина кабелей, питающих блоки БНС-2 и в варианте А, и в вариантах Б, В и КРУ равна 100 м;
- минимальная длина этих кабелей принята:
  - а) при варианте питания А - 30 м и КРУ
  - б) при вариантах питания Б, В и КРУ 70 м (обусловлено генпланом подстанции).

- кабели приняты алюминиевыми сечением 16 мм<sup>2</sup> при варианте А; 6 мм<sup>2</sup> при варианте Б, В и КРУ;

Сечение  $S = 16 \text{ мм}^2$  обусловлено необходимостью более полного использования пропускной способности блоков БНС-2 (по условию потери напряжения).

- для упрощения расчетов ТКЗ сопротивления кабелей и ошиновки ( $\pm$  ШУ) на стороне выпрямленного тока, не учитывались;

- для определения токов повреждения при КЗ, в начале питающего кабеля (при  $U_{\text{ном}} = 400 \text{ В}$ ) с качестве источника питания принимается (условно) трансформатор С.Н., мощностью 1000 кВА (вариант Б)

$$I_{\text{к.з.}} = I_{\text{ном.}} \cdot \frac{I_{00}}{U_{\text{к}} \%} = 1445 \cdot \frac{100}{5,5} = 26273 \text{ А}$$

- при определении токов повреждения в конце питающего блок кабеля, сопротивление трансформатора С.Н. принимается равным нулю ( $Z_T \approx 0$ );

- при определении токов повреждения в питающем кабеле на стороне переменного тока в случае присоединения последнего к трансформатору С.Н. мощностью 40 кВА учтено сопротивление трансформатора (вариант В и КРУ);

- при расчете токов повреждения за блоком питания сопротивление трансформатора С.Н. мощностью 40 кВА не учтено.

Ток к.з. на выводах Н.Н. трансформатора  $S = 40$  кВА.

$$I_{к.з.} = I_{ном.} \cdot \frac{100}{U_k \%} = 58 \cdot \frac{100}{4,5} = 1289 \text{ А.}$$

Все промежуточные значения токов короткого замыкания зависят от:

- а) Выбранного варианта СВТ и режима работы сети оперативного тока (параллельная и раздельная работа блоков питания);
- б) Принятого расчетного сопротивления блоков БПНС - 2;
- в) Длины питающего блок БПНС - 2 кабеля;
- г) Длины кабелей в сети выпрямленного тока;
- д) Сечения и материала всех кабелей;
- е) Места короткого замыкания.

Циф. № подл.	Подп. и дата	Взап. циф. №	Текстовые документы (без основной подписи)	Форма	Взамен	Нач. ОТД
				Ф 36-82	Ф 36-78	

**Итоговая таблица расчета токов короткого замыкания**

Таблица I.1

Напряжение питания, В	Используется трансформатор СН или трансформатор напряжения	Режим	Точки к.з.	Ток в месте к.з.		Составляющая по блокам		Примечания
				$I_{\sim}, A$	$I_{\text{вып.}}, A$	$I_{\sim}, A$	$I_{\text{вып.}}, A$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
400	ТСН 250 кВА	MAX	K1	$I_{I2}^{x)}$	$I_{36}^{xx)}$	56	68	Г. При расчете $I_{\text{к.з.}}$ для MAX режима принималась $l_2 = 30$ м, для MIN режима $l_1 = 100$ м
400	"	MIN	K1	42	52	42	52	
400	"	MAX	K2	$I_{I2}^{x)}$	$I_{36}^{xx)}$	56	68	
400	"	MIN	K2	42	52	42	52	
400	"	MAX	K3	1517	-	1517	-	
400	"	MIN	K3	455	-	455	-	
400	ТСН 1000 кВА	MIN } MAX }	K4	26273	-	-	-	

x) При подключении к одному ТСН двух БПНС-2

xx) При параллельной работе 2-х блоков БПНС-2 на одно место КЗ.

МД-6300-3

Таблица 1.1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
400	ТСН 40 кВА	MAX	K1	II2 <sup>x)</sup>	I36 <sup>xx)</sup>	56	68	$S_1 = 6 \text{ мм}^2$
400	—"	MIN	K1	42	52	42	52	
400	—"	MAX	K2	II2 <sup>x)</sup>	I36 <sup>xx)</sup>	56,	68	
400	—"	MIN	K2	42	52	42	52	
400	—"	MAX	K3	698,4	—	698,4	—	
400	—"	MIN	K3	336,7	—	336,7	—	При расчете Iкз. для MAX режима принималась $\ell_2 = 70\text{м}$ для MIN режима $\ell_1 = 100 \text{ м}$
400	—"	MAX	K4	I289	—	—	—	
400	—"	MIN	K4	I289	—	—	—	
100	ТН (НКФ)	MAX	K1		76 <sup>xx)</sup>	I24,5	38	
100	ТН (НКФ)	MIN	K1	100	30,5	100	30,5	
100	—"	MAX	K2		76 <sup>xx)</sup>	I24,5	38	
100	—"	MIN	K2	100	30,5	100	30,5	
100	—"	MAX	K3	292	—	292	—	

x) При подключении к одному ТСН двух БПНС-2

xx) При параллельной работе 2-х блоков БПНС-2 на одно место КЗ

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Текстовые документы (без основной надписи)	Форма	Взам. инв. №	Нач. ОП
				Ф 36-82	Ф 36-78	Ф 36-78

Таблица I.I (Продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	ТН (НКФ)	MIN	К3	228	-	228	-	$S_I = I_6 \text{ мм}^2$
100	"-	MAX } MIN }	К4	802	-	802	-	

МО1-6300-3

## 2. Установка защитной аппаратуры в сетях оперативного тока и собственных нужд

### 2.1. Общие положения.

Оценка существующих типовых решений по выполнению сетей выпрямленного оперативного тока и питающих их сетей собственных нужд ( в вариантах "Б", "В" и КРУ) или сети трансформаторов напряжения (в варианте "А") производилась сопоставлением расчетных значений токов коротких замыканий (см. табл. I.1) с параметрами автоматических выключателей, установленных в рассматриваемых сетях, а также сравнением времен срабатывания этих аппаратов при указанных токах к.з. Параметры автоматических выключателей и их время - токовые характеристики принимались по техническим условиям (по ТУ I6...)

