

# Внедрение расчетно-аналитических приложений ПТК СК-11 – расчет установившегося режима, расчет ТКЗ

СОКОЛОВ ДМИТРИЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ  
ЕВГЕНЬЕВ ЕВГЕНИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

### Данные

- ✓ Параметры эквивалентных внешних связей
- ✓ Параметры генераторов станций
- ✓ Параметры ЛЭП с учетом геометрии линий
- ✓ Текущее положение РПН по трансформаторам и автотрансформаторам
- ✓ Нагрузки активной и реактивной мощности по данным замерного дня
- ✓ Данные по телеизмерениям и телеуправлению
- ✓ Данные интеллектуальных приборов учета

### Данные

- ✓ Топология сети 0,4-500 кВ
- ✓ Паспортные данные силового и вспомогательного оборудования
- ✓ Нормальные схемы подстанций





## Расчетные приложения (TNA-терминал)

### РАСЧЕТ УР

Расчет установившегося режима и анализ режимов электрической сети

### РАСЧЕТ ТКЗ

Расчет токов КЗ в интерактивном режиме



### ОТКЛЮЧЕНИЕ

Проверка отключающей способности коммутационных аппаратов

### СТОЙКОСТЬ

Проверка термической и электродинамической стойкости проводников

### УСТАВКИ

Расчет уставок токовых защит (ТО, МТЗ)

