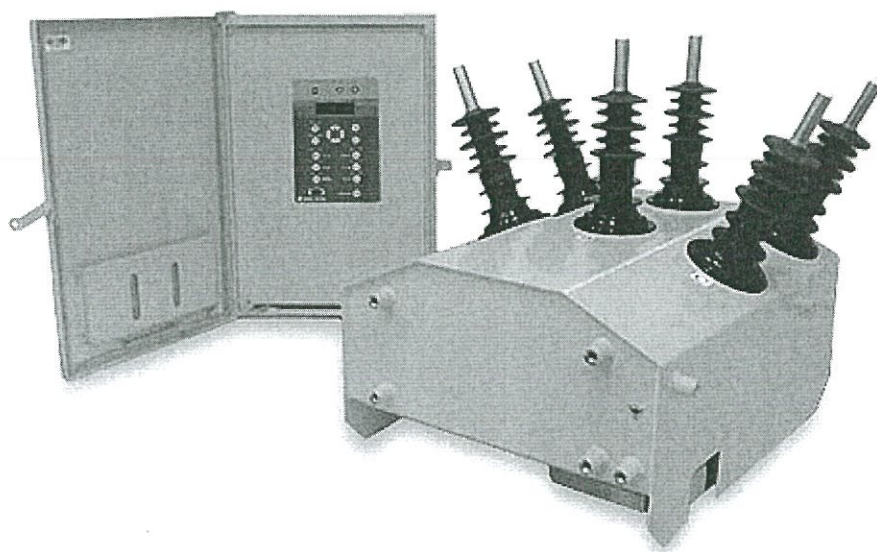


РАСЧЕТ УСТАВОК РЗиА

для комплексной автоматизации участка сети ВЛ-10 кВ
ф.10 «Горицы» ПС «Борисовка» - ф.4 «Ж. пески» ПС «Бутырки»
филиала ПАО «МРСК Центра» - «Липецкэнерго»



Согласовано
1 А. Вигуров
26.02.2016 г.

РЕКЛОУЗЕР ВАКУУМНЫЙ
TER_REC15_AL1_L5

Оглавление

1. Исходные данные	3
2. Расчет токов нагрузки.....	5
3. Расчет токов короткого замыкания.....	6
4. Алгоритм работы защит и автоматики.....	8
5. Расчет уставок РЗиА.....	12
6. Карта уставок РЗиА	13
7. Согласование с предохранителями	14
Приложение 1.....	17

1. Исходные данные:

Отталкиваясь от исходной однолинейной схемы замещения рассматриваемых фидеров, была составлена расчетная схема замещения в программном комплексе TELARM. Выбраны места установки реклоузеров РВА/TEL:

R1 – опора 288 ф.10 «Горицы» ПС «Борисовка»;

R2 – опора 88 ф.4 «Ж. пески» ПС «Бутырки»;

R3 – опора 5 на отпайке от опоры 129 на ф.4 «Ж. пески» ПС «Бутырки»;

R4 – опора 4 отпайки от опоры 99 ф.10 «Горицы» ПС «Борисовка»;

R5 – опора 206 ф.6 «ЛТЗ» ПС «Борисовка»;

R6 – существующий РВА установлен на опорах 144б и 144в ф.10 «Горицы» ПС «Борисовка»;

Расчетная схема представлена на рисунке 1. Уставки выключателей рассматриваемых фидеров представлены в таблице 1.

Таблица 1. Уставки выключателей рассматриваемых фидеров.

Наименование фидера	Тип реле	ТО	МТЗ	АПВ
ф.10 «Горицы» ПС «Борисовка»	РТ-40	$I_{сз}=500\text{A}$ $t=0\text{ с}$	$I_{сз}=150\text{A}$ $t=0,5\text{ с}$	5 с
ф.10 «Горицы» ПС «Борисовка»	РТ-40	$I_{сз}=500\text{A}$ $t=0\text{ с}$	$I_{сз}=150\text{A}$ $t=0,5\text{ с}$	5 с
ф.4 «Ж. пески» ПС «Бутырки»	РТ-40	$I_{сз}=1000\text{A}$ $t=0\text{ с}$	$I_{сз}=210\text{A}$ $t=0,5\text{ с}$	5 с
R6	Встроено в RC-1	-	-	-