При кратностях токов коротких замыканий, превышающих приведенные в характеристиках, взятых из ТУ, времена срабатывания автоматических выключателей определялись по аппроксимированным характеристикам. Типы установленных выключателей соответствуют указанным в (л.6); (л.7) и (л.8):

Критериями оценки защитных аппаратов служили следующие условия:

- защитные аппараты, устанавливаемые на различных участках сети, должны быть термически стойкими к токам короткого замыкания;

- эти аппараты, установленные на различных участках сети, должны обеспечивать селективность действия при коротких замыканиях в различных точках защищаемой сети (или, по крайней мере, их неселективное действие не должно приводить к отключению (потере) всей системы оперативного тока).

## 2.2. Анализ существующих схем питания шинок $\pm$ ШУ.

2.2.1. Сети выпрямленного оперативного тока и собственных нужд подстанций энергосистем в настоящее время выполняются по схемам, разработанным институтом "Энергосетьпроект" (см. типовую работу инв. № 10233-ТМ-Т1). Структурные схемы вариантов "А" и "Б" систем выпрямленного оперативного тока, соответствующие положением типовых решений института "Энергосетьпроект", приведены на рис. 2.1 и 2.2.

Отличительной особенностью схем является наличие шинок  $\pm$  так называемого "обеспеченного" питания ( $\pm$  ШОП), физически расположенных на щите управления (ЩУ) подстанции. От этих шинок по отдельным линиям осуществляется питание шинок управления ( $\pm$  ШУ) в КРУ и на ЩУ.

На рис. 2.1 и 2.2 даны значения токов коротких замыканий, проходящих через защитные аппараты, и времена срабатывания автоматических выключателей, установленных на панелях низковольтных комплектных устройств (НКУ), в КРУ и в блоке питания БПНС-2 в соответствии с (1); (2).

По структурной схеме, приведенной на рис. 2.1., отмечается:

а) при к.з. в точке К1 и К2 токи, отключаемые выключателям SF2, значительно превышают допустимые значения (вместо допустимого значения 56А, ток достигает величины 76 А);

б) автоматический выключатель SF9 с током срабатывания отсечки I отс. = 3,5 I н.р. = 3,5 · 25 = 87,5 А неселективно отключает головные участки сети при к.з. в точках К1 и К2.

в) автоматический выключатель **SF 20**, встроенный в блок питания БПНС-2 может работать неселективно по отношению к автоматическим выключателям **SF I ... SF 4** линий, отходящих от шинок  $\pm$  ШОП.

По структурной схеме, приведенной на рис. 2.2, отмечается:

а) при установке в блоке БПНС-2 автоматического выключателя типа АП-50-3Т с номинальным током расцепителя **4А** селективность действия защитных аппаратов на всех уровнях практически соблюдается. Замена указанного автоматического выключателя на выключатель типа АП50-3МТ с номинальным током расцепителя

**6,4А** и кратностью тока срабатывания электромагнитного расцепителя (ток отсечки) - II приводит к нарушению селективности **SF -20** не только по отношению к **SF I ... SF 4**, но и по отношению к выключателям АП50-2МТ (установленным в КРУ и на ШУ) линий, подключенных к  $\pm$  ШУ.

б) Выключатель **SF 2** термически не устойчив к токам к.з., т.к. допустимое значение тока составляет 56А, а ток к.з. достигает 136А.