### ОМП

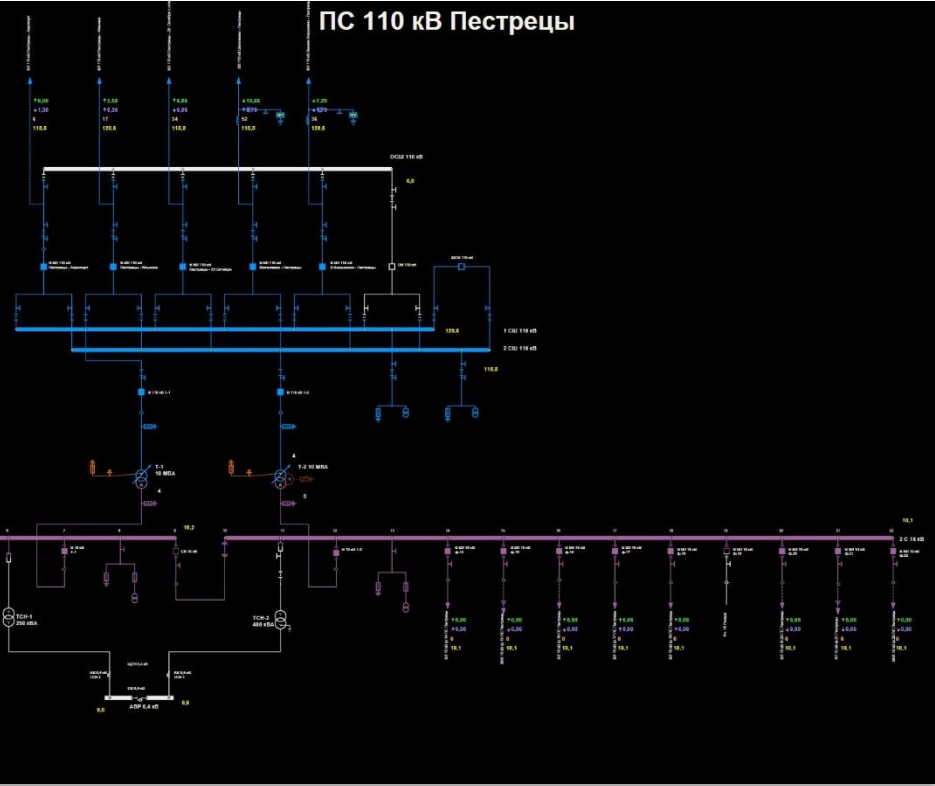
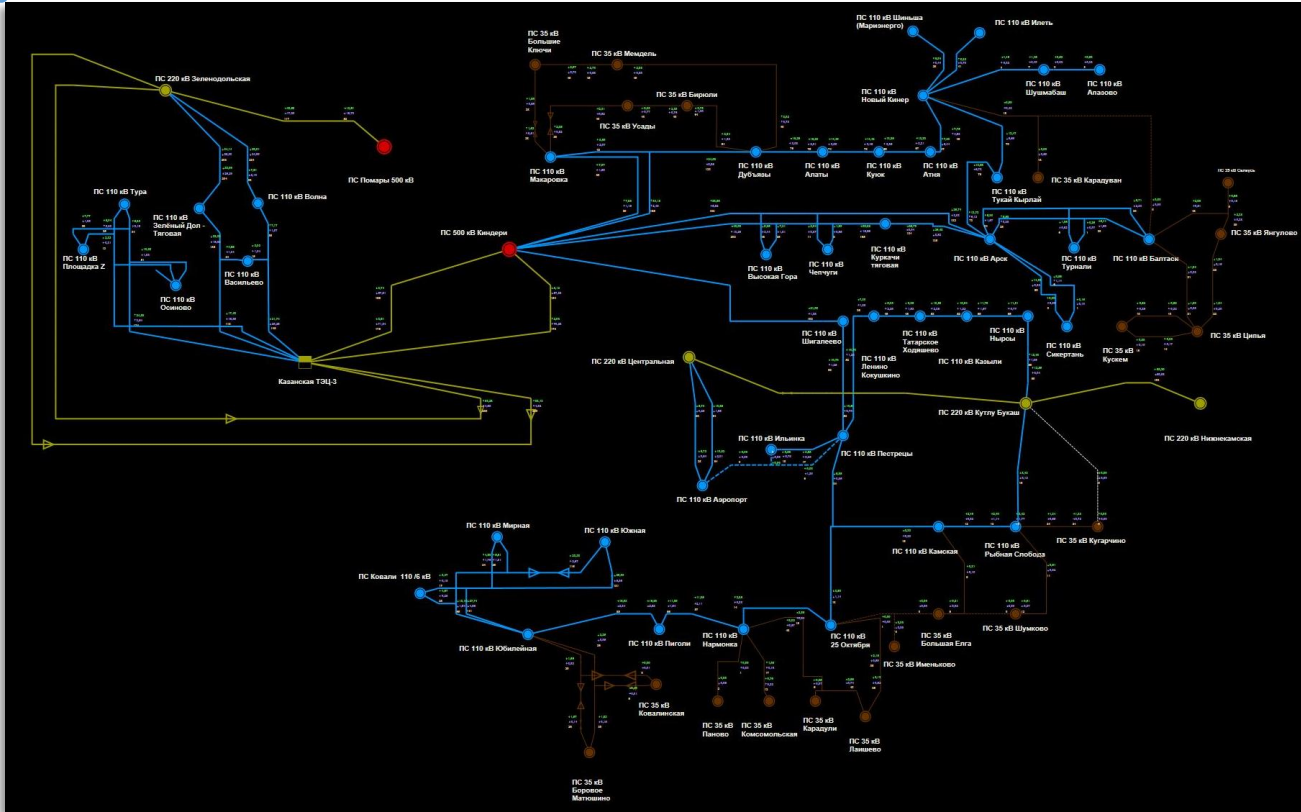
Определение места повреждения