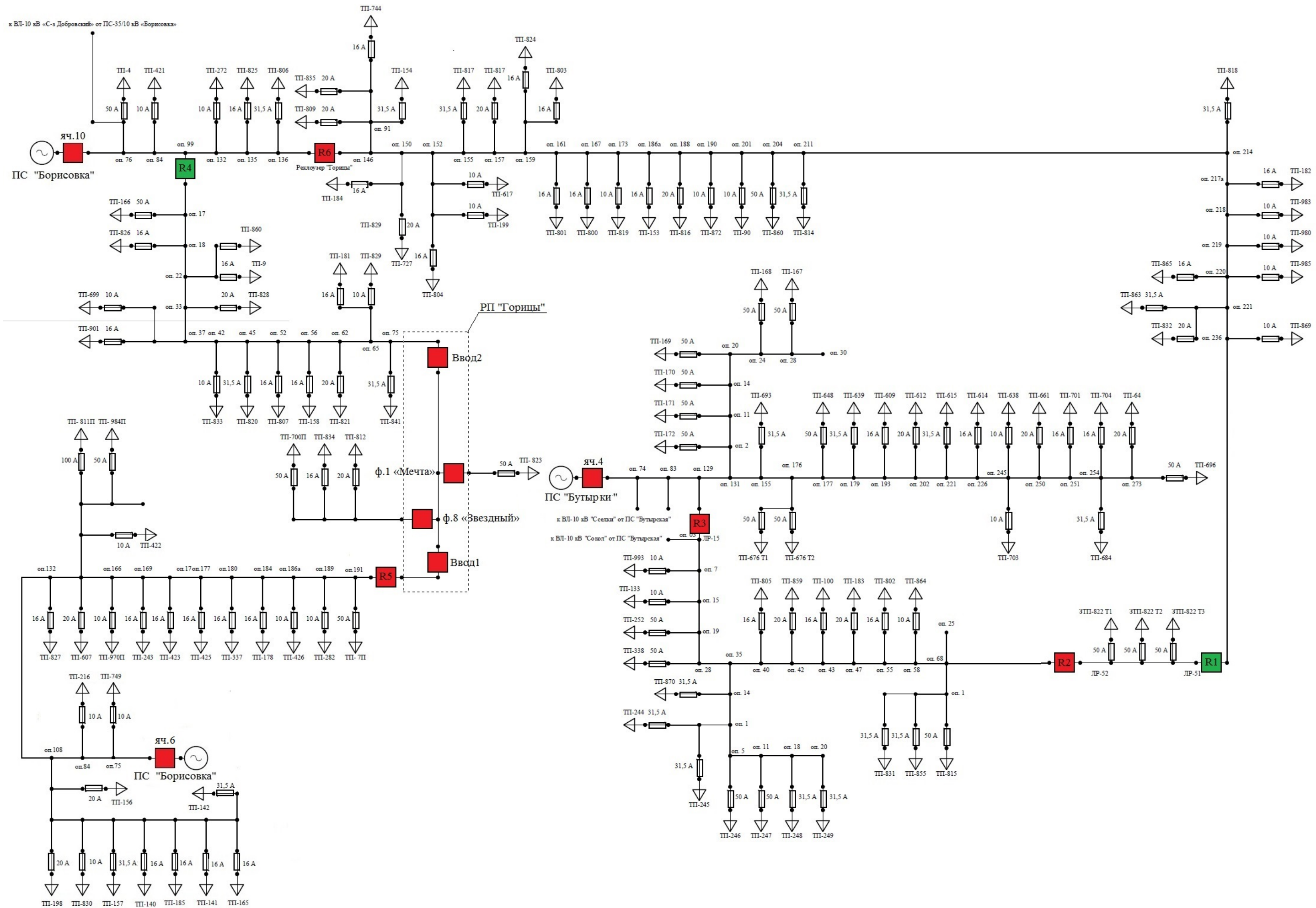


Рис.1. Схема сети с установленными реклоузерами

2. Расчет токов нагрузки:

Согласно исходным данным максимальный уровень токов нагрузки в зимний режимный день составляют 100 А на ф.4 «Ж. пески» ПС «Бутырки», 30 А и 62 А на ф.6 и ф.10 «Горицы» ПС «Борисовка» соответственно. В программном комплексе TELARM произведены расчеты нагрузок протекающих через аппараты линий в различных режимах. В расчете принято, что коэффициент загрузки всех ТП одинаковый. Результаты вычислений занесены в таблицу 2.

Режим, при котором выключатель в яч.4 «Ж. пески» ПС «Бутырки» отключен, а питание потребителей линии осуществляется от ф.10 «Горицы» ПС «Борисовка» обозначим как «режим 1». Питание потребителей в режиме 1 возможно только до реклоузера R3 по условию максимального падения напряжения.

Режим, при котором выключатель в яч.6 «ЛТЗ» ПС «Борисовка» отключен, а питание потребителей линии осуществляется от ф.10 «Горицы» ПС «Борисовка» обозначим как «режим 2».

Режим, при котором выключатель в яч.10 «Горицы» ПС «Борисовка» отключен, а питание потребителей линии осуществляется от ф.4 «Ж. пески» ПС «Бутырки» обозначим как «режим 3». Питание потребителей в режиме 3 рассмотрено до реклоузера R6, т.к. питание нагрузки за этим аппаратом предпочтительнее с ф.6 «ЛТЗ» ПС «Борисовка» по величине падения напряжения.

Режим, при котором выключатель в яч.10 «Горицы» ПС «Борисовка» отключен, а питание потребителей линии (до R6) осуществляется от ф.6 «ЛТЗ» ПС «Борисовка» обозначим как «режим 4».

Таблица 2. Токи нагрузки на рассматриваемых фидерах.

№	Коммутационный аппарат	Нормальный режим (А)	Режим 1 (А)	Режим 2 (А)	Режим 3 (А)	Режим 4 (А)
1	ф.10 «Горицы» ПС «Борисовка»	46	89	90	0	0
2	ф.6 «ЛТЗ» ПС «Борисовка»	51	51	0	51	58
3	ф.4 «Ж. пески» ПС «Бутырки»	100	0	100	135	135
4	R1	0	47	0	34	34
5	R2	11	37	11	44	44
6	R3	53	0	53	84	84
7	R4	0	0	47	0	8
8	R5	26	26	23	26	33
9	R6	38	81	38	7	0

При расчете уставок выключателя яч.10 «Горицы» ПС «Борисовка», ток нагрузке данного выключателя взят 111А, что соответствует его значению автоматическом резервировании ф. 6 «ЛТЗ» ПС «Борисовка» «ЛТЗ» и ф. 4 «Ж. пески» ПС «Бутырки» одновременно.

Учитывая величину тока нагрузки в режиме резервирования на яч.10 «Горицы» ПС «Борисовка» и на яч.4 «Ж. пески» ПС «Бутырки» необходима замена существующих трансформаторов тока 100/5 на трансформаторы с коэффициентом трансформации 150/5.

3. Расчет токов короткого замыкания:

Согласно исходным данным на шинах 10 кВ ПС «Борисовка» $I_{к\max}=1874$ А; $I_{к\min}=1210$ А. На шинах 10 кВ ПС «Бутырки» $I_{к\max}=3060$ А; $I_{к\min}=2135$ А. Значение минимальных токов двухфазных металлических замыканий в разных режимах в самых отдаленных точках защищаемого участка сведены в таблицу 3. Значение максимальных токов короткого замыкания необходимых для расчета (проверки) уставки токовой отсечки в головных выключателях указаны в таблице 4. Расчеты токов короткого замыкания выполнены в программном комплексе TELARM.

Таблица 3. Токи $I_{к\min}$ на рассматриваемых фидерах.

	$I_{(2)K1}$	$I_{(2)K2}$	$I_{(2)K3}$	$I_{(2)K4}$	$I_{(2)K5}$	$I_{(2)K6}$	$I_{(2)K7}$	$I_{(2)K8}$	$I_{(2)K9}$	$I_{(2)K10}$	$I_{(2)K11}$
Режим 1	-	-	-	-	304	-	252	-	-	-	408
Режим 2	-	286	-	-	304	-	-	193	-	-	408
Режим 3	216	-	246	-	-	452	-	-	-	319	-
Режим 4	192	-	-	340	-	-	-	-	243	-	-

Таблица 4. Токи $I_{к\max}$ на рассматриваемых фидерах.

	$I_{(3)K4}$	$I_{(3)K9}$	$I_{(3)K12}$
ф.10 «Горицы» ПС «Борисовка»	688	-	-
ф.6 «ЛТЗ» ПС «Борисовка»	-	445	-
ф.4 «Ж. пески» ПС «Бутырки»	-	-	810

Рис.2. Схема для расчета токов КЗ

4. Алгоритм работы защит и автоматики

1. Нормальный режим работы (Рис.3):

- выключатели ф.10, ф.6 ПС «Борисовка» и ф.4 ПС «Бутырки» включены;
- реклоузеры R2, R3, R5, R6 включены;
- реклоузер R1, R4 отключен.