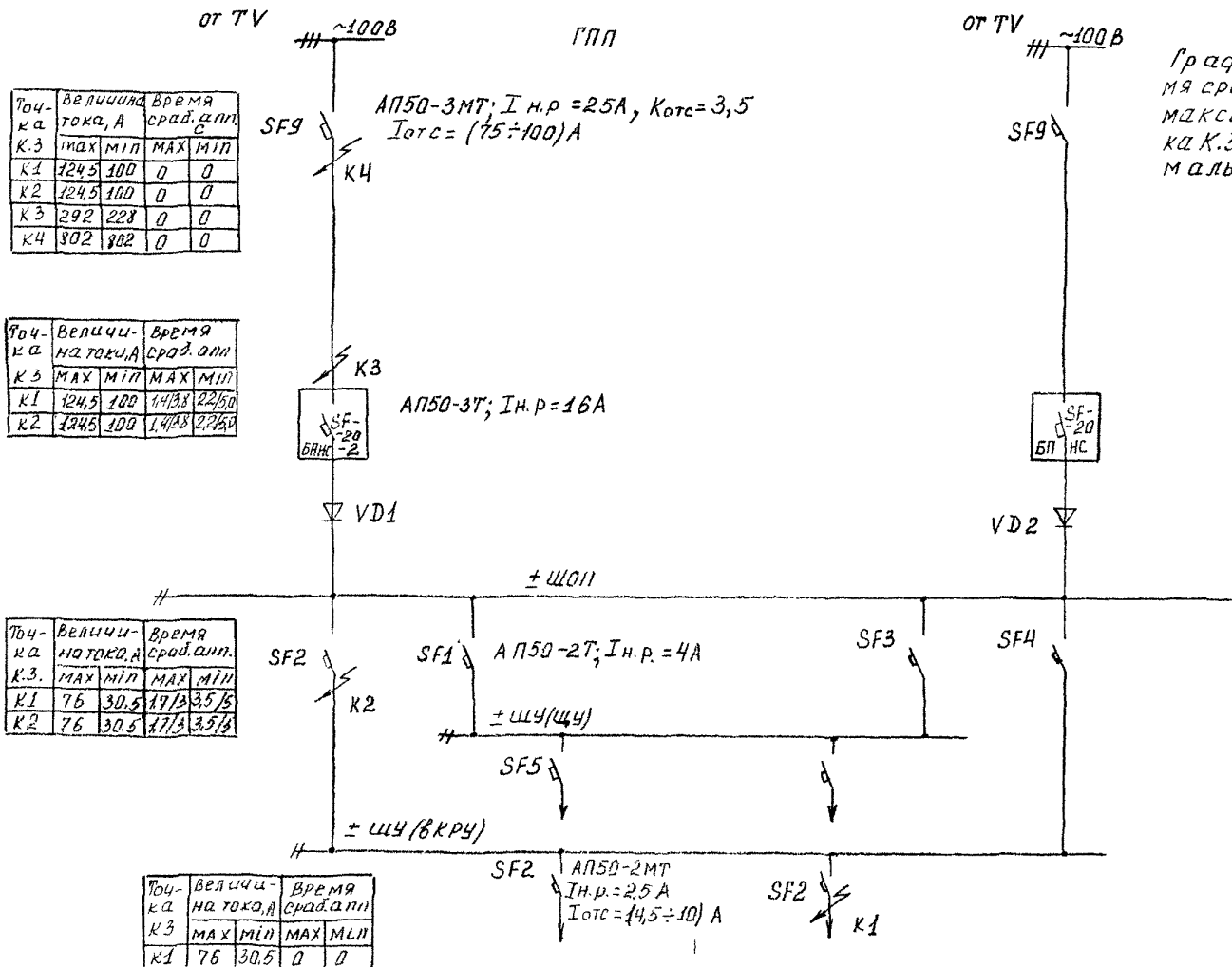
в) Предусмотренный в схеме диод типа Д247Б, 5А (V Д1) должен быть заменен на другой с допустимым током не менее 10А (Д 247, 10А, 500В).

г) К выключателям **SF I** и **SF 2** (на питающих концах линий 380В) подключены, кроме блоков БПНС-2, еще и блоки БПН-1002, цепей сигнализации.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы по схемам сетей выпрямленного тока и собственных нужд (по работе ЭСП инв. № 10233 ТМ-Т1):

Обе схемы, приведенные на рис. 2.1 и 2.2, обладают рядом существенных недостатков, ставящих под сомнение возможность формирования схем сетей в соответствии с указаниями типовой





Примечание  
Графа "мах" в колонке "вре-  
мя сраб. з.пл." соответствует  
максимальному значению то-  
ка К.З., а графа "мин"-мини-  
мальному

Рис. 2.1.  
Вариант "А" Параллельная работа двух блоков  
БП НС-2 на шинки  $\pm$ , обеспеченного питания  
( $\pm Ш011$ )

Питание от трансформаторов  
собственных нужд 40кВА

точ- ка	Величина тока, А		Время сраб. апл	
	МАХ	МИН	МАХ	МИН
K1	56	42	-	-
K2	56	42	-	-
K3	6984	3367	0,1	0,1
K4	1285	1285	0,1	0,1

АП50-3П;  $I_{н.р} = 4A$

точ- ка	Величина тока, А		Время сраб. апл	
	МАХ	МИН	МАХ	МИН
K1	56	42	13,3	25,6
K2	56	42	13,3	25,6

АП50-3МТ  $I_{н.р} = 6,4A$   $I_{отс} = 44 \dots 22A$

точ- ка	Величина тока, А		Время сраб. апл	
	МАХ	МИН	МАХ	МИН
K1	56	42	0,5	5/1
K2	56	42	0,5	5/1

от ТН  $\sim 0,4кВ$

SF1

АЗТ94С;  $I_{н.р} = 160A$ ;  
 $I_{отс} = 320A$

к блоку  
БПН-1002 цепей  $\pm ШС$

SF-20  
БПНС-2

БПН-1002

VD1

Н

точ- ка	Величина тока, А		Время сраб. апл	
	МАХ	МИН	МАХ	МИН
K1	136	52	0,5/0,2	2/3
K2	136	52	0,5/0,2	2/3

SF2

K2

АП50-2П;  
 $I_{н.р} = 4A$

$\pm ШУ(ШУ)$

Н

SF5

$\pm ШУ(КРУ)$

точ- ка	Величина тока, А		Время сраб. апл	
	МАХ	МИН	МАХ	МИН
K1	136	52	0	0

SF2  
K1

АП50-3МТ;  
 $I_{н.р} = 7,5A$ ;  
 $I_{отс} = (7,5-10)A$

к блоку БПН-1002  
цепей  $\pm ШС$

от ТН  $\sim 0,4кВ$

SF2

SF-20  
БПНС 2

VD2

БПН-1002

SF3

SF4

SF3

-220В

SF2

Примечание  
Графа „МАХ“ в колонке  
„Время сраб. апл“ соот-  
ветствует максималь-  
ному значению тока КЗ,  
а графа „МИН“ - минималь-  
ному

Рис. 2.2 Вариант „Б“  
Параллельная работа блоков питания  
на шинки „обеспеченного“ питания.