Сетевая  
Компания

# РАСЧЕТ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ В ПТК СК-11 (НОРМАЛЬНЫЕ СХЕМЫ СЕТИ)

## Нормальная однолинейная схема сети

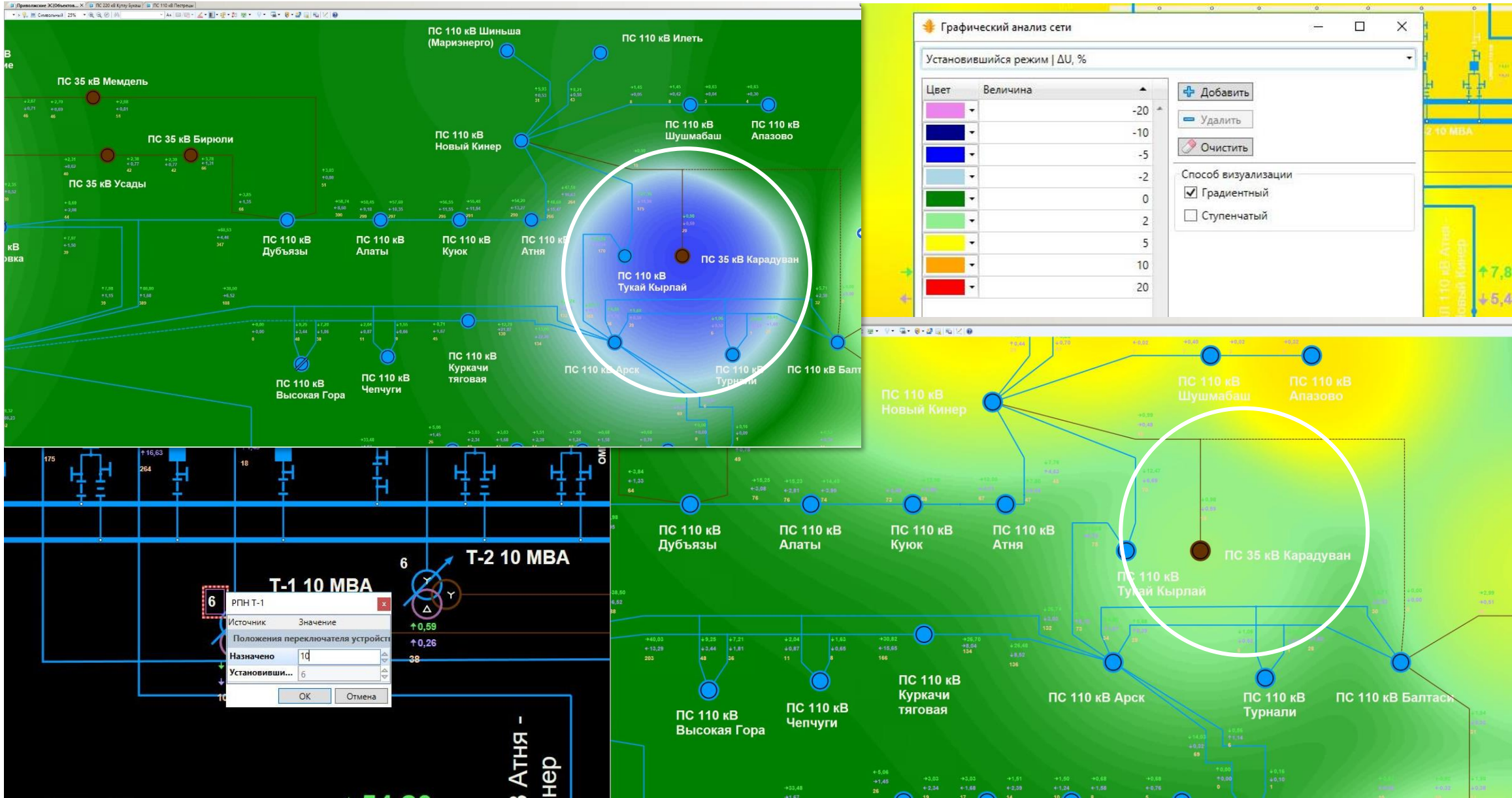


## Нормальная однолинейная схема подстанции



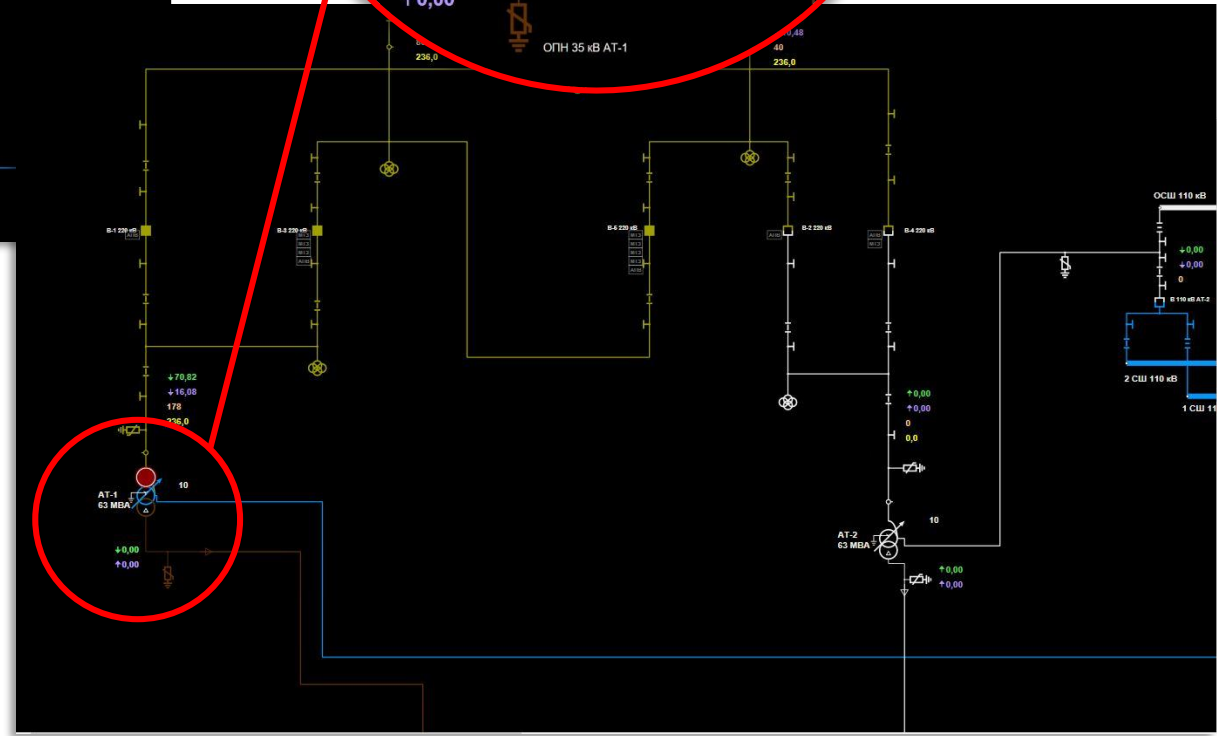