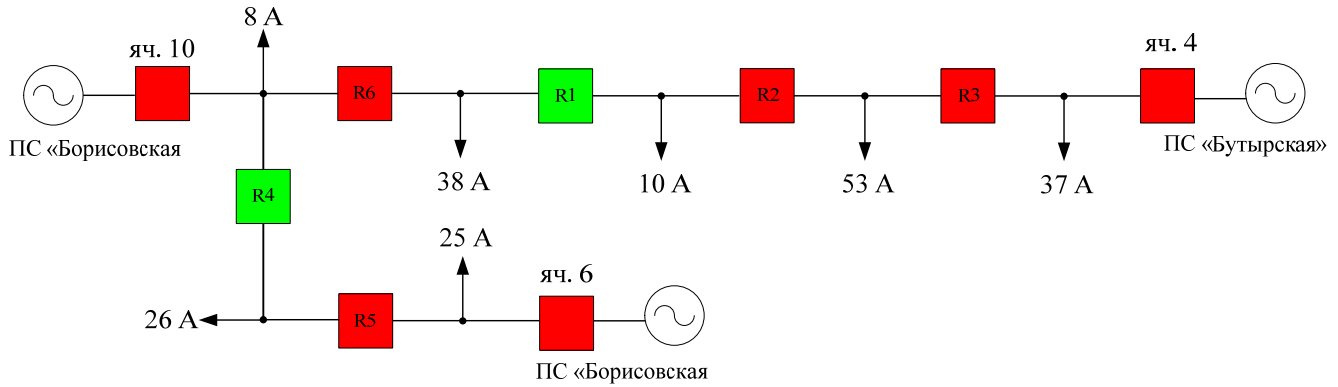


Рис.3 Предлагаемая схема сети

2. Аварийный режим, повреждение на участке «ф.10 ПС «Борисовка» – R6» (рис.4):

- выключатель в яч.10 ПС «Борисовка» отключается от токовых защит;
- проходит АПВ выключателя в яч.10 ПС «Борисовка»;

Если повреждение не устранилось, то:

- реклоузер R6 отключается от защиты минимального напряжения;
- R1 переключает питание неповрежденного участка ВЛ на ф.4 ПС «Бутырки».

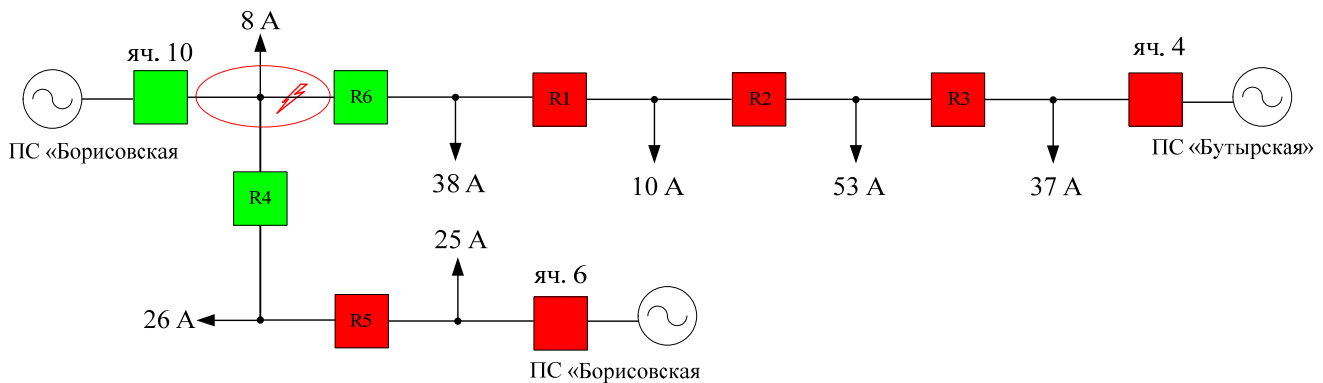


Рис.4 Повреждение на участке «ф.10 ПС «Борисовка» – R6»

3. Аварийный режим, повреждение на участке «R6 – R1» (рис.5):

- реклоузер R6 отключается от токовых защит;
- проходит АПВ реклоузера R6;

Если повреждение не устранилось, то:

- R1 переключает питание неповрежденного участка ВЛ на ф.4 ПС «Бутырки»;
- R1 отключается от токовых защит.

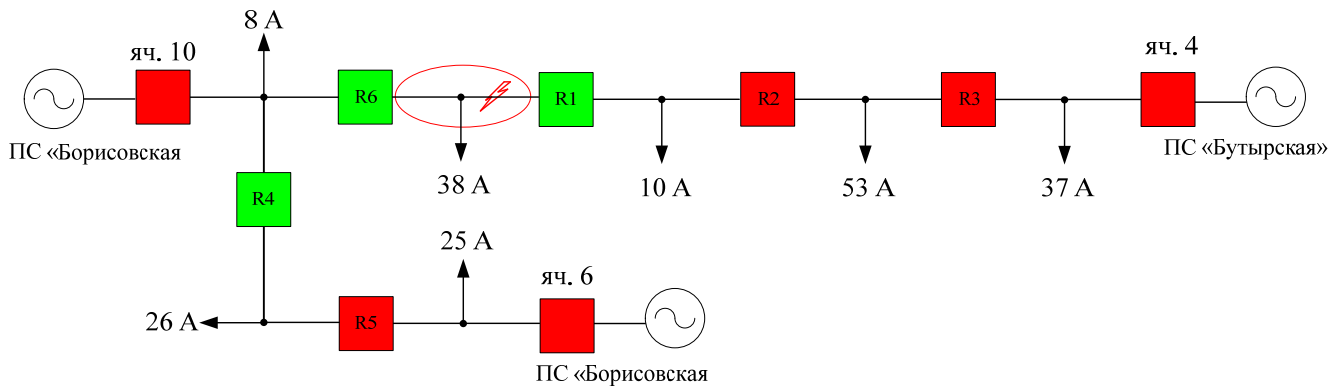


Рис.5 Повреждение на участке «R6 – R1»

4. Аварийный режим, повреждение на участке «R1 – R2» (рис.6):

- реклоузер R2 отключается от токовых защит;
- R1 переключает питание неповрежденного участка ВЛ на ф.10 ПС «Борисовка»;
- R1 отключается от токовых защит.

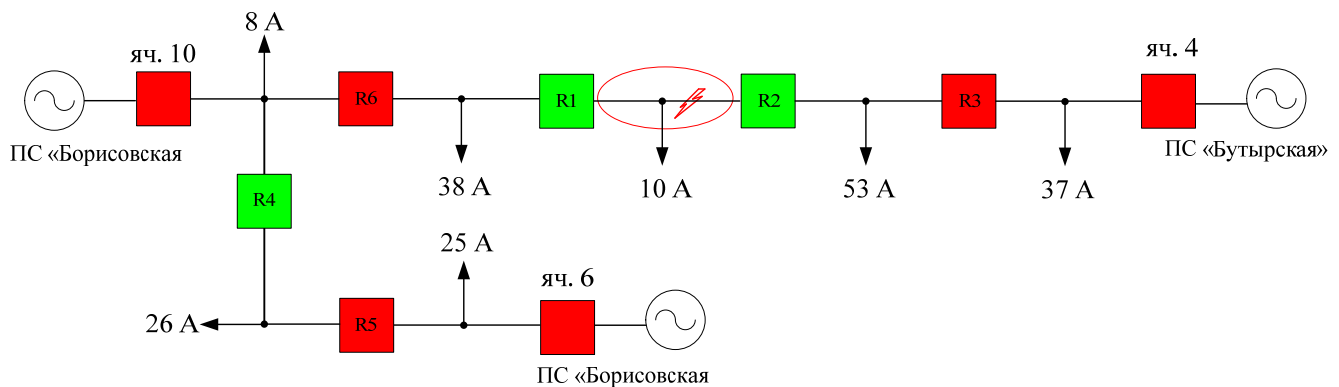


Рис.6 Повреждение на участке «R1 – R2»

5. Аварийный режим, повреждение на участке «R2 – R3» (рис.7):

- реклоузер R3 отключается от токовых защит;
- проходит АПВ реклоузера R3;

Если повреждение не устранилось, то:

- R1 переключает питание неповрежденного участка ВЛ на ф.10 ПС «Борисовка»;
- R2 отключается от токовых защит.