работы инв. № I0233 ТМ-ТІ. К этим недостаткам в первую очередь относится организация шинок  $\pm$  ШОП на головном участке сети выпрямленного тока. Именно из-за этого имеет место неустойчивость автоматов линий, подключенных к  $\pm$  ШОП.

Другим недостатком, относящимся, правда, только к варианту "А" является неселективные отключения обоих блоков питания БПНС-2 при повреждениях на линиях, отходящих от  $\pm$  ШОП. Это приводит к полной потере всего оперативного тока на подстанции, что совершенно недопустимо.

2.2.2. Сети выпрямленного тока и собственных нужд распределительных пунктов промышленных предприятий до недавнего времени выполнялись в соответствии с разработанным ВНИИ Тяжпромэлектропроект в 1983 г. техническим решением. Соответствующая структурная схема приведена на рис.2.3.

Отличительными особенностями варианта являются

- = отсутствие шинок  $\pm$  ШОП;
- = наличие автоматических выключателей SF 5; SF 6 на линиях, питающих шинки  $\pm$  ШУ в КРУ;
- = параллельная работа линий, питающих шинки  $\pm$  ШУ.

Анализ работы защитных аппаратов в этой схеме показывает:

а) Выключатели SF I, установленные на питающем конце линии переменного тока, работают с большими выдержками времени при к.з. в точке КЗ (от 3 до 50 с).

б) При значениях токов к.з., приведенных в таблице I.1, выключатель SF 20 срабатывает, как правило, раньше выключателей SF 5 и SF 6, т.е. защита всего ниже лежащего участка цепи осуществляется выключателем SF 20; Замена АП50-ЗТ с номинальным током 4А на АП50-ЗМТ с номинальным током расцепителя 6,4 и кратностью отсечки II приводит к неселективной работе SF20 и по отношению к SF2 шинок  $\pm$  ШУ.

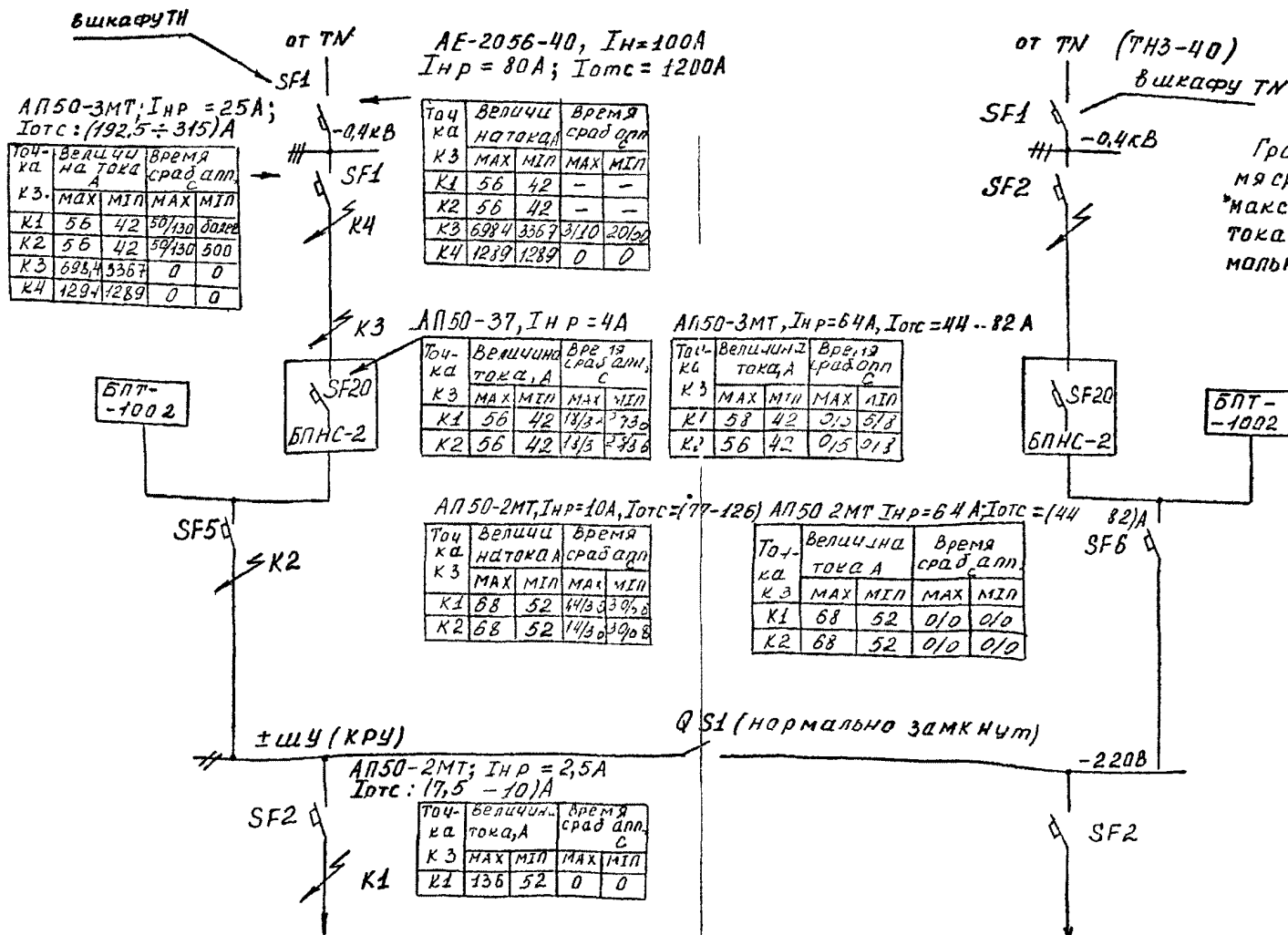
М01-6300-3

Лист

24

Инв. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. № Чертежи и текстовые документы основного комплекта, проекта (рабочего проекта) Форма (009-82 л. № 2) Взам. инв. № Уточ. отп. (009-79)

Питание от трансформаторов  
собственных нужд 40 кВА



**Примечание**  
Графа „МАХ“ в колонка „время сраб“ алл, с соответсвует  
максимальному значению  
тока КЗ, а графа „мip“ - мини-  
мальному

рис.23 вариант „КРУ“ Параллельная работа двух блоков БПНС на шинки  $\pm$ ЩУ в КРУ Щинки  $\pm$  „обеспеченного“ питания отсутствуют.