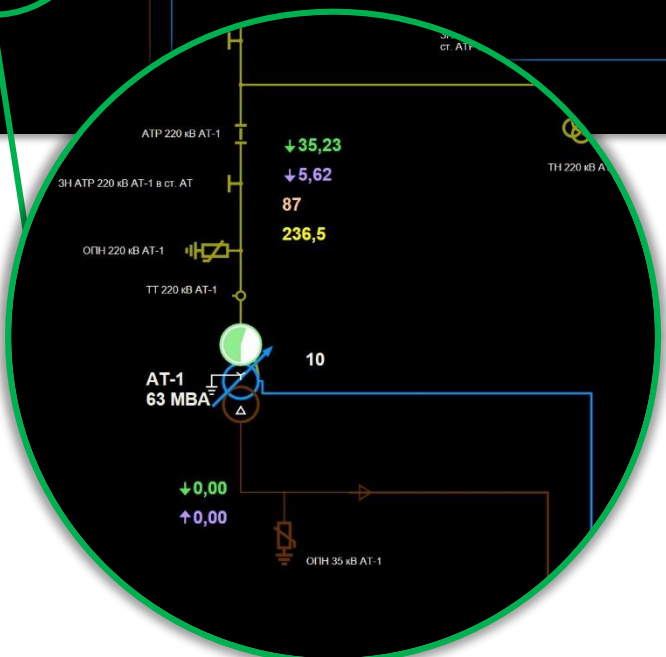
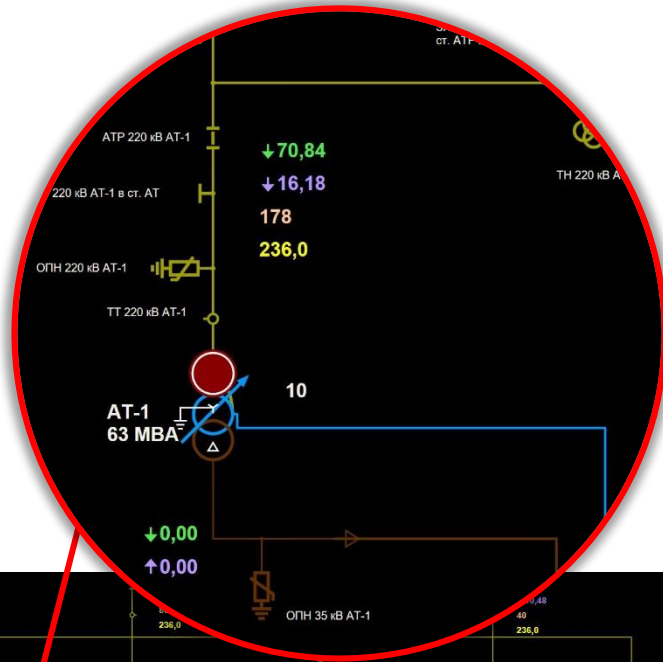
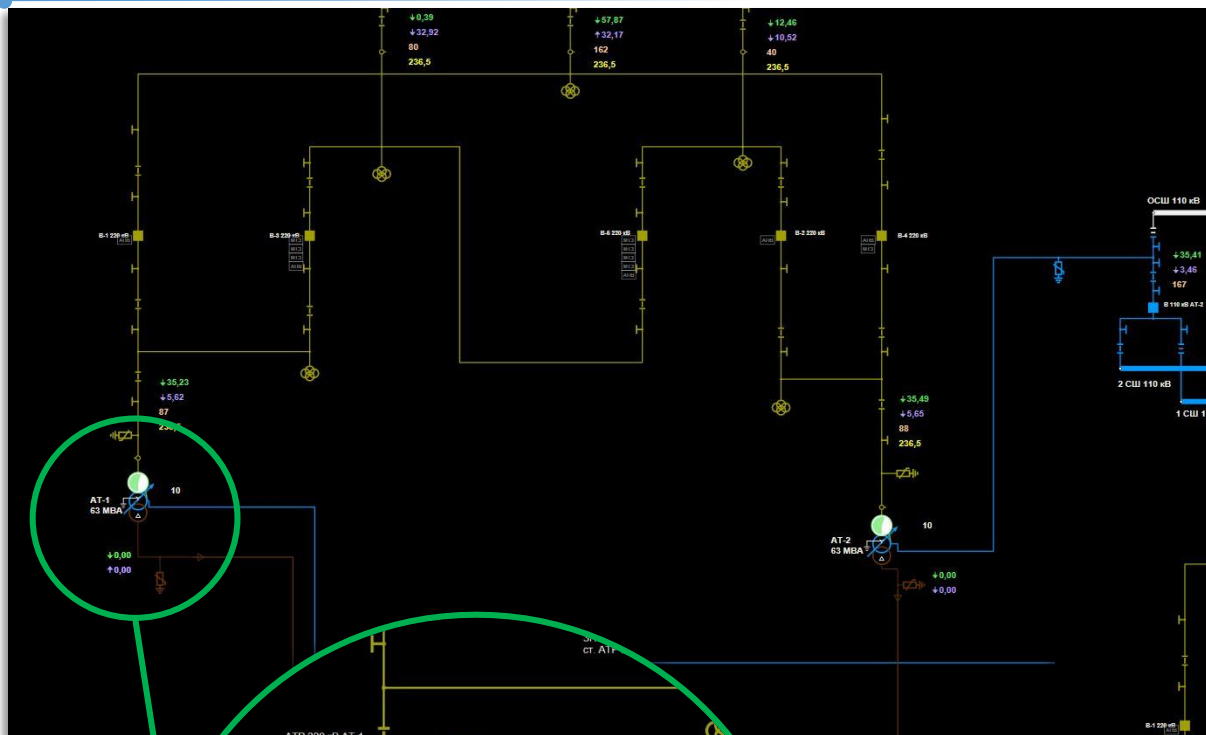
Сетевая  
Компания

