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 1989 г.

М01-6300-1 л1

Нач ТО	Взамен	Форма
	Ф29-85	Ф29-89

Обложка

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

gost.e-ecolog.ru

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 другим организациям

Главный инженер А.Г.Смирнов

Отделы: ОЭС - ОНЭО

Главный специалист В.И.Корогодский

Начальник ОНЭО Э.М.Либерзон

МОСКВА 1989 г.

М01-6300-1,л2
Типульный лист
Форма Ф29а-89
Взамен Ф29а-85
Нач ТО
Инв.№ подл. | Подп. и дата | Взам.инв.№

Обозначение	Наименование	Кол. листов	Примечание
М01-6300-1	Обложка и титульный лист	2	
М01-6300-2	Содержание тома	1	
М01-6300-3	Текстовая часть	39	

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Содержание тома нормативной документации | Форма Ф11-82 | Ф11-79 | Взамен | Нач. ОТП

М01-6300-2

Содержание тома

Стадия | Лист | Листов
- | 1 | 1

Гл. спец. Либерзон
Гл. спец. Корободский

ВНИПИ ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ имени Г.Б. ЯКУБОВСКОГО МОСКВА

Содержание

		стр.
Предисловие		2
Введение		2
I.	Расчет токов короткого замыкания в сети выпрямленного оперативного тока с совместным питанием устройств РЗА и цепей управления выключателей	4
I.I.	Общие положения и схема замещения	4
I.2.	Расчет токов коротких замыканий	10
2.	Установка защитной аппаратуры в сетях оперативного тока и собственных нужд	19
2.I	Общие положения	19
2.2	Анализ существующих схем питания шинок ± ШУ	20
2.3	Рекомендуемые схемы питания шинок ± 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

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Чертежи и текстовые документы основного комплекта, проекта (рабочего проекта) | Форма Ф09-82 л-т 1 лов 2 | Взамен Ф09-79 | Нач. ОТП

М01-6300-3

Рекомендации по выполнению схем сетей выпрямленного оперативного тока

Стадия | Лист 1 | Листов 39

Текстовая часть

ВНИПИ ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ имени Ф.Б. ЯКУБОВСКОГО МОСКВА

Гл. спец. Либерзон

Гл. спец. Корогодский

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.I).

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.I; л.7; л. 8, л.9 и л.I0).

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.I; л.8,л.I0) в данной работе на СВТ по вариантам: "А", "Б", "В", и "КРУ".

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

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Чертежи и текстовые документы основного комплекта, проекта (рабочего проекта) | Форма ф09-82 лт2 | Взамен ф09-79 | Нач. отд.

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

Блоки напряжения типа БПН-1002, предназначенные для организации питания цепей сигнализации (ЦС), подключаются к секциям щита переменного тока 380-220В в ГПП.

Вариант "Б" для ГПП 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 ГПП.

Вариант "В" для ГПП 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 ГПП.

Организация СВТ в РП, состоящих из шкафов комплектных распределительных устройств, (так называемый вариант "КРУ") сходна с вариантом "Б", применяемом на ГПП. 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 380В, имеющие два ввода с АВР от трансформаторов собственных нужд. Блоки БПНС-2 устанавливаются в помещении РП, а остальная аппаратура СВТ (кроме УКПК) в шкафу низковольтной аппаратуры КРУ 6-10 кВ.

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

I.I. Общие положения и схема замещения.

При определении токов короткого замыкания в сети, образующей шинки управления ± ШУ, должны быть известны сопротивления от источника питания до места короткого замыкания. В общем виде значение тока на стороне переменного напряжения определяется по формеле:

$$\tilde{I}_{к.з} = \frac{U_ф}{Z_\Sigma}, \ A \qquad (I.I)$$

где $U_ф$ – номинальное фазное напряжение питающей сети;

Z_Σ – суммарное сопротивление цепи короткого замыкания, включающее в себя в зависисости от места короткого замыкания (КЗ) одно или несколько следующих сопротивлений:

Z_T – сопротивление питающего элемента;

– в вариантах Б, В и для КРУ – трансформатора собственных нужд (K_U =6000÷10000/380В)

– в варианте А – трансформатора напряжения (K_U =110000-220000/100 В)

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Чертежи и текстовые документы основного комплекта, проекта (рабочего проекта) | Форма Ф09-82 л-т2 | Взамен Ф09-79 | Нач. ОТД

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

Z_{UBV} – сопротивление блока БПНС-2;

Z_{KL2} – сопротивление петли кабеля, соединяющего блок питания с шинками ± ШУ;

$Z_{ш}$ – сопротивление петли шинок ± ШУ.

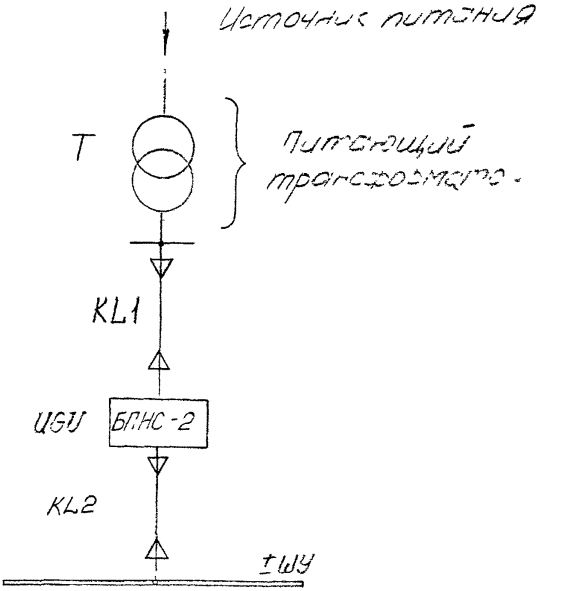


Рис.1.1 Исходная схема

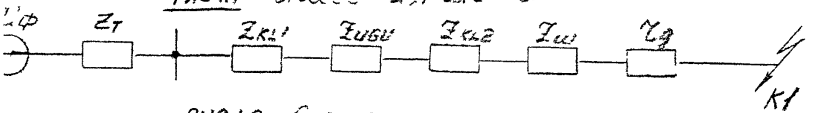


Рис.1.2 Схема замещения

r_g – сопротивление, учитывающее совокупно все переходные контакты в цепи К.З.

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

При КЗ в конце магистрали шинок ± ШУ, в точке КI суммарное сопротивление:

$$z_{\Sigma} = z_T + z_{KL1} + z_{UGV} + z_{KL2} + z_{Ш} + r_g \qquad (I.2)$$

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

$$r_{\Sigma} = r_T + r_{KL1} + r_{UGV} + r_{KL2} + r_{Ш} + r_g \qquad (I.3)$$

Сопротивление блока БПНС-2 вычисляется по формуле:

$$r_{UGV} = K^2 \cdot r_{UGV\,ном} \qquad (I.4)$$

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

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

U ном – номинальное линейное напряжение блока (I00 В или 400В)

Данные по номинальному сопротивлению блока типа БПНС-2 неоднозначны. Поэтому в расчете использованы следующие значения сопротивления r_{UGV}. ном.: в максимальном режиме работы $r_{UGV.ном}$= 3,8 Ом (по данным л.4), а в минимальном режиме: r_{UGV}.ном. = 4,7 Ома – (по данным л.3 и л.6).

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Чертежи и текстовые документы основного комплекта, проекта (рабочего проекта) | Форма Ф09-82 л-т2 | Взамен Ф09-79 | Нач. отд.

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

$$r_{кл2} = \frac{r_{d.кл2} \cdot K^2}{\sqrt{3} \cdot K_в \cdot K_т} \qquad (I,5)$$

где: $r_{d\,кл2}$ – активное сопротивление петли кабеля длиной l_2 и сечением S_2 от выходных зажимов блока (= 220 В) до шинок ± ШУ.

Сопротивление петли, шинок приведенное к стороне переменного тока: $r_ш = \frac{r_{d.ш} \cdot K^2}{\sqrt{3} \cdot K_в \cdot K_т}$ (I.6)

где: $r_{d.ш}$ – активное сопротивление петли шинок длиной l_3 и сечением S_3.

$K_в = \frac{U_d}{U_л} = 1,35$ – коэффициент выпрямления блока трехфазной мостовой схемы (U_d – выпрямленное напряжение; $U_л = U_{ном}$ – линейное напряжение на входе блока)

$K_т = \frac{I_\sim}{I_d} = 0,817$ – коэффициент, равный отношению тока на входе (стороне переменного тока) трехфазной мостовой схемы блока к току на выходе (на стороне выпрямленного тока) при К = I.