в) Выключатель типа АЭ 2056-40, расположенный в шкафу трансформатора собственных нужд, работает неселективно с выключателями SFI, SF2 при к.з. в точке К4, что недопустимо. Этот тип выключателя подлежит замене.

г) Отсутствуют диоды, предотвращающие подпитку поврежденного блока БПНС-2 со стороны другого, параллельно включенного. С учетом изложенного в п. б) короткое замыкание в точке К2 приводит к полной потере оперативного тока на РП.

2.3. Рекомендуемые схемы питания шинок  $\pm$  ШУ (рис. 2.4... 2.7).

Исходя из изложенного, разработаны новые схемы питания шинок управления  $\pm$  ШУ, в которых, по-возможности, удалось избежать недостатков существующих схем.

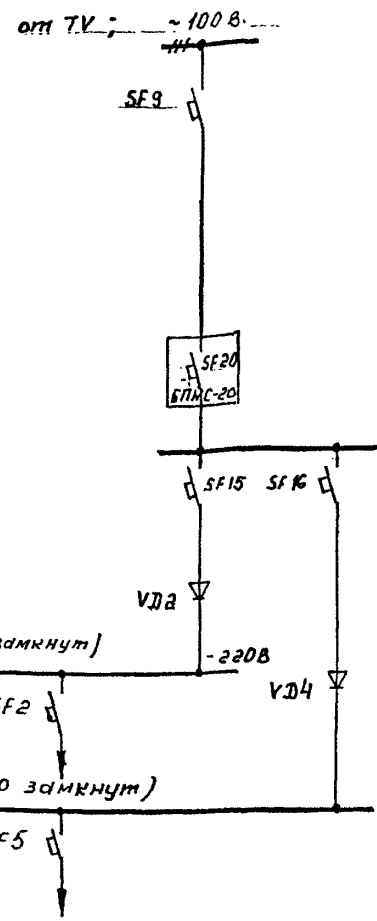
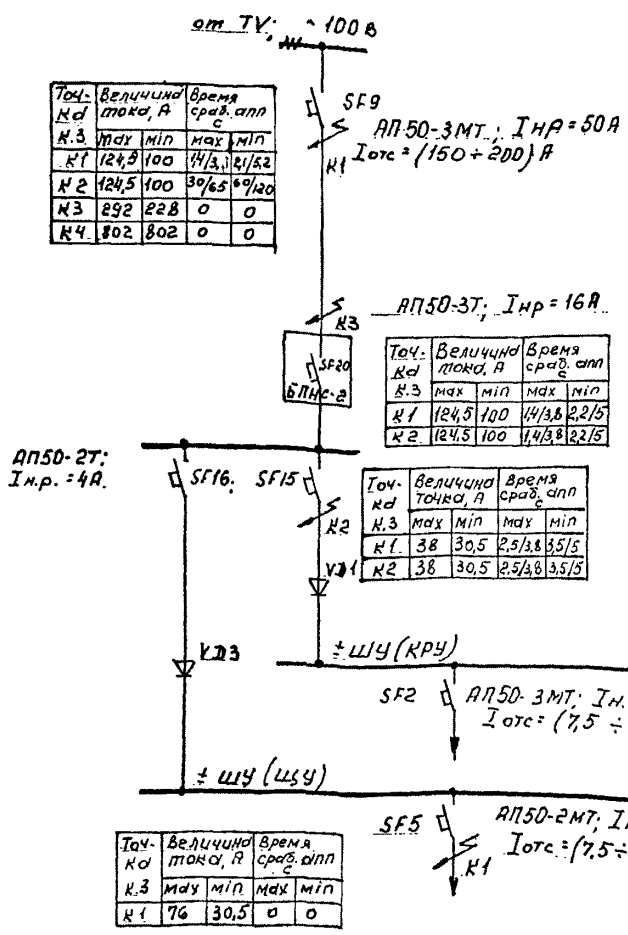
Схемы коммутации рассматриваемой сети предусматривают исключение шинок  $\pm$  ШОП и осуществление параллельной работы блоков БПНС-2 на шинках  $\pm$  ШУ.

На вводах шинок выпрямленного тока устанавливаются диодные развязки, создающие возможность сохранять один из питающих блоков БПНС-2 при повреждении линии, питающей другой блок.

Предусматривается мгновенно действующие отсечки со стороны питающих линий от шин 100 В или 400В. Эти отсечки надежно отстроены от токов к.з. за выключателем типа АП50-2 МТ, I н.р. = 2,5А, установленным в конце защищаемого участка сети (точка К1).

Для схем подстанций, на которых предусматриваются щиты управления (ЩУ), при коротких замыканиях за автоматическим выключателем в точке К2 может неселективно отключаться автоматический выключатель, встроенный в БПНС-2 (по варианту А -

Инв. на лод.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Чертежи и текстовые документы основного комплекта, проекта (развучного проекта)	Форма Ф09-82 лм2	Взам. инв. № Ф09-79	Уч. отг. Ф09-80
--------------	--------------	--------------	---	---------------------	------------------------	--------------------



Примечание  
 Графы "max" в колонке "время сраб. апп." соответствует максимальному значению тока КЗ, а графы "min" - минимальному.