# РАСЧЕТ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ В ПТК СК-11 (КОНТРОЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ)





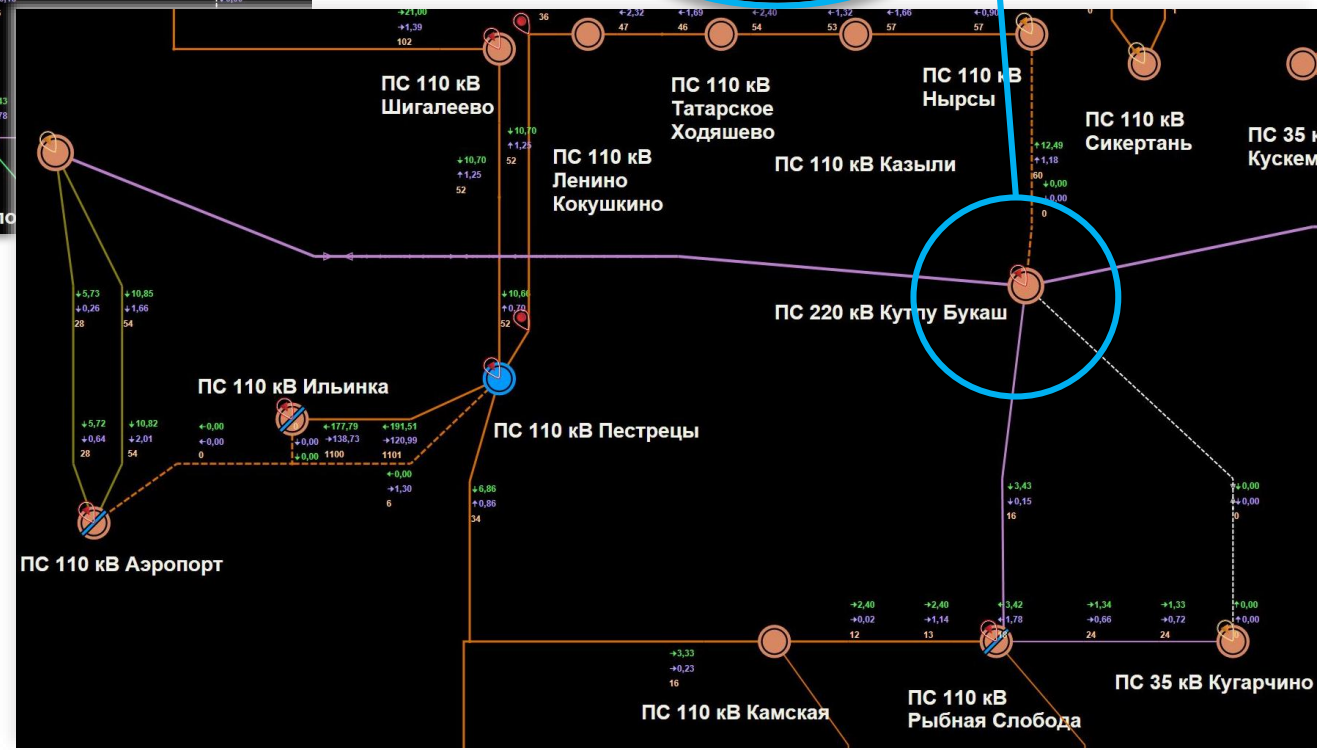