При подстановке значений Кв и Кт в формулы (I,5) и (I.6) имеем: $r_{кл2} = 0,524 \cdot r_{d\,кл2} \cdot K^2$

или

$$r_{кл2} = 0,524\,\rho_2 \cdot \frac{2 l_2}{S_2} \cdot K^2 = 1,05 \cdot \rho_2 \cdot \frac{l_2}{S_2} \cdot K^2$$

$$z_ш = 0{,}524\, z_{d.ш} \cdot K^2$$

или

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

где: ρ_2, ρ_3 – удельное сопротивление кабеля КЦ 2 и шинок ± ШУ (Ом. мм^2/м) соответственно.

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

$$z_Σ = z_T + \rho_1 \frac{\ell_1}{S_1} + K^2 \left(z_{UGV\,ном} + 1{,}05\, \rho_2 \frac{\ell_2}{S_2} + \right.$$

$$\left. + 1{,}05\, \rho_3 \frac{\ell_3}{S_3} \right) + z_g \qquad (I.7)$$

где: ℓ_1 – длина кабеля КЦ I в метрах;

ρ_1 – удельное сопротивление кабеля КЦ I в Ом. мм^2/м;

S_1 – сечение кабеля КЦ I в мм^2

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

При выполнении СВТ по варианту А питание БПНС-2 происходит от вторичной обмотки U ном. тн. = I00 В трансформатора напряжения (ТН). Тогда сопротивление блока БПНС-2, приведенное к напряжению I00 В, составит:

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

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

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

$$z_Σ \approx z_T + \rho_1 \frac{\ell_1}{S_1} + 0{,}0625 \cdot z_{UGV\,ном} + 0{,}0625 \cdot 1{,}05 \cdot \left(\rho_2 \frac{\ell_2}{S_2} + \right.$$

$$\left. + \rho_3 \cdot \frac{\ell_3}{S_3} \right) + z_g \qquad (1.8)$$

Инв.№ подл. | Подп. и дата | Взам. инв.№ | Инв.№ дубл. | Подп. и дата | Инв.№ подл. | Копировал | Формат А4

Альбом типовых монтажных деталей и изделий для электрических и слаботочных систем зданий и сооружений. Рабочая документация. Часть 2. Книга 2. Альбом технологических схем, монтажных чертежей и текстовые документы. Часть 2. Книга 2. Альбом технологических схем, монтажных чертежей и текстовых документов общего комплекта, содержащего материалы рабочего проекта)

Форма Ф09-82 Кн.2 | Взамен Ф09-79 | Нач. ОТП

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

$$I_{\sim} = \frac{U_{ф}}{z_{\Sigma}} = \frac{58}{z_{\Sigma}} \qquad (I.9)$$

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

Для выпрямленного тока:

$$I_d = \frac{I_{\sim}}{0,817} \cdot K = 1,22 \cdot I_{\sim} \cdot 0,25 = 0,305 \cdot I_{\sim} \qquad (I.10)$$

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 ($z_T << z_{UGV\ ном}$). В этом случае коэффициент трансформации трансформатора на вводе блока составляет К=1.

Схема замещения для данного случая показана на рис.I.3.

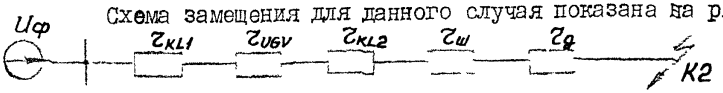


рис.I.3. Схема замещения для вариантов Б,В и КРУ.

Соответственно, формула (I.7) принимает вид:

$$z_{\Sigma} = \rho_1 \cdot \frac{l_1}{S_1} + z_{UGV.ном} + 1,05\left(\rho_2 \frac{l_2}{S_2} + \rho_3 \frac{l_3}{S_3}\right) \qquad (I.11)$$

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

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

$$I_{\sim} = \frac{220 \cdot K}{z_{\Sigma}} = \frac{220}{z_{\Sigma}} \qquad (I.12)$$

$$I_d = 1,22 \cdot I_{\sim} \cdot K = 1,22 \cdot I_{\sim} \qquad (I.13)$$

I.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 ном. = I00 В; К = 0,25, $r_т$ = 0,072 Ом; $U_ф$ = 58В;

$r_д$ = 0,03 Ом.

Длина питающего алюминиевого кабеля(переменного тока) ℓ_1 =I00 м;

S_1 = I6 мм^2; сопротивление блока $r_{ИБУ\,ном}$ =4,7 Ом.

Длина алюминиевого кабеля постоянного тока ℓ_2 =40 м, S_2= 6 мм^2.

Длина медного провода ошиновки (± ШУ) ℓ_3 = 50 м; S_3= 4 мм^2. По формуле (I,8) имеем:

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

Ток в месте короткого замыкания (I.9), (I.I0):

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

Если пренебречь сопротивлениями кабеля и шинок ± ШУ со стороны выпрямленного тока в виду их малости, то:

$$z_{\Sigma}' = 0{,}072 + 0{,}029 \cdot \frac{100}{16} + 4{,}7 : 0{,}0625 + 0{,}03 =$$

$$= 0{,}577 \text{ Ом}$$

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

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

Вариант Б, В и вариант для КРУ

U ном = 400В; $z_T = 0$; К = 1; $U_{\Phi} = 220$В

$z_{uбv}$ ном. = 4,7 Ом

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

По формуле (I.II) имеем:

$$z_{\Sigma} = 0{,}029 \cdot \frac{100}{6} + 4{,}7 + 1{,}05 \left(0{,}029 \cdot \frac{40}{6} + 0{,}0175 \cdot \frac{50}{4}\right) =$$

$$\doteq 5{,}62 \text{ Ом}$$

По формулам (I.I2) и (I.I3):

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

Если пренебречь сопротивлениями кабеля и шинок ± ШУ со стороны выпрямленного тока в виду их малости, то:

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

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

Сравним значения токов коротких замыканий с учетом z_{KL2} и z_{uu} 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 $r_{кл2}$ и $r_{ш}$ не учитываются.

Это позволяет считать значение тока, протекающего через блок при КЗ в кабеле или на шинках ± ШУ, не зависящим от числа параллельно работающих блоков в СВТ, а ток в месте КЗ считать по формуле (I.I4)

$$I_{к} = n \cdot I_{бл.} \qquad (I.I4)$$

где: n – число блоков;

$I_{бл}$ – 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

$U_{пит} = 100$ В; $К = 0{,}25$; $r_{т} = 0{,}072$ Ом; $U_{ф} = 58$В –

$r_{g} = 0{,}03$ Ом; $l_{1} = 70$ м, $S_{1} = 16$ мм2; $r_{УСУ.ном} = 3{,}8$ Ом

$r_{\Sigma} = 0{,}072 + 0{,}029 : \frac{70}{16} + 3{,}8 \cdot 0{,}25^{2} + 0{,}03 = 0{,}466$ Ом

$I_{\sim} = \frac{58}{0{,}466} = 124{,}5$А; $I_{d} = 0{,}305 \cdot 124{,}5 =$

$= 37{,}97$А $= 38$А

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

$$I_K = 38{,}8 \cdot 2 = 76А$$

Вариант Б,В и вариант для КРУ

$U_{пит}$= 400В; К = I; $z_т$ = 0 Ом; ИФ = 220В;

l_1= 30 м; S_1= 6 мм2; $z_{ИБУ.ном}$= 3,8 Ом

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

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

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

$$I_К = 2.68 = 136А$$

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

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

- максимальная длина кабелей, питающих блоки БПНС-2 и в варианте А, и в вариантах Б,ВиКРУравна I00 м;

- минимальная длина этих кабелей принята:

а) при варианте питания А - 30 м

б) при вариантах питания Б,ВиКРУ - 70 м (обусловлено генпланом подстанции).

- кабели приняты алюминиевыми сечением I6 мм2 при варианте А; 6 мм2 при варианте Б,ВиКРУ;

Сечение $S = I6$ мм^2 обусловлено необходимостью более полного использования пропускной способности блоков БПНС-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 ном = 400В) с качестве источника питания принимается (условно) трансформатор С.Н., мощностью I000 кВА (вариант Б)

$$I\ к.з. = I\ ном. \frac{I00}{U_к\ \%} = I445 . \frac{I00}{5,5} = 26273\ А$$

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

- 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.

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

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.