Рис. 2.4 Рекомендуемое выполнение варианта "А"  
 Параллельная работа двух блоков БПНС-2 на шинки ±ШУ в КРУ и на шинки ±ШУ щита управления ГПП (ЩУ). Шинки ± "обеспеченного" питания (±ШОП) отсутствуют







Питание от трансформаторов  
собственных нужд 250 кВА

от ТН  
~0,4 кВ

А3794Б,  $I_{нр} = 160 А$   
 $I_{отс} = 320 А$

Точ. кв к3	Величина тока, А		Время сраб. с	
	max	min	max	min
к1	56	42	2,5/5,2	4,8/9,5
к2	56	42	2,5/5,2	4,8/9,5
к3	1517	455	0	0
к4	26273	26273	0	0

АП50-3Т;  $I_{нр} = 4 А$

Точ. кв к3	Величина тока, А		Время сраб. с	
	max	min	max	min
к1	56	42	1,8/3,3	2,5/3,6
к2	56	42	1,8/3,3	2,5/3,6

АП50-3МТ;  $I_{нр} = 6,4 А$ ,  $I_{отс} = 44-88 А$

Точ. кв к3	Величина тока, А		Время сраб. с	
	max	min	max	min
к1	56	42	0/5	5/8
к2	56	42	0/5	5/8

АП50-2МТ;  $I_{нр} = 2,5 А$   
 $I_{отс} = (7,5-10) А$

Точ. кв к1	Величина тока, А		Время сраб. с	
	max	min	max	min
к1	136	52	0	0

~0,4 кВ

Примечание

Графа "max" в колонке "время  
срабат" соответствует макси-  
мальному значению тока к.з.,  
а графа "min" - минимальному

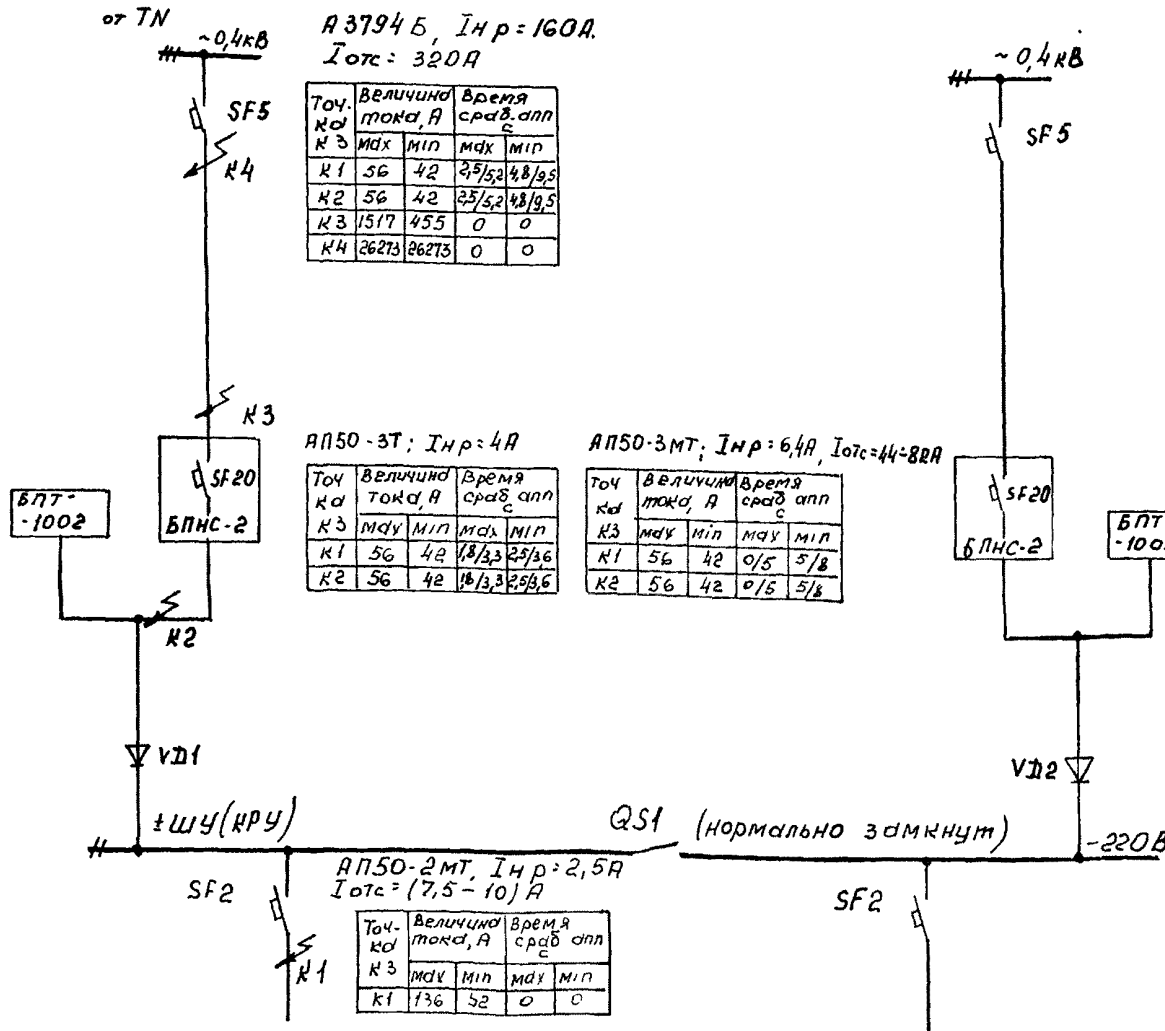


Рис 2.7 Рекомендуемое выполнение варианта "КРУ"

Параллельная работа блоков питания на шинки  
±ШУ в КРУ. Шинки ± "обеспеченного" питания  
отсутствуют

- АП50-ЗТ, I н.р. = I6A, по варианту Б - АП50-ЗТ; I н.р. = 4A)

Указанную неселективность предлагается считать допустимой по следующим обстоятельствам:

а) Имеется резервное питание шин  $\pm$  ШУ, обеспечивающее, в данном случае, нормальную эксплуатацию подстанции.