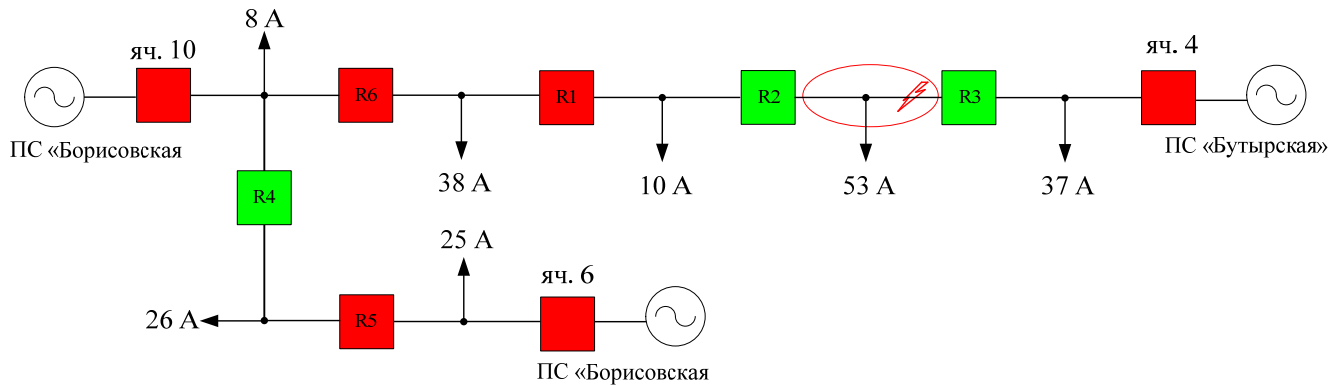


Рис.7 Повреждение на участке «R2 – R3»

6. Аварийный режим, повреждение на участке «ф.4 ПС «Бутырки» – R3» (рис.8):

- выключатель яч.4 ПС «Бутырки» отключается от токовых защит;
- проходит АПВ выключателя яч. 4 ПС «Бутырки»;

Если повреждение не устранилось, то:

- реклоузер R3 отключается от защиты минимального напряжения;
- R1 переключает питание неповрежденного участка ВЛ на ф.10 ПС «Борисовка».

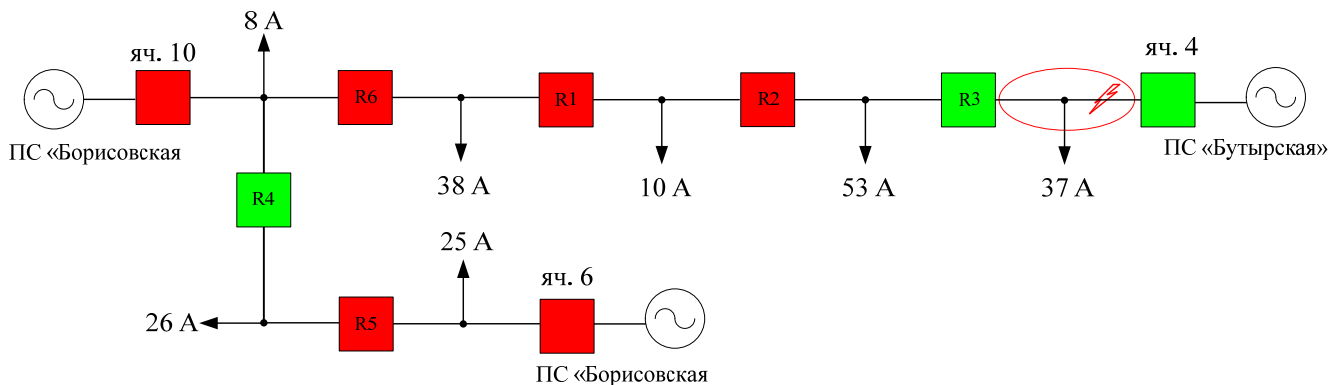


Рис.8 Повреждение на участке «ф.4 ПС «Бутырки» – R3»

7. Аварийный режим, повреждение на участке «R4 – R5» (рис.9):

- реклоузер R5 отключается от токовых защит;
- проходит АПВ реклоузера R5;

Если повреждение не устранилось, то:

- R4 переключает питание неповрежденного участка ВЛ на ф.10 ПС «Борисовка»;
- R4 отключается от токовых защит.

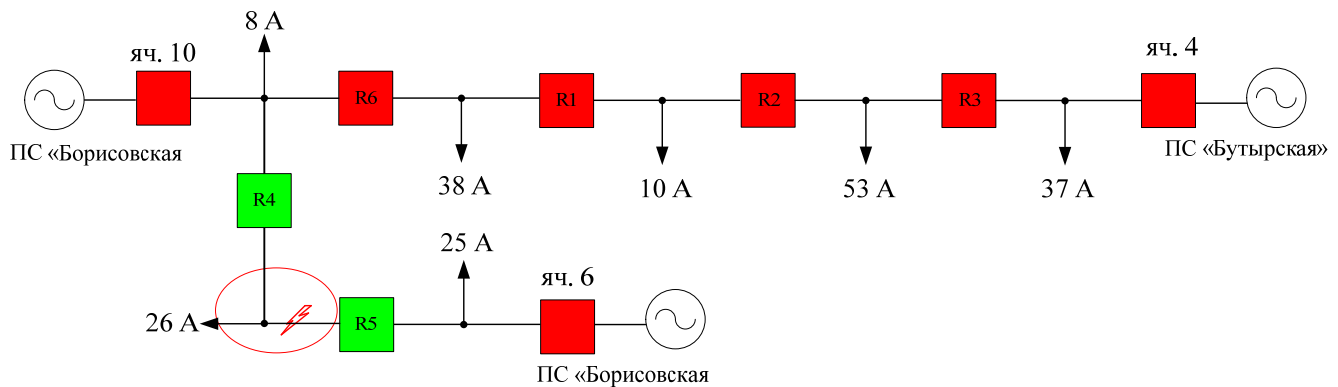


Рис.9 Повреждение на участке «R4 – R5»

8. Аварийный режим, повреждение на участке «ф.6 ПС «Борисовка» – R5» (рис.10):

- выключатель яч.6 ПС «Борисовка» отключается от токовых защит;
- проходит АПВ выключателя яч.6 ПС «Борисовка»;

Если повреждение не устранилось, то:

- реклоузер R5 отключается от защиты минимального напряжения;
- R4 переключает питание неповрежденного участка ВЛ на ф.10 ПС «Борисовка».