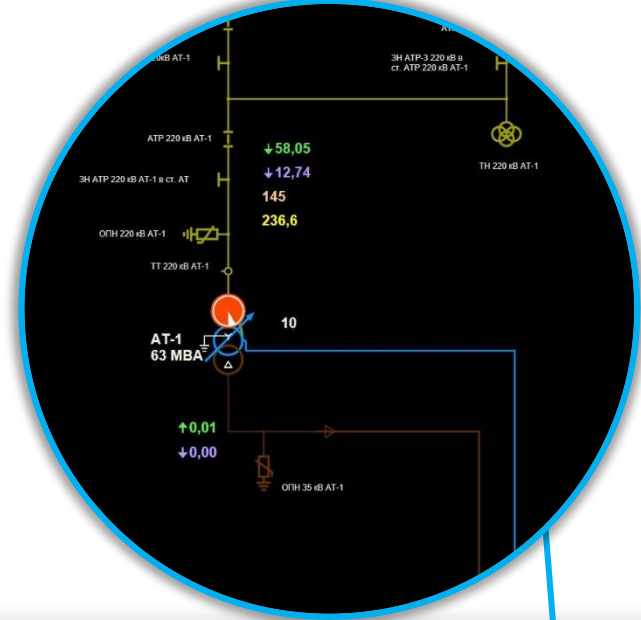
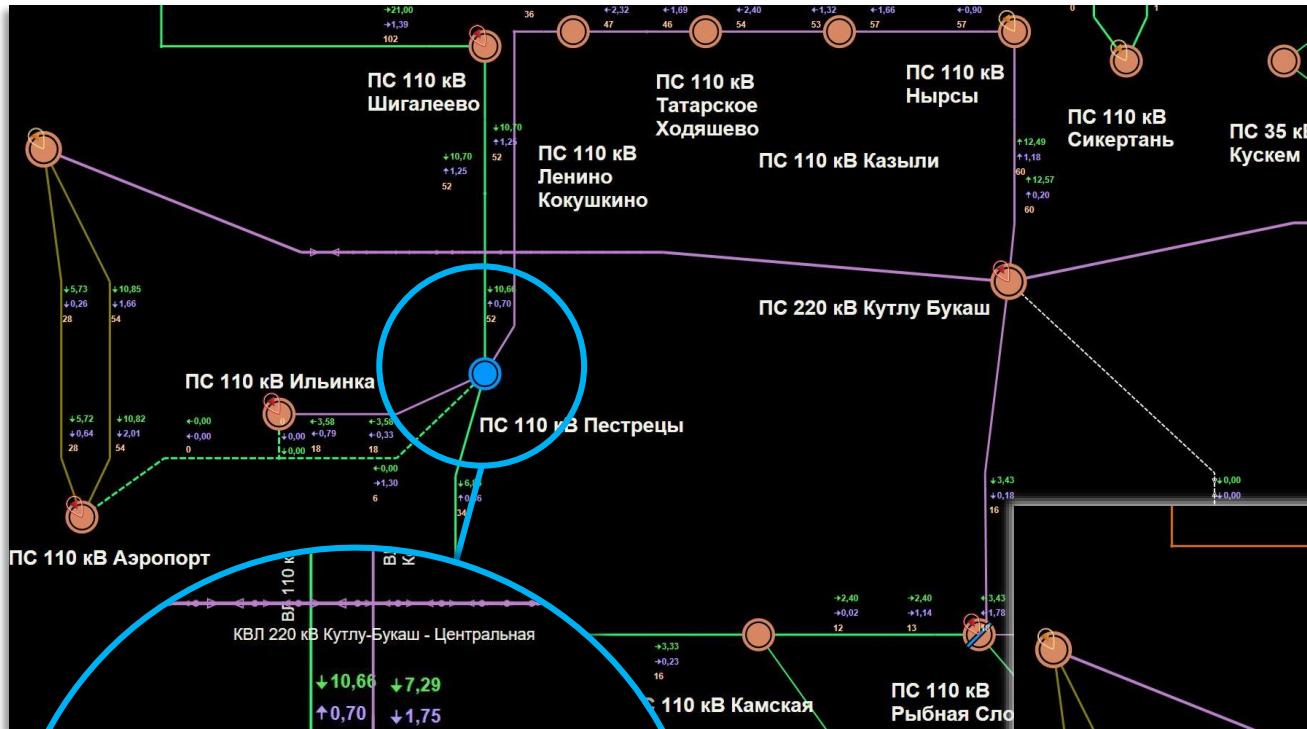
# РАСЧЕТ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ В ПТК СК-11 (КОНТРОЛЬ ТОКА)