б) Сеть имеет очень малую протяженность, и вероятность повреждения в ней невелика.

В варианте Б неселективность можно устранить, применив в качестве SF 9 и SF10 автоматические выключатели типа АП50-2МТ с номинальным током расцепителя 4А.

Следует отметить, что схемы сети, приведенные на рис. 2.6 и 2.7, к настоящему времени внедрены в серийных КРУ.

### 3. Расчет тока короткого замыкания в сети „сглаженного" оперативного тока.

Система "сглаженного" оперативного тока служит для питания устройств релейной защиты и автоматики, неудовлетворительно работающих при пульсациях напряжения в цепи питания выше 3%. Сеть "сглаженного" оперативного тока образуется включением в обычную сеть выпрямленного оперативного тока сглаживающего фильтра, встроенного в блок БПНС-2. В соответствии с (16) ток к.з., установившийся на выходе сглаживающего фильтра (при питании напряжением 380В от источника бесконечной мощности), примерно равен 23А. Этому соответствует полное сопротивление блока БПНС-2 (включая сглаживающий фильтр) равно  $Z_{ув} = II,7 \text{ Ома}$ .

Расчетные формулы, приведенные в первом разделе настоящей работы, практически, если заменить  $Z_{увном}$  на  $Z_{ув}$ , не изменяются.

В таблице 3.1. приведены полученные расчетным путем значения сопротивлений цепи КЗ и токов, протекающих при КЗ на стороне переменного и выпрямленного оперативного тока, при повреждениях в расчетных точках сети выпрямленного оперативного тока для всех вариантов выполнения СЕТ.

Таблица 3.1

Напряжение питания, В	Режим	Точки К.З.	Ток в месте КЗ		Составляющая по блокам	
			$I \sim, \text{А}$	$I_{\text{вып.}}, \text{А}$	$I, \text{А}$	$I_{\text{вып.}}, \text{А}$
100 от гр-ра напряжения типа НКФ	max	K1, K2	-	18,4 (36,8)	60,4	18,4
	min	K1, K2	-	17,0	55,7	17,0
400	max	K1, K2	-	22,66 (45,32)	18,57	22,66
	min	K1, K2	-	17,4	21,3	17,4

М01-6300-3

Лист  
32

Примечание: В скобках даны значения тока К.З. при работе 2 х БПС-2 на одну точку К.З.

4. Действие защитных аппаратов при К.З. в сети "сглаженного оперативного тока".

4.1. Сеть СВТ по варианту "А".

Сравнение полученных значений токов (табл. 3.1) с характеристиками автоматических выключателей, предусмотренных схемой рис. 2,4., дает следующие времена срабатывания при К.З. в точках К1 и К2 (табл. 4.1).

Таблица 4.1.

Расчетная схема	Время срабатывания, с	
	при макс. токе К.З.	при мин. токе КЗ
	-	-
	<p>И0-25</p> <p>~ 0,005 - 0,2с.</p>	<p>И6-25</p> <p>~ 0,008 - 0,3с.</p>
	<p>И1-И8</p>	<p>И2-И9</p>
	0	0

Как видно из таблицы при токах КЗ, приведенных в табл. 4.1., не соблюдается селективность действия предохранителя  $F$  в блоке БПС-2 и автоматического выключателя  $SF 15$ , что может считаться допустимым. Однако, если учесть разброс характеристик ВПБ-102Т и автоматического выключателя АП 50-ЗМТ, установленного в цепи оперативного тока отдельных присоединений, то время перегорания плавкой вставки предохранителя оказывается меньшим, чем время отключения АП-50-ЗМТ, что неприемлемо. Выход заключается в замене типа предохранителя в БПС-2, или в замене учета автоматического выключателя в цепи оперативного тока защит, подключенных к шинкам [ + ] шу.

#### 4.2. Сеть СВТ по вариантам "Б" и "В".

В табл. 4.2 даны времена срабатывания защитных аппаратов в схеме сети по рис. 2.5 при токах К.З., приведенных в табл. 3.1.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Введ. инв. №	Чертежи и текстовые документы основного комплекта, проекта (рабочего проекта)	Форма Ф09-82 л. 1 из 2	Введен Ф09-79	Уточ. отг Ф09-79
--------------	--------------	--------------	---	---------------------------	------------------	---------------------

Таблица 4.2

Расчетная схема	Время срабатывания, с	
	При макс. токе КЗ.	При мин. токе КЗ
	<p>—</p> <p>II-I8</p> <p>0,001-0,1</p> <p>2I-39 (2-3) с</p> <p>8-I2</p> <p>0</p>	<p>—</p> <p>I2-20</p> <p>0,008 -0,3</p> <p>23-40</p> <p>8-I2</p> <p>0</p>

И в этом случае (как и в п.4.1) селективность действия между Предохранителем  $F$  и автоматическими выключателями  $SF 9$  и  $SF 10$  не соблюдается.