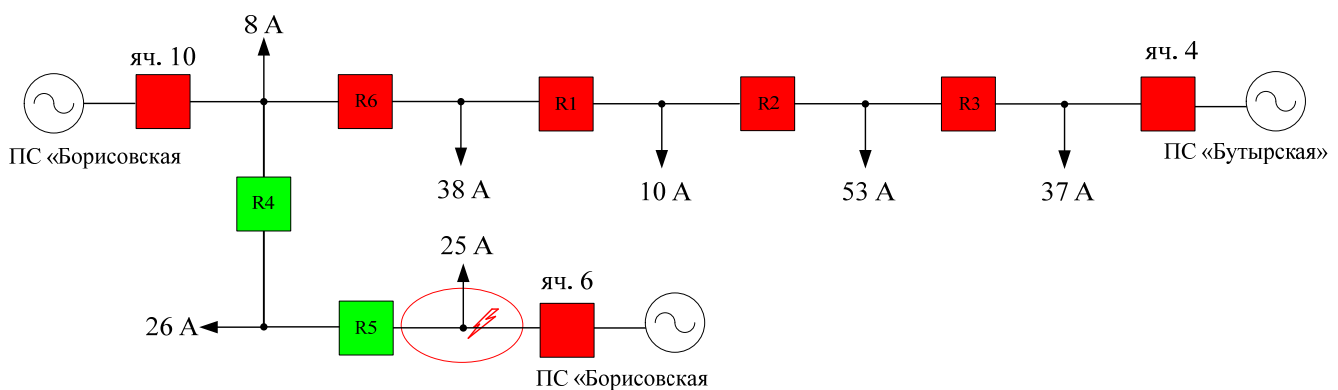


Рис.10 Повреждение на участке «ф.6 ПС «Борисовка» – R5»

5. Расчет уставок РЗиА:

Методику расчета уставок РЗиА сведем в таблицу 5:

Таблица 5. Методика расчёта уставок РЗиА

№	Параметр	Расчётное условие	Расчетные выражения	Примечание
1	$I_{\text{Rec15}}^{\text{MT31}}$	Отстройка от макс. тока нагрузки	$I_{\text{Rec35}}^{\text{MT31}} = \frac{I_{\text{н}} \cdot (1 + \varepsilon_i) \cdot k_{\text{зан}}}{k_B};$	См. Приложение 1
2		Согласование с защитами вышестоящего аппарата	$I_{\text{Rec15}}^{\text{MT31}} \leq \frac{I_{\text{BB_10кВ}}^{\text{MT3}}}{(1 + \varepsilon_i)};$	-
		Согласование с защитами нижестоящего аппарата	$I_{\text{Rec15}}^{\text{MT31}} \geq I_{\text{HB_10кВ}}^{\text{MT3}} \cdot (1 + \varepsilon_i);$	-
3		Оценка чувствительности защиты	$K_{\text{чув}} = \frac{I(2)K_{\text{н}}}{I_{\text{Rec15}}^{\text{MT31}}} \geq 1,5;$	-
4	$t_{\text{сз}}^{\text{MT31}}$	Согласование с временем срабатывания нижестоящего ком. аппарата	$t_{\text{сз}}^{\text{MT31}} \geq t_{\text{HB}}^{\text{MT31}} + \Delta t$	См. Приложение 1
5		Согласование с временем срабатывания вышестоящего ком. аппарата	$t_{\text{сз}}^{\text{MT31}} \leq t_{\text{BB}}^{\text{MT31}} - \Delta t$	
6	$t_{\text{сз}}^{\text{АПВ}}$	-	В соответствии с рекомендацией фирмы изготовителя принимается: 4с, 10 с.	-
7	$t_{\text{сз}}^{\text{ЗМН}}$	Согласование с временем срабатывания АПВ вышестоящего ком. аппарата	$t_{\text{сз}}^{\text{ЗМН}} \geq t_{\text{ср}}^{\text{BB}} + t_{\text{ср}}^{\text{АПВ BB}} + t_{\text{ср}}^{\text{МПЗ BB}} + t_{\text{ср}}^{\text{BB}} + t_{\text{сз}}^{\text{MT31 BB}} + t_{\text{ср}}^{\text{МПЗ BB}} + t_{\text{ср}}^{\text{BB}}$	См. Приложение 1
8	$t_{\text{сз}}^{\text{ЗМН}}$	Согласование действия ЗМН и АВР вышестоящего ком. аппарата	$t_{\text{сз}}^{\text{ЗМН}} \geq t_{\text{ср}}^{\text{ABP BB}} + t_{\text{зан}}$	$t_{\text{зан}}^{\text{ЗМН}} = 3 \text{ с}$
9	$t_{\text{сз}}^{\text{ABP}}$	Согласование действия АВР и ЗМН вышестоящего ком. аппарата	$t_{\text{сз}}^{\text{ABP}} \geq t_{\text{ср}}^{\text{ЗМН BB}} + t_{\text{зан}}$	$t_{\text{зан}}^{\text{ABP}} = 1 \text{ с}$
11	$I_{\text{BB}}^{\text{ТО}}$	Расчет ТО	$I_{\text{BB}}^{\text{ТО}} \geq I(3)K_{\text{н}} \cdot (1 + \varepsilon_i);$	$I(3)K_{\text{н}}$ в конце защ. участка
12		Оценка чувствительности защиты	$K_{\text{чув}} = \frac{I(3)K_{\text{н}}}{I_{\text{BB}}^{\text{ТО}}} \geq 1,2;$	$I(3)K_{\text{н}}$ в начале защ. участка