Итоговая таблица расчета токов короткого замыкания

Таблица I.I

Напряжение питания, В	Используется трансформатор СН или трансформатор напряжения	Режим	Точки к.з.	Ток в месте к.з.		Составляющая по блокам		Примечания
				$I_{\sim}$, А	I вып., А	$I_{\sim}$, А,	I вып., А	
I	2	3	4	5	6	7	8	9
400	ТСН 250 кВА	MAX	К1	II2 x)	I36 xx)	56	68	I. При расчете $I_{к.з.}$ для MAX режима принималась l_2 =30 м, для MIN режима l_1= I00 м
400	-"-	MIN	К1	42	52	42	52	
400	-"-	MAX	К2	II2 x)	I36 xx)	56	68	
400	-"-	MIN	К2	42	52	42	52	
400	-"-	MAX	К3	I5I7	-	I5I7	-	
400	-"-	MIN	К3	455	-	455	-	
400	ТСН I000 кВА	MIN MAX	К4	26273	-	-	-	

x) При подключении к одному ТСН двух БПНС-2

xx) При параллельной работе 2-х блоков БПНС-2 на одно место К3.

Таблица I.I (продолжение)

I	2	3	4	5	6	7	8	9
400	ТСН 40 кВА	MAX	КI	II2[x)]	I36[xx)]	56	68	S_1 = 6 мм2
400	-"-	MIN	КI	42	52	42	52	
400	-"-	MAX	К2	II2[x)]	I36[xx)]	56,	68	
400	-"-	MIN	К2	42	52	42	52	
400	-"-	MAX	К3	698,4	-	698,4	-	
400	-"-	MIN	К3	336,7	-	336,7	-	
400	-"-	MAX	К4	I289	-	-	-	
400	-"-	MIN	К4	I289	-	-	-	
I00	ТН (НКФ)	MAX	КI		76[xx)]	I24,5	38	При расчете Iкз. для MAX режима принималась ℓ_2 = 70м для MIN режима ℓ_I = I00 м
I00	ТН (НКФ)	MIN	КI	I00	30,5	I00	30,5	
I00	-"-	MAX	К2		76[xx)]	I24,5	38	
I00	-"-	MIN	К2	I00	30,5	I00	30,5	
I00	-"-	MAX	К3	292	-	292	-	

x) При подключении к одному ТСН двух БПНС-2

xx) При параллельной работе 2-х блоков БПНС-2 на одно место К3

Таблица I.I (продолжение)

I	2	3	4	5	6	7	8	9
I00	ТН (НКФ)	MIN	К3	228	-	228	-	
I00	-"-	MAX MIN	К4	802	-	802	-	S_I =I6 мм2

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

2.I. 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.I) с параметрами автоматических выключателей, установленных в рассматриваемых сетях, а также сравнением времен срабатывания этих аппаратов при указан ных токах к.з. Параметры автоматических выключателей и их время - токовые характеристики принимались по техническим условиям (по ТУ I6.[illegible])

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 ± ШУ.

2.2.I. Сети выпрямленного оперативного тока и собственных нужд подстанций энергосистем в настоящее время выполняются по схемам, разработанным институтом "Энергосетьпроект" (см.типовую работу инв. № I0233-ТМ-тI). Структурные схемы вариантов "А" и "Б" систем выпрямленного оперативного тока, соответствующие положением типовых решений института."Энергосетьпроект", приведены на рис. 2.I и 2.2.

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

На рис. 2.I 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 (I); (2).

По структурной схеме, приведенной на рис. 2.I., отмечается:

а) при к.з. в точке КI и К2 токи, отключаемые выключателем 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 КI и К2.

Инв.№ подл. | Подп. и дата | Взам. инв.№ | Чертежи и текстовые документы основного комплекта, проекта (рабочего проекта) | Форма ф09-82 л-т2 | Взамен ф09-79 | Нач. ОТП

в) автоматический выключатель SF 20, встроенный в блок питания БПНС-2 может работать неселективно по отношению к автоматическим выключателям SFI ... SF4 линий, отходящих от шинок ± 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 SFI ... SF4, но и по отношению к выключателям АП50-2МТ (установленным в КРУ и на ЩУ) линий, подключенных к ± ШУ.

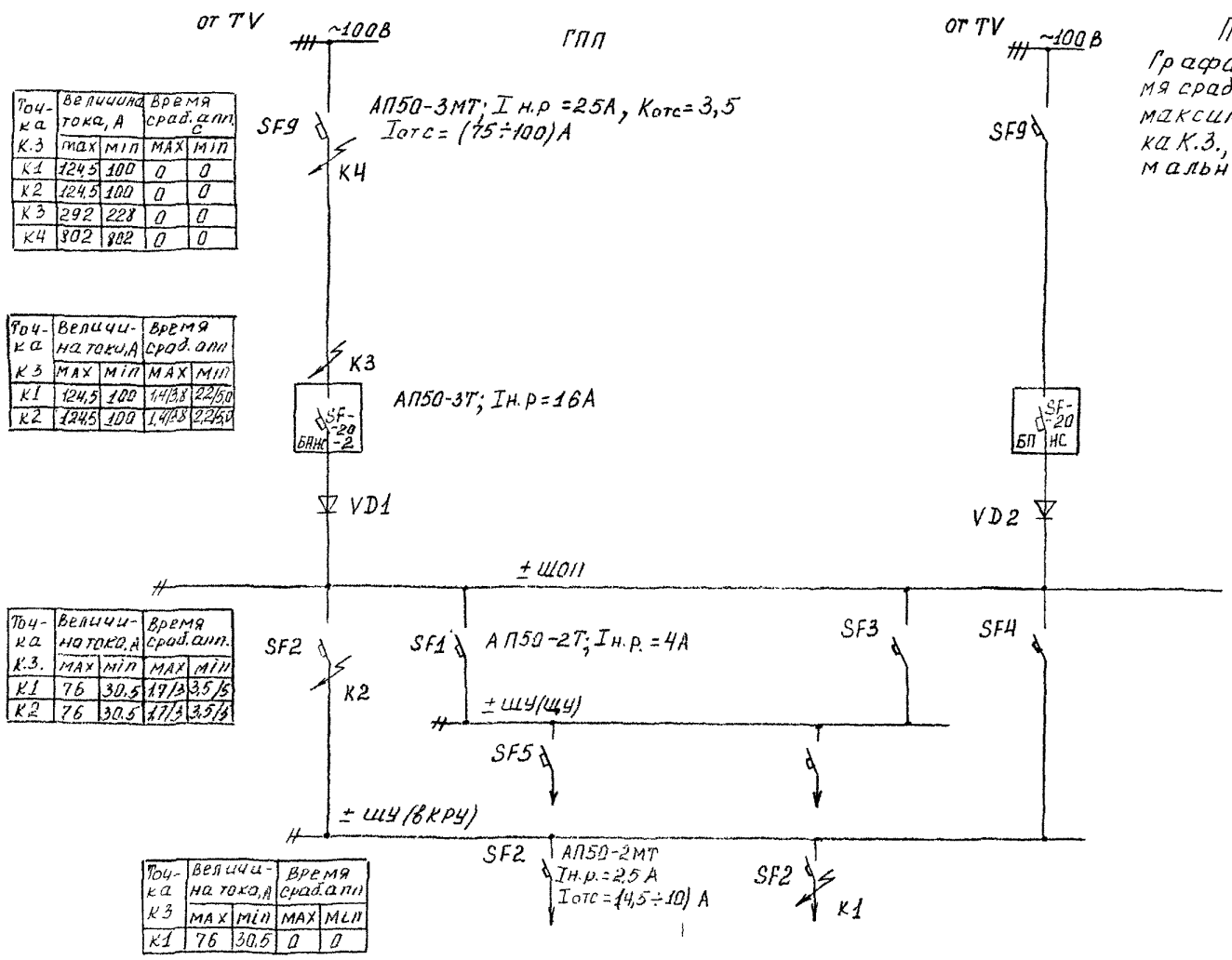
б) Выключатель SF2 термически не устойчив к токам к.з., т.к. допустимое значение тока составляет 56А, а ток к.з. достигает 136А.