Причем повреждение в точке К2 влечет за собой потерю оперативного тока не только на шинках  $[+]$  ШУ щита управления, но и в КРУ. При работе двух блоков параллельно (показано пунктиром) на шинах обеспеченности питания  $[+]$  ШОП, как это предусмотрено рекомендациями (л.9), при КЗ в точке К2 теряется оперативный ток устройств релейной защиты всей подстанции. Нельзя считать удовлетворительным и согласование характеристик предохранителя  $F$  и выключателя  $SF 2$  по причинам, указанным в п.4.1.

Представляется необходимым:

а) не допускать параллельной работы блоков на шинки  $[+]$  ШОП;

б) заменить тип автоматических выключателей  $SF 9$  и  $SF 10$  с АП50-ЭТ (I н.р. = 6,4) по АП50-ЭТ (I н.р. = 4А).

в) заменить тип предохранителя в БПНС-2 с целью улучшить согласование его характеристик с характеристиками  $SF 2$ .

4.3. Сеть СВТ по варианту "КРУ" практически мало отличается от представленной в табл. 4.2. Разница (см.рис.2:6) заключается в отсутствии автоматических выключателей на головных участках линий, питающих шинки  $\pm$  ШУ. В этом случае селективность действия защитных аппаратов при токах, представленных в п.4.1 соблюдается.

Однако и в данном случае целесообразно заменить тип предохранителя в БПНС-2 на другой, с характеристиками лучше согласующимися с характеристиками автоматических выключателей АП-503 МТ (2,5А; 3,5).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Сертификат и текстовые документы основного комплекта, проекта (работы проекта)	Форма Ф09-82 п.2	Взам. инв. № Ф09-79	Исх. №
--------------	--------------	--------------	--	---------------------	------------------------	--------

Примечание к разделу 4. Как следует из п.п.4.1 ... 4.3. установленный в блоке БПНС-2 предохранитель типа ВПБ-102Т. ЗА, из-за большого разброса во времени отключения может вывести из действия цепь "согласованного" оперативного тока одного или двух из блоков БПНС-2 при коротком замыкании в соответствующих цепях присоединений. Это обстоятельство существенно влияет на показатели надежности питания оперативных цепей микроэлектронных устройств релейной защиты и автоматики.

Для устранения этого недостатка предохранитель должен быть заменен на такой, нижняя граница время-токовой характеристики которого лежит выше верхней границы соответствующей характеристики автоматического выключателя в цепи питания устройств. релейной защиты отдельного присоединения. В то же время характеристика предохранителя должна соответствовать параметрам термической стойкости фильтра блока.

Представляется, что перечисленным требованиям в наибольшей степени удовлетворяет например, плавкая вставка ВП-ЗБ с номинальным током 6,3А (или 5А), характеристика которой дана в табл. 4.3.

Таблица 4.3.

Характеристика плавких вставок ВП-ЗБ

Номинальный ток	Время срабатывания при кратности/тока. А				
	2,1/10,5	2,75/13,75	4/20	5/25	10/50
5А	4,3	0,33-0,43	0,16-0,18	0,08-0,1	0,04
6,3А	2,1/13,23	2,75/17,32	4/25,2	5/31,5	10/63
	4,4	0,38-0,41	0,15-0,18	↓	0,036 0,1-0,13



# ЛИТЕРАТУРА

1. "Схемы вспомогательных цепей главных понизительных подстанций промышленных предприятий на выпрямленном оперативном токе", Инв. № М4053, ВНИИ "Тяжпромэлектропроект", г.Москва, 1983 г.

2. Технический циркуляр ВНИИ ТПЭП № 346-82 от 20 декабря 1982 г. "Выбор типа источников оперативного тока на подстанциях и распределительных пунктах промышленных предприятий".

3. Либерзон Э.М. "Расчет токов короткого замыкания в сети выпрямленного оперативного тока подстанции". Инструктивные указания по проектированию электротехнических промышленных установок, 1983 г. № I, стр. 8-10.

4. Савин С.Н., Кричевская Л.З. "О выборе защитных аппаратов в цепях оперативного выпрямленного тока", "Электрические станции", 1982 г. № II, стр. 71-73.

5. Выключатели автоматические серии АП50. Технические условия ТУ 16-522.066-75.

6. Блок стабилизированного напряжения БПНС-2УЗ (ТЗ) Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ИГЭВ. 656161.020 ТО.

7. Типовые проектные решения, Полные схемы и НКУ управления, автоматики и защиты ПС 110-220 кВ на выпрямленном оперативном токе. Альбомы I-III. Инв. № 10233-тм-Т1+Т3 Энергосетьпроект, г.Москва, 1981 г.

8. Рекомендации по выполнению схем сетей выпрямленного оперативного тока (первая редакция) Инв. № М4059. ВНИИ Тяжпромэлектропроект, г.Москва, 1984 г.

Исх. и подл. Подп. и дата: Взам. инв. № Чертежи и текстовые документы, основанные на чертежах, проекта (разрешено проекта)

9. Схемы и НКУ шкафов блоков питания (отраслевные типовые материалы для проектирования). Альбом I. Принципиальные схемы включения блоков питания и методика расчета обеспеченности питания выпрямленным оперативным током устройств РЗА. "ВППИ и НИИ" Энергосетьпроект" Горьковское отд. г. Горький, 1989 г. Инв. № ПЗ73-ТМ-Т1.

Ю. Рекомендации по выполнению схем и расчетов системы выпрямленного оперативного тока. Инв. № МОИ-6301. ВНИИ Тяжпромэлектропроект. г. Москва, 1989 г.