6. Карта уставок РЗиА

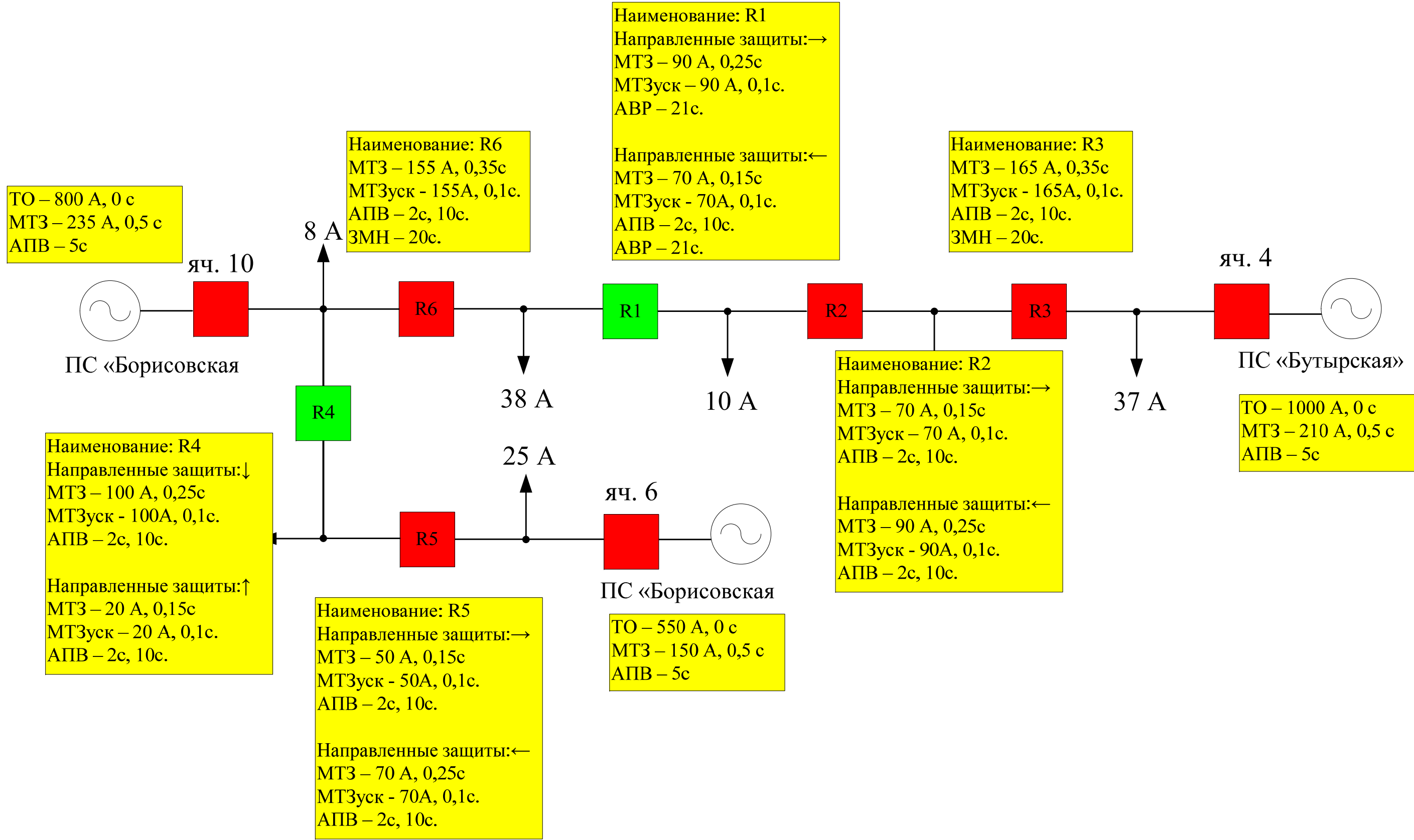


Рис. 11. Карта уставок РЗиА

Уставки РЗиА защитных аппаратов РП «Горицы» вывести. Режимы, не рассмотренные в данной пояснительной записке, запретить. Для достижения более высоких показателей надежности SAIFI и SAIDI рекомендованно заменить электромеханические устройства РЗиА защитных аппаратов рассматриваемых фидеров на микропроцорсные и реализовать на них двукратное АПВ.

7. Согласование с предохранителями

Согласование уставок МТЗ защитных аппаратов с предохранителями нижестоящих ТП произведено, используя ВТХ предохранителей с учетом положительной 20%-ной погрешности. Проведено сравнение времени работы защит и плавких вставок при минимальных значениях токов двухфазных металлических замыканий в конце защищаемого участка линии. Согласование с ВТХ предохранителей приведены на рисунках 12-14 и в таблицах 6-8.

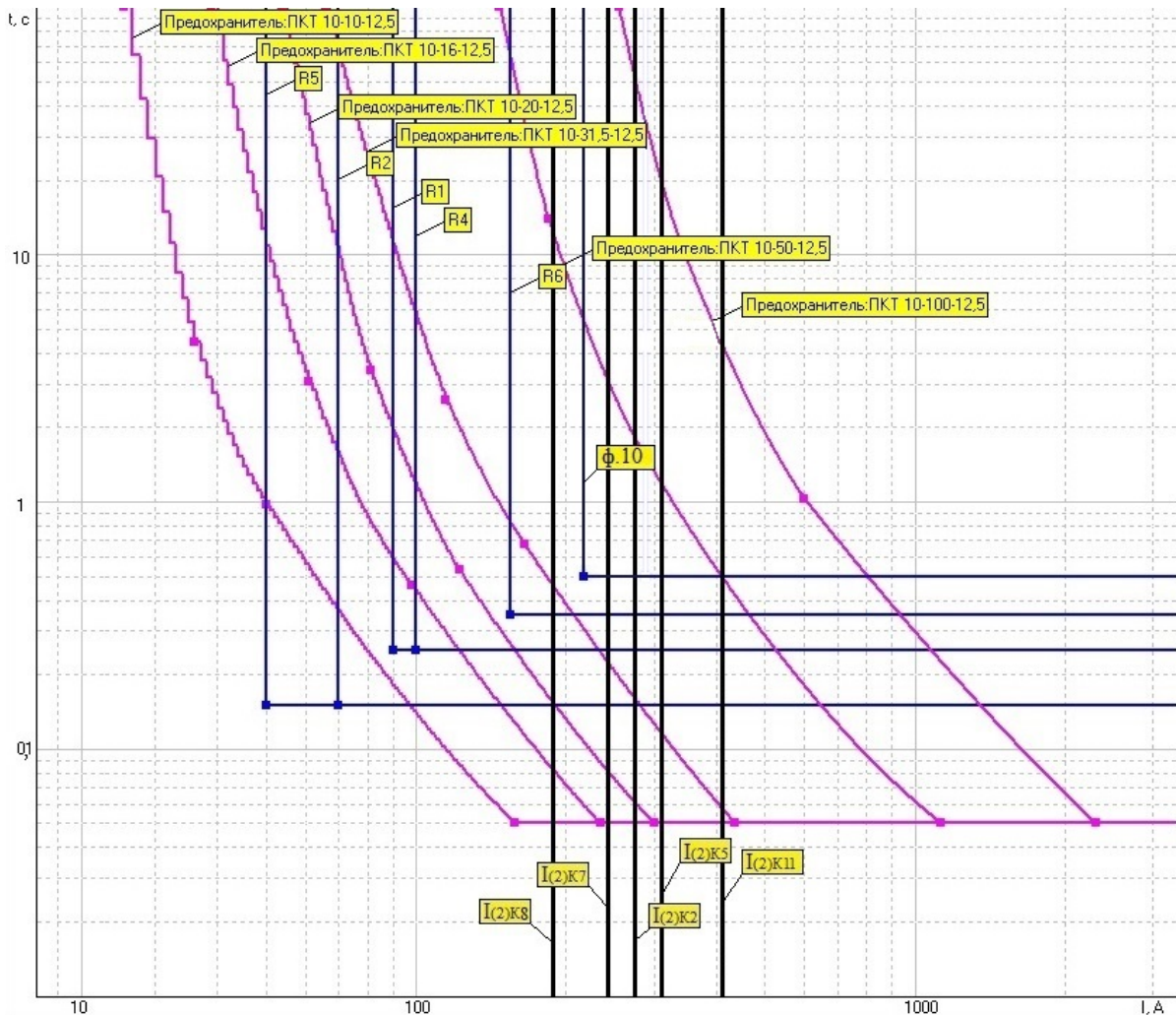


Рис. 12. Согласование с ВТХ предохранителей (Режим 1, 2)

Таблица 6. Согласование с предохранителями (Режим 1, 2)