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

г) К выключателям SF I и SF 2 (на питающих концах линий 380В) подключены, кроме блоков БПНС-2, еще и блоки БПН-I002, цепей сигнализации.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы по схемам сетей выпрямленного тока и собственных нужд (по работе ЭСП инв. № I0233 ТМ-ТI):

Обе схемы, приведенные На рис. 2.I и 2.2, обладают рядом существенных недостатков, ставящих под сомнение возможность формирования схем сетей в соответствии с указаниями типовой



Точка К.З	Величина тока, А max	Величина тока, А min	Время срад. апп, с max	Время срад. апп, с min
К1	124,5	100	0	0
К2	124,5	100	0	0
К3	292	228	0	0
К4	802	802	0	0

Точка К.З	Величина тока, А max	Величина тока, А min	Время срад. апп max	Время срад. апп min
К1	124,5	100	1,4/3,8	2,2/5,0
К2	124,5	100	1,4/3,8	2,2/5,0

Точка К.З.	Величина тока, А max	Величина тока, А min	Время срад. апп. max	Время срад. апп. min
К1	76	30,5	17/3	3,5/5
К2	76	30,5	17/3	3,5/5

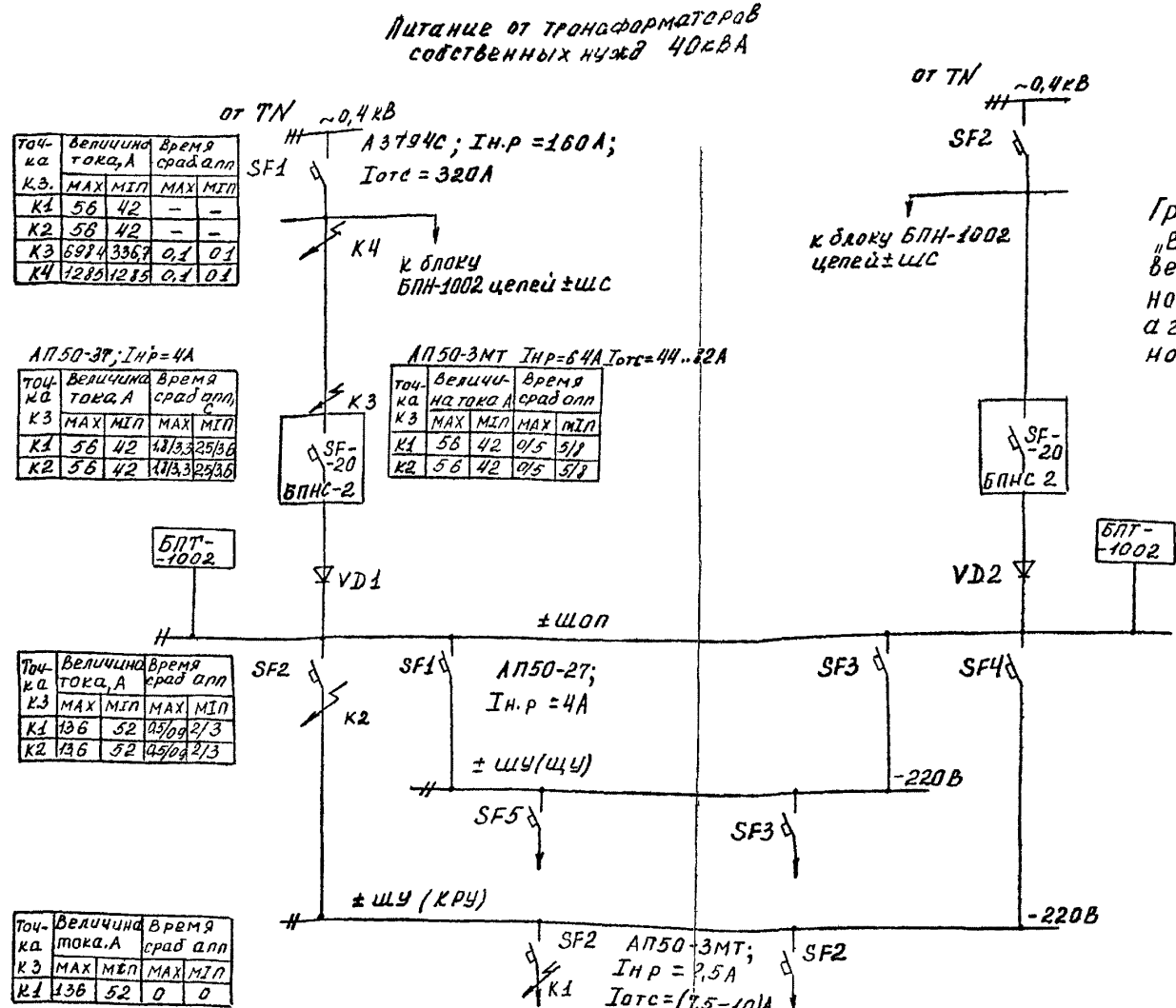
Точка К3	Величина тока, А max	Величина тока, А min	Время срад апп max	Время срад апп min
К1	76	30,5	0	0

Примечание

Графа „max" в колонке „время срав. апп." соответствует максимальному значению тока К.З., а графа „min"-минимальному

Рис. 2.1.
Вариант „А" Параллельная работа двух блоков БПНС-2 на шинки „обеспеченного" питания (±ШОП)

Альбом чертежей электрооборудования конструкций, деталей, подлежащих изготовлению ВНЗ



Точка К3	Величина тока, А		Время сраб апп	
	MAX	MIN	MAX	MIN
K1	56	42	–	–
K2	56	42	–	–
K3	6984	336,7	0,1	01
K4	1285	1285	0,1	01

АП50-3Т; Iнр=4А

Точка К3	Величина тока, А		Время сраб апп, с	
	MAX	MIN	MAX	MIN
K1	56	42	1,8/3,3	2,5/3,6
K2	56	42	1,8/3,3	2,5/3,6

АП50-3МТ Iнр=64А Iотс=44..82А

Точка К3	Величина тока А		Время сраб апп	
	MAX	MIN	MAX	MIN
K1	56	42	0/5	5/8
K2	56	42	0/5	5/8

Точка К3	Величина тока, А		Время сраб апп	
	MAX	MIN	MAX	MIN
K1	136	52	0,5/0,9	2/3
K2	136	52	0,5/0,9	2/3

Точка К3	Величина тока, А		Время сраб апп	
	MAX	MIN	MAX	MIN
K1	136	52	0	0

Примечание
Графа „MAX" в колонке „Время сраб. апп" соответствует максимальному значению тока К3, а графа „MIN" – минимальному

Рис. 2 2 Вариант „Б"
Параллельная работа блоков питания на шинки „обеспеченного" питания.

Ф81-85Л-Т2 Ф81-82
Идеталей, подлежащих изготовлению ВМЭ

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

Другим недостатком, относящимся, правда, только к варианту "А" является неселективные отключения обоих блоков питания БПНС-2 при повреждениях на линиях, отходящих от ± 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 ВНИПИ Тяжпромэлектропроект в 1983 г. техническим решением. Соответствующая структурная схема приведена на рис.2.3.

Отличительными особенностями варианта являются

= отсутствие шинок ± ШОП;

= наличие автоматических выключателей SF 5; SF 6 на линиях, питающих шинки ± ШУ в КРУ;

= параллельная работа линий, питающих шинки ± ШУ.

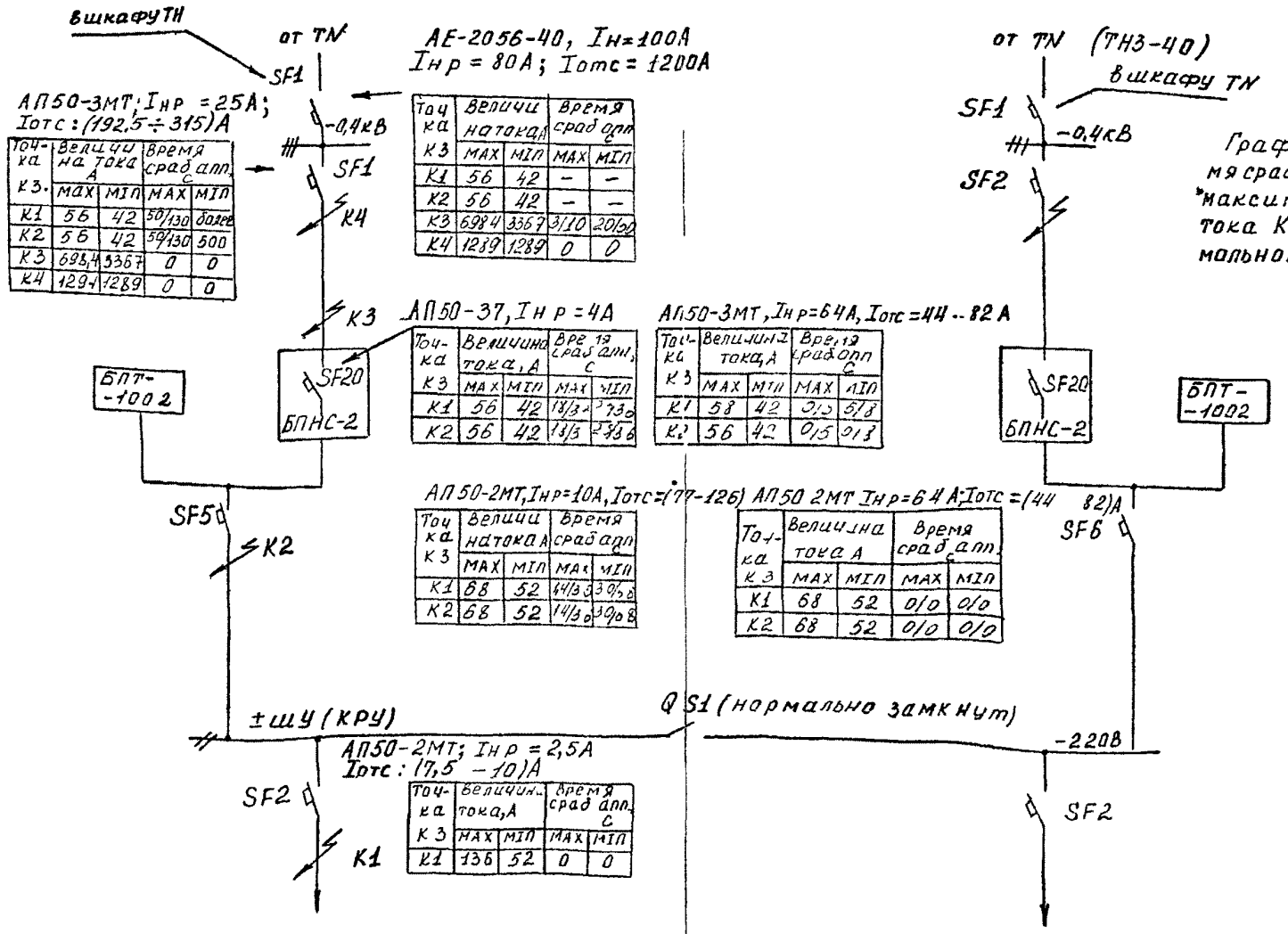
Анализ работы защитных аппаратов в этой схеме показывает:

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.I, 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 АП50-3Т с номинальным током 4А на АП50-3МТ с номинальным током расцепителя 6,4 и кратностью отсечки II приводит к неселективной работе SF20 и по отношению к SF2 шинок ± ШУ.

Инв.№ подл. | Подп. и дата | Взам.инв.№ | Чертежи и текстовые документы основного комплекта, проекта (рабочего проекта) | Форма ФО9-82 лт2 | Взамен ТФ09-79 | Нач. ОТП

Питание от трансформаторов собственных нужд 40 кВА



АЕ-2056-40, $I_н$=100А
$I_{нр}$ = 80А; $I_{отс}$ = 1200А

Точка К3	Величина тока, А		Время сраб апп, с	
	MAX	MIN	MAX	MIN
K1	56	42	–	–
K2	56	42	–	–
K3	6984	3367	3/10	20/50
K4	1289	1289	0	0

АП50-3МТ; $I_{нр}$ = 25А;
$I_{отс}$: (192,5 ÷ 315)А

Точка К3.	Величина тока А		Время сраб апп, с	
	MAX	MIN	MAX	MIN
K1	56	42	50/130	более
K2	56	42	50/130	500
K3	698,4	3367	0	0
K4	1294	1289	0	0

АП50-37, $I_{нр}$ = 4А

Точка К3	Величина тока, А		Время сраб апп, с	
	MAX	MIN	MAX	MIN
K1	56	42	18/3	2/30
K2	56	42	18/3	2/36

АП50-3МТ, $I_{нр}$=64А, $I_{отс}$ = 44 – 82 А

Точка К3	Величина тока, А		Время сраб апп, с	
	MAX	MIN	MAX	MIN
K1	58	42	0/5	5/8
K2	56	42	0/5	0/8

АП50-2МТ, $I_{нр}$=10А, $I_{отс}$=(77-126)

Точка К3	Величина тока А		Время сраб апп, с	
	MAX	MIN	MAX	MIN
K1	68	52	44/30	30/08
K2	68	52	14/30	30/08

АП50 2МТ $I_{нр}$=64А; $I_{отс}$ = (44 82)А

Точка К3	Величина тока А		Время сраб апп, с	
	MAX	MIN	MAX	MIN
K1	68	52	0/0	0/0
K2	68	52	0/0	0/0

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

Точка К3	Величина тока, А		Время сраб апп, с	
	MAX	MIN	MAX	MIN
K1	136	52	0	0

Примечание
Графа „MAX" в колонка „время сраб апп, с" соответствует максимальному значению тока К3., а графа „min" – минимальному

рис23 Вариант „КРУ" Параллельная работа двух блоков БПНС на шинки ±ШУ в КРУ Шинки ± „обеспеченного" питания отсутствуют.

Нач отп
Взамен Ф81-82
Форма Ф81-85л-т2
Чертежи электромонтажных конструкций и деталей, подлежащих изготовлению в НЭВ
Взам инв №
и дата

в) Выключатель типа АЕ 2056-40, расположенный в шкафу трансформатора собственных нужд, работает неселективно с выключателями $F1, $F2 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 ± ШУ (рис. 2.4... 2.7).

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

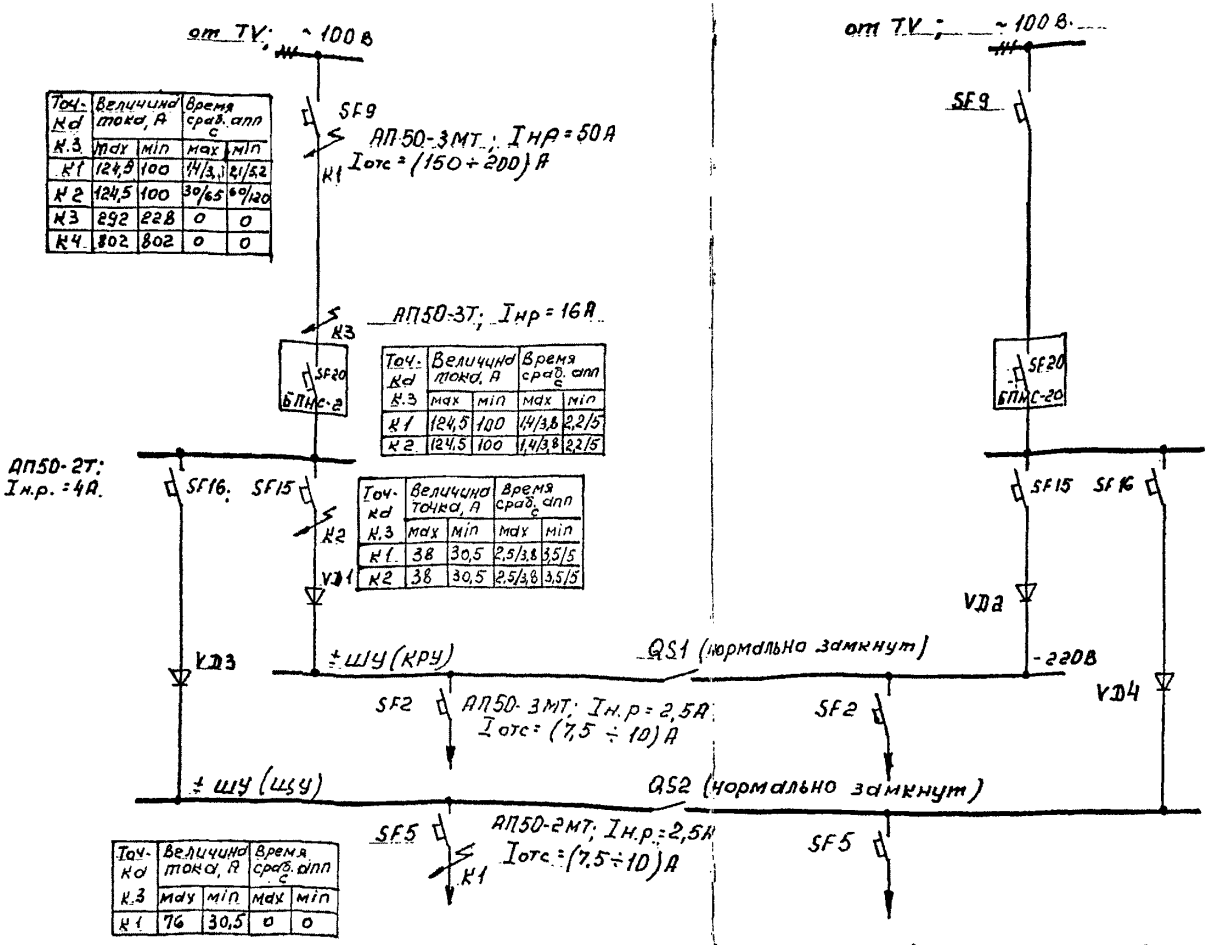
Схемы коммутации рассматриваемой сети предусматривают исключение шинок ± ШОП и осуществление параллельной работы блоков БПНС-2 на шинках ± ШУ.

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 (ЩПП), при коротких замыканиях за автоматическим выключателем в точке К2 может неселективно отключаться автоматический выключатель, встроенный в БПНС-2 (по варианту А -

Инв.№ подл. | Подп. и дата | Взам.инв.№ | Чертежи и текстовые документы основного комплекта, проекта (рабочего проекта) | Форма Ф09-82 лт 2 | Взамен Ф09-79 | Нач. ОТД



Точка К.З	Величина тока, А		Время сраб. апп с	
	max	min	max	min
К1	124,5	100	1,4/3,1	2,1/5,2
К2	124,5	100	30/65	60/120
К3	292	228	0	0
К4	802	802	0	0

Точка К.З	Величина тока, А		Время сраб. апп с	
	max	min	max	min
К1	124,5	100	1,4/3,8	2,2/5
К2	124,5	100	1,4/3,8	2,2/5

Точка К.З	Величина точка, А		Время сраб. апп с	
	max	min	max	min
К1	38	30,5	2,5/3,8	3,5/5
К2	38	30,5	2,5/3,8	3,5/5

Точка К.З	Величина тока, А		Время сраб. апп с	
	max	min	max	min
К1	76	30,5	0	0

Примечание

Графа „max" в колонке „время сраб. апп." соответствует максимальному значению тока К3, а графа „min" - минимальному.

Рис 2.4 Рекомендуемое выполнение варианта „А"

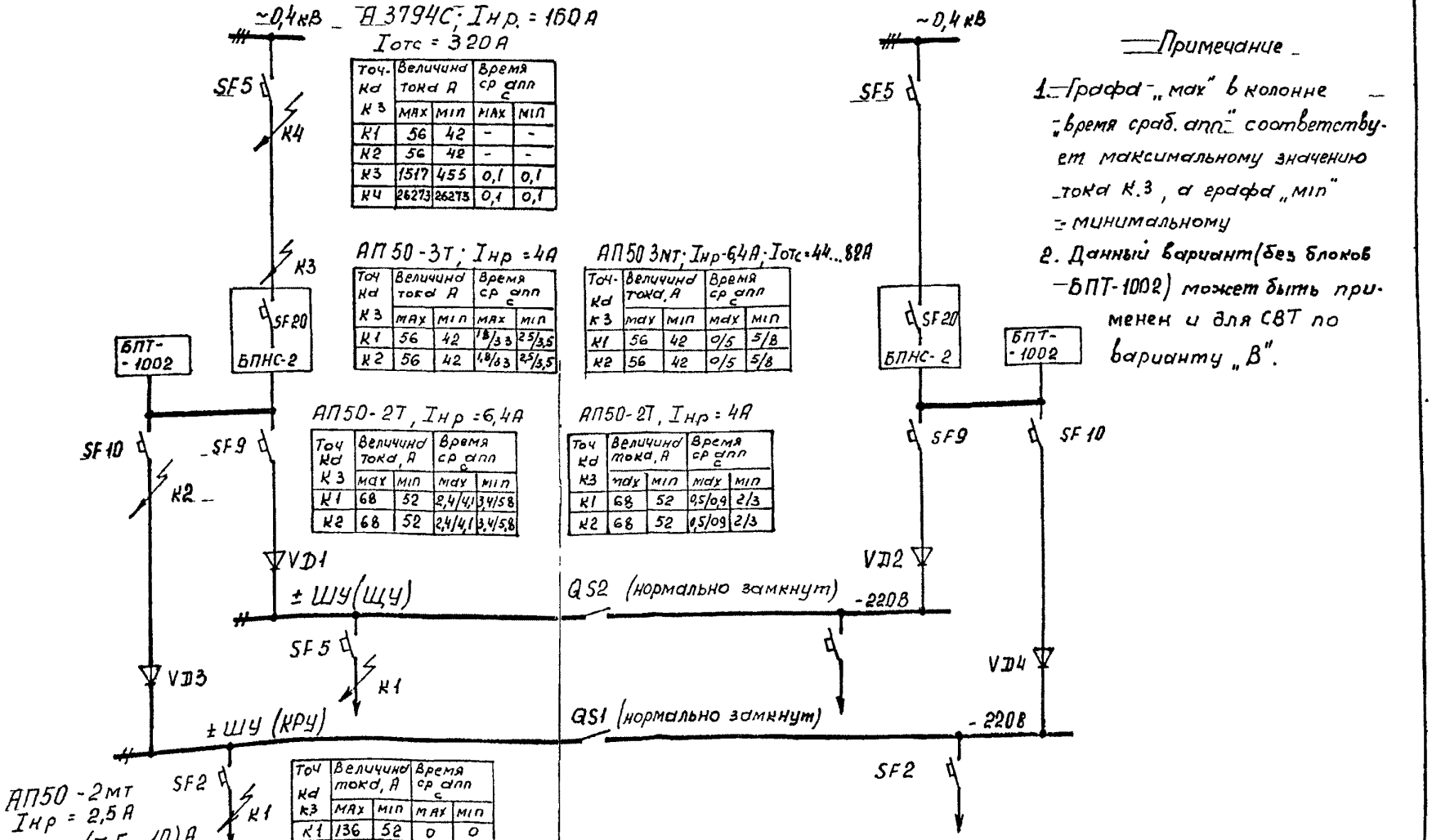
Параллельная работа двух блоков БПНС-2 на шинки ±ШУ в КРУ и на шинки ±ШУ щита управления ГПП (ЩУ). Шинки ± „обеспеченного" питания (±ШОП) отсутствует

Инв № подл	Подп. и дата	Взам. инв. №	Чертежи электромонтажных конструкций и деталей, подлежащих изготовлению НЭЗ	Форма Ф81-85л-т2	Взамен Ф81-82	Нач. отп

М01-6300-3

Лист 27

Питание от трансформаторов собственных нужд 1000 кВА



Точ. Кз	Величина тока А		Время ср. апп с	
	max	min	max	min
К1	56	42	-	-
К2	56	42	-	-
К3	1517	455	0,1	0,1
К4	26273	26273	0,1	0,1

Точ. Кз	Величина тока А		Время ср. апп с	
	max	min	max	min
К1	56	42	1,8/3,3	2,5/3,5
К2	56	42	1,8/3,3	2,5/3,5

Точ. Кз	Величина тока, А		Время ср. апп с	
	max	min	max	min
К1	56	42	0,5	5/8
К2	56	42	0,5	5/8

Точ. Кз	Величина тока, А		Время ср. апп с	
	max	min	max	min
К1	68	52	2,4/4,1	3,4/5,8
К2	68	52	2,4/4,1	3,4/5,8

Точ. Кз	Величина тока, А		Время ср. апп с	
	max	min	max	min
К1	68	52	0,5/0,9	2/3
К2	68	52	0,5/0,9	2/3