Аппарат		Потребитель			Точка КЗ	Согласование
№	Уставки защиты	№	Тип предохранителя	$t_{пл, по \text{ рис. 12}}$		
ф.10	МТЗ=270А, 0,5с	ТП-4	ПКТ-10-50-12,5	0,5	I(2) К11	+
R6	МТЗ=155А, 0,35с	ТП-860	ПКТ-10-50-12,5	1,5	I(2) К5	-
R6	МТЗ=155А, 0,35с	ТП-818	ПКТ-10-31,5-12,5	0,17	I(2) К5	+
R2	МТЗ=70А, 0,15с	ТП-249	ПКТ-10-31,5-12,5	0,2	I(2) К7	-
R2	МТЗ=70А, 0,15с	ТП-859	ПКТ-10-20-12,5	0,08	I(2) К7	+
R4	МТЗ=100А, 0,25с	ТП-700	ПКТ-10-50-12,5	1,8	I(2) К2	-
R4	МТЗ=100А, 0,25с	ТП-841	ПКТ-10-31,5-12,5	0,15	I(2) К2	+
R5	МТЗ=50А, 0,15с	ТП-142	ПКТ-10-31,5-12,5	0,4	I(2) К8	-
R5	МТЗ=50А, 0,15с	ТП-198	ПКТ-10-20-12,5	0,15	I(2) К8	+

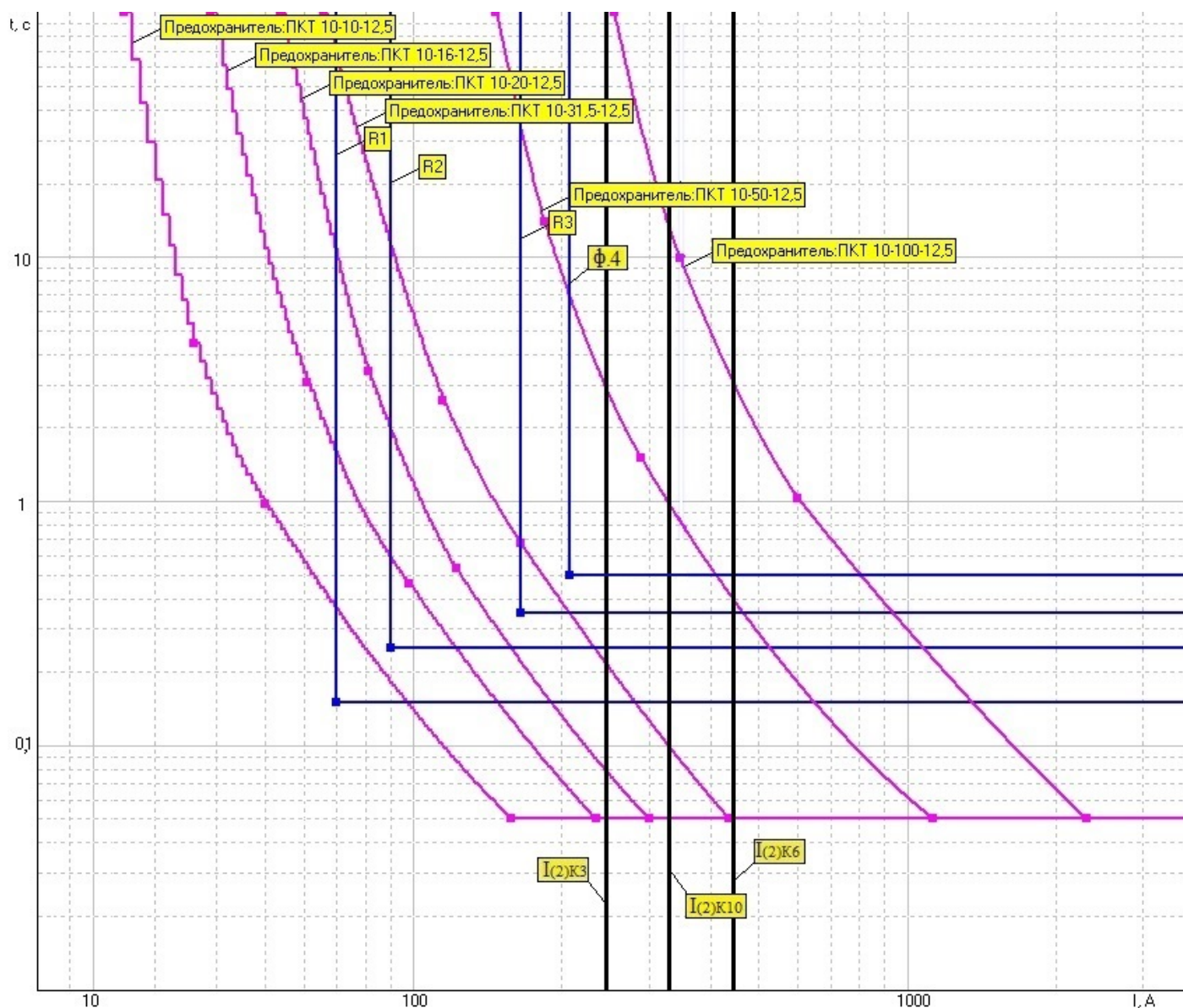


Рис. 13. Согласование с ВТХ предохранителей (Режим 3)

Таблица 7. Согласование с предохранителями (Режим 3)

Реклоузер		Потребитель			Точка КЗ	Согласование
№	Уставки защиты	№	Тип предохранителя	$t_{пл}$, по рис.13		
ф.4	MT3=210A, 0,5с	ТП-696	ПКТ-10-50-12,5	1	I(2) К10	-
ф.4	MT3=210A, 0,5с	ТП-612	ПКТ-10-31,5-12,5	0,1	I(2) К10	+
R3	MT3=155A, 0,35с	ТП-815	ПКТ-10-50-12,5	0,4	I(2) К6	-
R3	MT3=155A, 0,35с	ТП-855	ПКТ-10-31,5-12,5	0,05	I(2) К6	+
R1	MT3=70A, 0,15с	ТП-860	ПКТ-10-50-12,5	3	I(2) К3	-
R1	MT3=70A, 0,15с	ТП-814	ПКТ-10-31,5-12,5	0,2	I(2) К3	-
R1	MT3=70A, 0,15с	ТП-835	ПКТ-10-20-12,5	0,07	I(2) К3	+