Точ. Кз	Величина тока, А		Время ср. апп с	
	max	min	max	min
К1	136	52	0	0

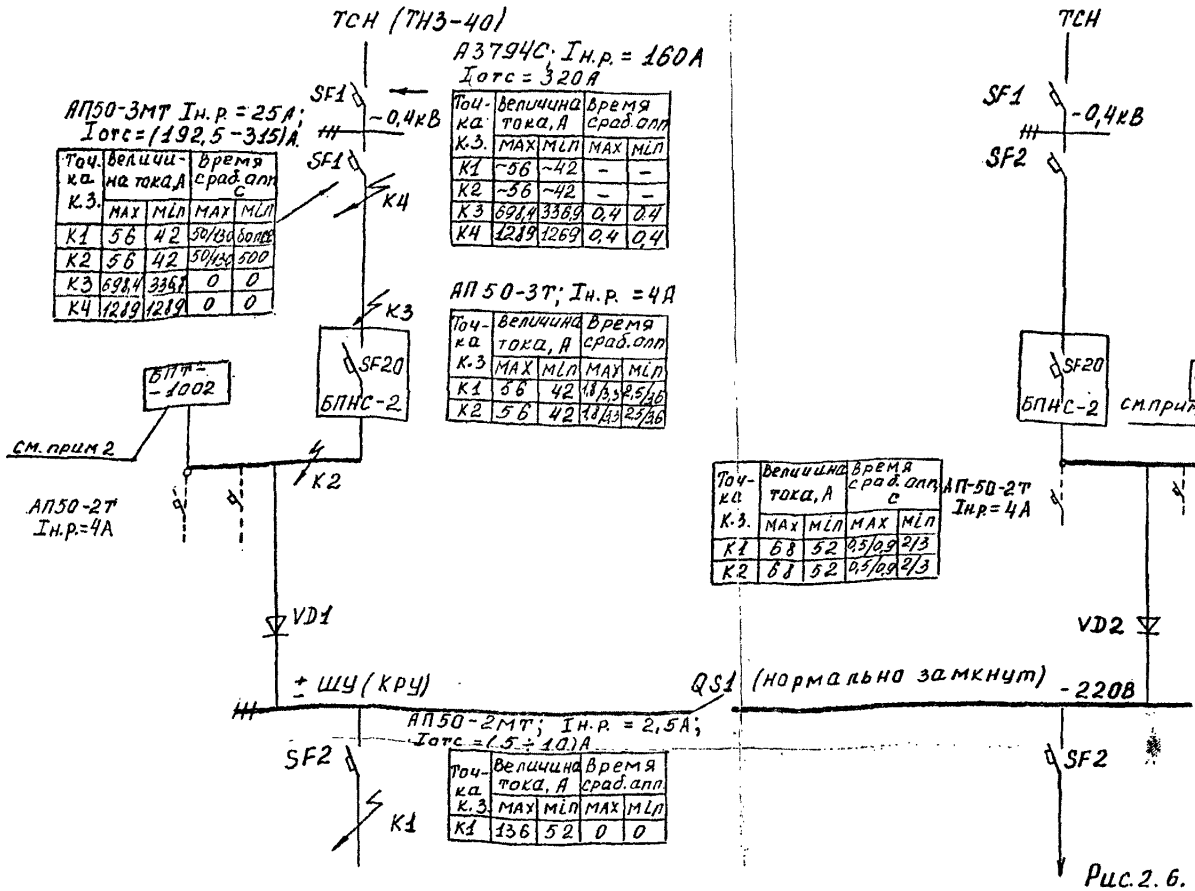
Примечание

1. Графа „max" в колонне „время сраб. апп" соответствует максимальному значению тока К.З, а графа „min" - минимальному
2. Данный вариант (без блоков БПТ-1002) может быть применен и для СВТ по варианту „В".

Рис 2.5. Рекомендуемое выполнение варианта Б

Параллельная работа блоков питания на шинах ± ШУ на щите управления (ЩУ) и в КРУ. Шинки ± „обеспеченного" питания отсутствуют

Питание от трансформаторов собственных нужд 40кВА



АП50-3МТ Iн.р. = 25А; Iотс = (192,5 - 315)А.

Точка К.З.	Величина тока, А		Время сраб. апп. с	
	MAX	MIN	MAX	MIN
К1	56	42	50/130	более
К2	56	42	50/130	500
К3	698,4	336,9	0	0
К4	1289	1289	0	0

А3794С; Iн.р. = 160А
Iотс = 320А

Точка К.З.	Величина тока, А		Время сраб. апп.	
	MAX	MIN	MAX	MIN
К1	~56	~42	–	–
К2	~56	~42	–	–
К3	698,4	336,9	0,4	0,4
К4	1289	1269	0,4	0,4

АП50-3Т; Iн.р. = 4А

Точка К.З.	Величина тока, А		Время сраб. апп.	
	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

Точка К.З.	Величина тока, А		Время сраб. апп. с	
	MAX	MIN	MAX	MIN
К1	68	52	0,5/0,9	2/3
К2	68	52	0,5/0,9	2/3

Точка К.З.	Величина тока, А		Время сраб. апп.	
	MAX	MIN	MAX	MIN
К1	136	52	0	0

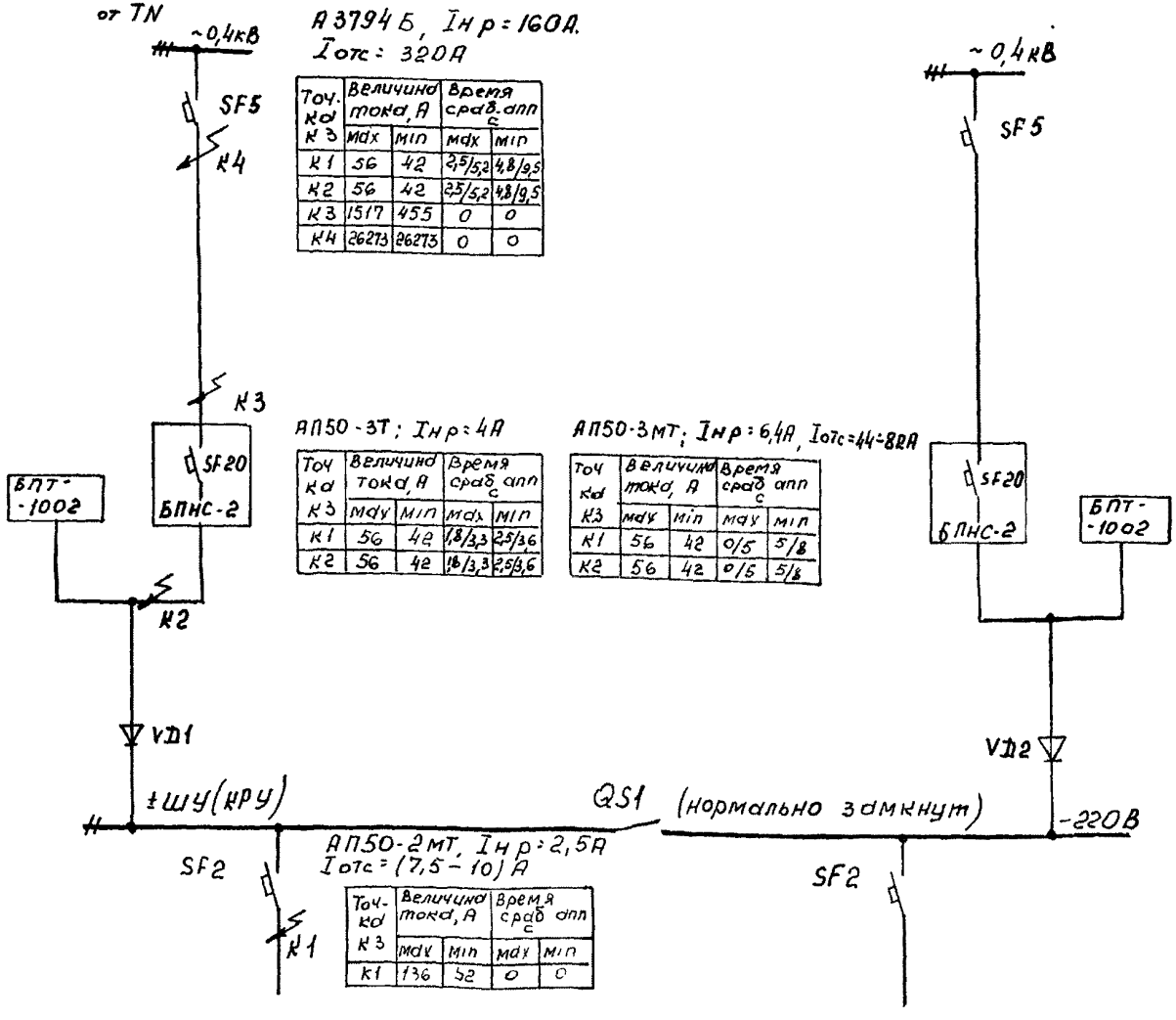
Примечания

1. Графа „MAX" в колонке „Время сраб. апп." соответствует максимальному значению тока К.З., а графа „MIN" - минимальному.
2. Данная схема испол и для варианта СВТ „В" на главных понизительных подстанциях. В этом случае блоки БПТ-1002 не предусматриваются, а для питания шинок ± ШУ в КРУ и на щите управления используются отдельные автоматические выключатели (показаны пунктиром)

Рис.2.6. Рекомендуемое выполнение вариант „КРУ." Параллельная работа блоков питания на шинки ± ШУ в КРУ. Шинки ± „обеспеченного" питания отс

и деталей, подлежащих изготовлению ВМЭВ | Ф81-85Л-т2 | Ф81-82

Питание от трансформаторов собственных нужд 250 кВА



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

Точка К3	Величина тока, А		Время сраб. апп 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; $I_{нр}$ = 4А

Точка К3	Величина тока, А		Время сраб. апп 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; $I_{нр}$ = 6,4А, $I_{отс}$ = 44÷82А

Точка К3	Величина тока, А		Время сраб. апп с	
	max	min	max	min
К1	56	42	0/5	5/8
К2	56	42	0/5	5/8

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

Точка К3	Величина тока, А		Время сраб. апп с	
	max	min	max	min
К1	136	52	0	0

Примечание

Графа „max" в колонке „время срабат" соответствует максимальному 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

– АП50-3Т, I н.р. = I6А, по варианту Б – АП50-3Т; I н.р. =4А).