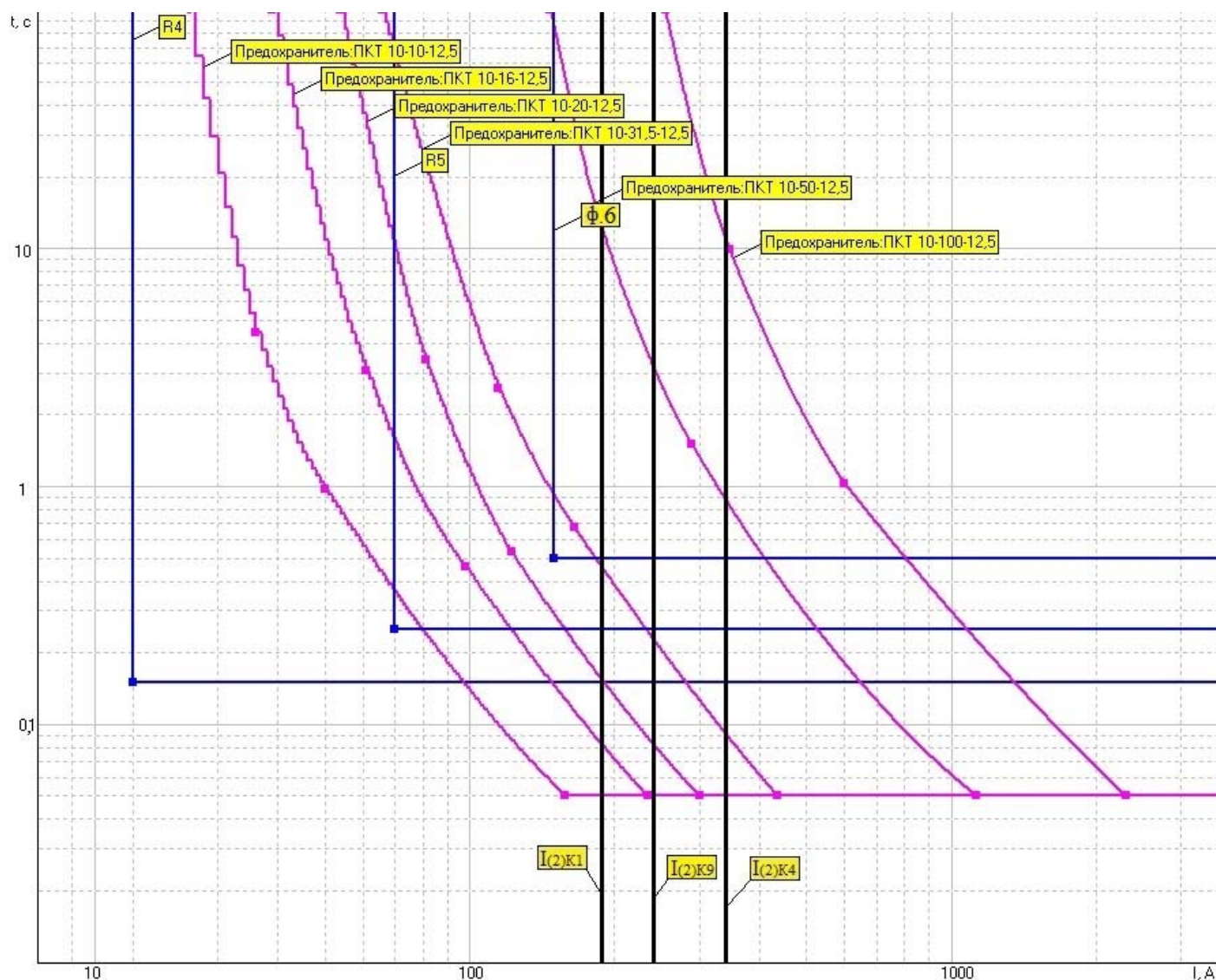


Рис. 14. Согласование с ВТХ предохранителей (Режим 4)

Таблица 8. Согласование с предохранителями (Режим 4)

Реклоузер		Потребитель			Точка КЗ	Согласование
№	Уставки защиты	№	Тип предохранителя	$t_{пл}$, по рис.14		
ф.6	MT3=150A, 0,5с	ТП-811	ПКТ-10-100-12,5	10	I(2) K4	-
ф.6	MT3=150A, 0,5с	ТП-7П	ПКТ-10-50-12,5	0,9	I(2) K4	-
ф.6	MT3=150A, 0,5с	ТП-157	ПКТ-10-31,5-12,5	0,09	I(2) K4	+
R5	MT3=70A, 0,25с	ТП-166	ПКТ-10-50-12,5	3	I(2) K9	-
R5	MT3=70A, 0,25с	ТП-820	ПКТ-10-31,5-12,5	1,3	I(2) K9	+
R4	MT3=20A, 0,15с	ТП-806	ПКТ-10-31,5-12,5	0,3	I(2) K1	-
R4	MT3=20A, 0,15с	ТП-825	ПКТ-10-16-12,5	0,08	I(2) K1	+

Вывод: На рассматриваемых фидерах обеспечивается селективная отстройка МТЗ защитных аппаратов с предохранителями нижестоящих ТП с номинальным током до 50 А в нормальном режиме и до 31,5 А в послеаварийных режимах.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

ТАБЛИЦЫ ВЫБОРА КОЭФФИЦИЕНТОВ

Таблица 1. Относительные погрешности измерения тока для расчетов

	Коммутационный аппарат	ε_1
1	Rec15, SP15, Rec35	0,05
2	Выключатель, управляемый внешней МПЗ	0,13
3	Выключатель, управляемый внешним реле	0,15
4	Предохранитель, аппарат 0,4 кВ	0

Таблица 2. коэффициенты возврата защиты

№	Параметр	Обозначение	Коэффициент
1	коэффициент возврата защиты реклоузера	k_B	0,95
2	коэффициент возврата защиты ЭМ реле	k_B	0,8

Таблица 3. Минимальные время отстройки по времени (Δt)

B2	B1				
	РТ40+ЭВ,РВ	РТ-80 или РТВ	МПЗ	Rec15	Rec35, SP15
РТ40+ЭВ,РВ	0,22	0,20	0,21	0,20	0,21
РТ-80 или РТВ	0,41	0,39	0,41	0,40	0,40
МПЗ	0,16	0,14	0,16	0,15	0,15
Rec15	0,15	0,13	0,15	0,10	0,10
Rec35, SP15	0,15	0,13	0,14	0,09	0,10

Таблица 4. Времена отключения аппаратов

№	Тип аппарата	totкл
1	Rec35, SP15, CB15_LD8, CB15_Shell2	0,021
2	CB15_LD1, Rec15	0,027
3	Выключатели 10-35 кВ	0,060
4	Масляные выключатели 10 кВ	0,1
5	Предохранитель, аппарат 0,4 кВ	0,030

Таблица 5. Выбор коэффициента самозапуска

№	Параметр	Обозначение	Коэффициент
1	При отсутствии в составе нагрузки электродвигателей 6(10) кВ	$k_{зан}$	1,1 ÷ 1,3
2	при времени срабатывания МТЗ более 0,3 с	$k_{зан}$	1,1 ÷ 1,3
3	При расчетах уставок МТЗ для сельских сетей	$k_{зан}$	1,8

Таблица 6. Временные параметры реле

	Параметр	Обозначение	Значение, с				
			РТ40+ЭВ, РВ	РТ-8X, РТ-9X или РТВ	МПЗ	RC_5 (Rec15)	CM_15 (SP15, Rec35)
1	Минимальное t_{cp} токового защитного элемента	$t_{рт_min}$	0	0	0,005	0,005	0,001
2	Максимальное t_{cp} токового защитного элемента для кратности $I/I_{cp}=1,2$	$t_{рт_max}$	0,1	0,1	0,045	0,045	0,045