Указанную неселективность предлагается считать допустимой по следующим обстоятельствам:

а) Имеется резервное питание шинок ± 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 SF I0 автоматические выключатели типа АП50-2МГ 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 (Л6) 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) равное r'_{UGV} =II,7 Ома.

Расчетные формулы, приведенные в первом разделе настоящей работы, практически, если заменить $r_{UGV\,ном}$ на r'_{UGV}, не изменяются.

В таблице 3.I. 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 СВТ.

Таблица 3.I

Напряжение питания, В	Режим	Точки к.з.	Ток в месте КЗ		Составляющая по блокам	
			$I_{\sim}$, А	$I_{вып.}$, А	I, А	$I_{вып.}$, А
I00 от тр-ра напряжения типа НКФ	max	KI, K2	–	I8,4 (36,8)	60,4	I8,4
	min	KI, K2	–	I7,0	55,7	I7,0
400	max	KI, K2	–	22,66 (45,32)	I8,57	22,66
	min	KI, K2	–	I7,4	2I,3	I7,4

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Чертежи и текстовые документы основного комплекта, проекта (рабочего проекта) | Форма ф09-82 л-т2 | Взамен ф09-79 | Лич. ...

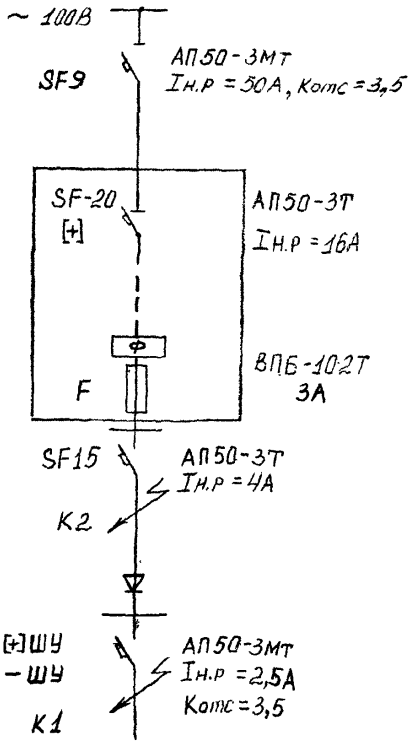
Примечание: В скобках даны значения тока К.З. при работе 2 х БПНС-2 на одну точку К.З.

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

4.I. Сеть СВТ по варианту "А".

Сравнение полученных значений токов (табл. 3.I) с характеристиками автоматических выключателей, предусмотренных схемой рис. 2,4., дает следующие времена срабатывания при К.З. в точках КI и К2 (табл. 4.I).

Таблица 4.I.

Расчетная схема	Время срабатывания, с	
	при мах. токе К.З.	при мин. токе КЗ
	–	–
	I0-25	I6-25
	~ 0,005 – 0,2с.	~0,008 – 0,3с.
	II-I8	I2-I9
	0	0

Как видно из таблицы при токах КЗ, приведенных в табл. 4.I., не соблюдается селективность действия предохранителя F в блоке БПНС-2 и автоматического выключателя SF I5, что может считаться допустимым. Однако, если учесть разброс характеристик ВПБ-I02Т и автоматического выключателя АП 50-3МТ, установленного в цепи оперативного тока отдельных присоединений, то время перегорания плавной вставки предохранителя оказывается меньшим, чем время отключения АП-50-3МТ, что неприемлемо. Выход заключается в замене типа предохранителя в БПНС-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.I.

Инв.№ подл. | Подп. и дата | Взам.инв.№ | Чертежи и текстовые документы основного комплекта, проекта (рабочего проекта) | Форма Ф09-92 л-т2 | Взамен Ф09-79 | Нач. отд.

Таблица 4.2

Расчетная схема	Время срабатывания, с	
	При мах. токе К.З.	При мин. токе КЗ
~400В — SF5 А3794С $I_{н.р}$=160А $I_{отс}$=320А	–	–
БПНС-2 — SF--20 АП50-3Т; $I_{н.р}$=4А	II-I8	I2-20
БПТ--1002 — F [+] — ВПБ-102Т,3А	0,00I-0,I	0,008 -0,3
к другому БПНС-2		
[±]ШОП — SF-10 — SF-9 — АП50-3Т; $I_{н.р}$=6,4А или АП50-3Т; $I_{н.р}$=4А — К2	2I-39 (2-3) с 8-I2	23-40 8-I2
[±]ШУ (Ш, У) — SF2 — АП50-3МТ $I_{н.р}$=2,5А $K_{отс}$=3,5 — К1	0	0

И в этом случае (как и в п.4.I) селективность действия между Предохранителем F и автоматическими выключателями SF 9 и SF I0 не соблюдается.

Причем повреждение в точке К2 влечет за собой потерю оперативного тока не только на шинках $\pm$ ШУ щита управления, но и в КРУ. При работе двух блоков параллельно (показано пунктиром) на шинах обеспеченности питания $\pm$ 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.I.

Представляется необходимым:

а) не допускать параллельной работы блоков на шинки $(\pm)$ ШОП;

б) заменить тип автоматических выключателей SF 9 и SF I0 с АП50-3Т (I н.р. = 6,4) по АП50-3Т (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.4I соблюдается.

Однако и в данном случае целесообразно заменить тип предохранителя в БПНС-2 на другой, с характеристиками лучше согласующимися с характеристиками автоматических выключателей АП-50/3 МТ (2,5А; 3,5).

Инв.№ подл. | Подп. и дата | Взам.инв.№ | Чертежи и текстовые документы одного комплекта проекта рабочего проекта | Форма Ф09-82 лист 2 | Взамен Ф09-79 | Нач. ОТП

Примечание к разделу 4. Как следует из п.п.4.I ... 4.3. установленный в блоке БПНС-2 предохранитель типа ВПБ-I02Т. 3А, из-за большого разброса во времени отключения может вывести из действия цепь "соглаженного" 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, плавная вставка ВП-3Б с номинальным током 6,3А (или 5А), характеристика которой дана в табл. 4.3.

Таблица 4.3.

Характеристика плавких вставок ВП-3Б

Номинальный ток	Время срабатывания при кратности тока, А				
5А	2,I/I0,5	2,75/I3,75	4/20	5/25	I0/50
	4,3	0,33-0,43	0,I6-0,I8	0,08-0I	0,04
6,3А	2,I/I3,23	2,75/I7,32	4/25,2	5/3I,5	I0/63
	4,4	0,38-0,4I	0,I5-0,I8	0,I-0,I3	0,036

ЛИТЕРАТУРА

I. "Схемы вспомогательных цепей главных понизительных подстанций промышленных предприятий на выпрямленном оперативном токе", Инв. № М4053, ВНИПИ "Тяжпромэлектропроект", г.Москва, I983 г.

2. Технический циркуляр ВНИПИ ТПЭП № 346-82 от 20 декабря I982 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, I983 г. № I, стр. 8-I0.

4. Савин С.Н., Кричевская Л.З. "О выборе защитных аппаратов в цепях оперативного выпрямленного тока", "Электрические станции", I982 г. № II, стр. 7I-73.

5. Выключатели автоматические серии АП50. Технические условия ТУ I6-522.066-75.

6. Блок стабилизированного напряжения БПНС-2УЗ (ТЗ) Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ИГЕВ. 656I6I.020 ТО.

7. Типовые проектные решения, Полные схемы и НКУ управления, автоматики и защиты ПС II0-220 кВ на выпрямленном оперативном токе. Альбомы I-Ш. Инв. № I0233-тм-ТI÷ТЗ Энергосетьпроект, г.Москва, I98I г.

8. Рекомендации по выполнению схем сетей выпрямленного оперативного тока (первая редакция) Инв. № М4059. ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, г.Москва, I984 г.

9. Схемы и НКУ шкафов блоков питания (отраслевые типовые материалы для проектирования). Альбом I. Принципиальные схемы включения блоков питания и методика расчета обеспеченности питания выпрямленным оперативным током устройств РЗА. "ВГПИ и НИИ" Энергосетьпроект" Горьковское отд. г. Горький, 1989 г. Инв. № II373-Тм-Т1.

10. Рекомендации по выполнению схем и расчетов системы выпрямленного оперативного тока. Инв. № МОI-6300I. ВНИПИ Тяжпромэлектропроект. г.Москва, 1989 г.

gost.e-ecolog.ru