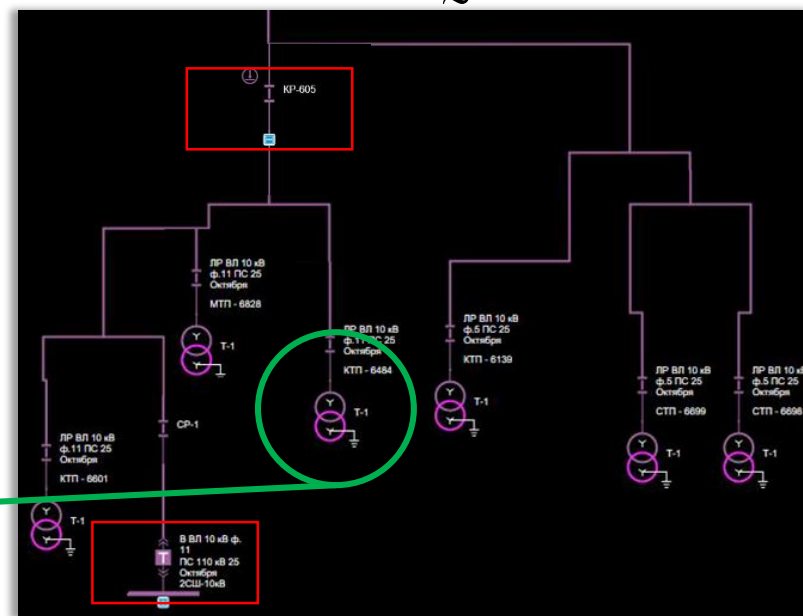
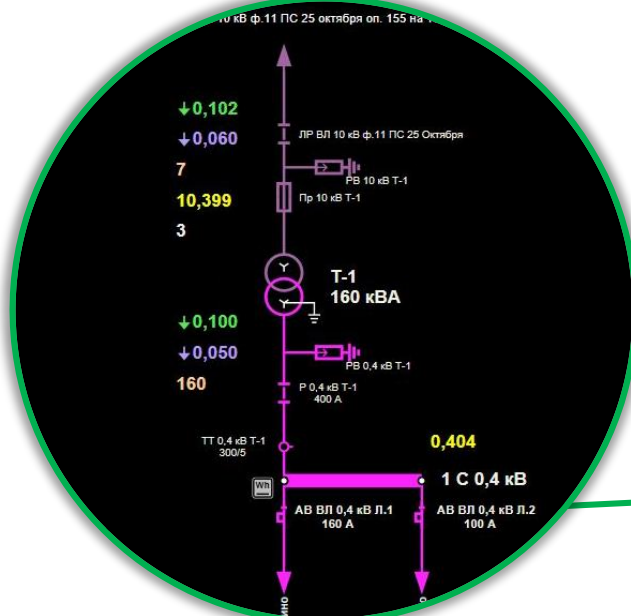
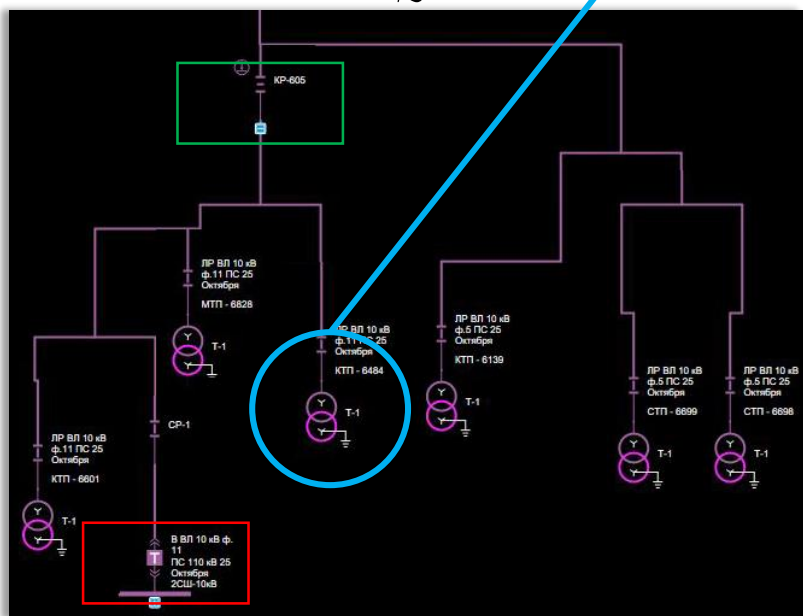
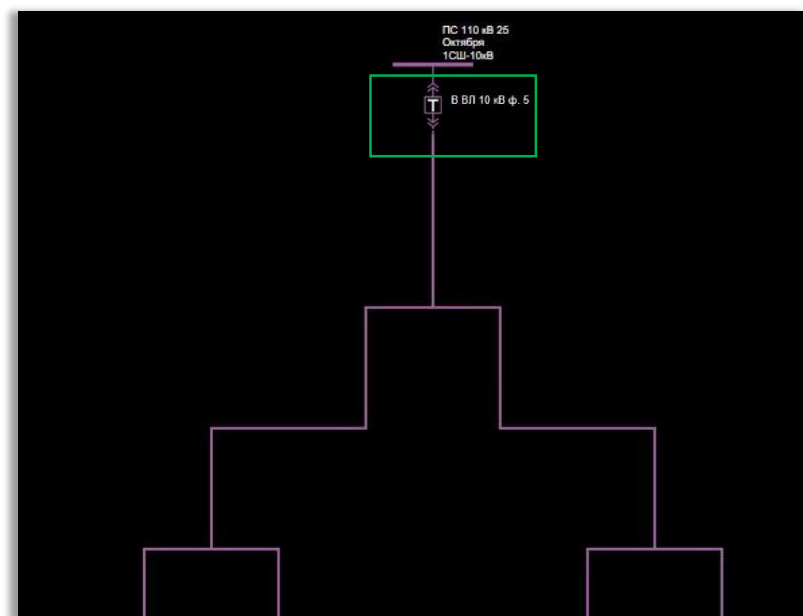
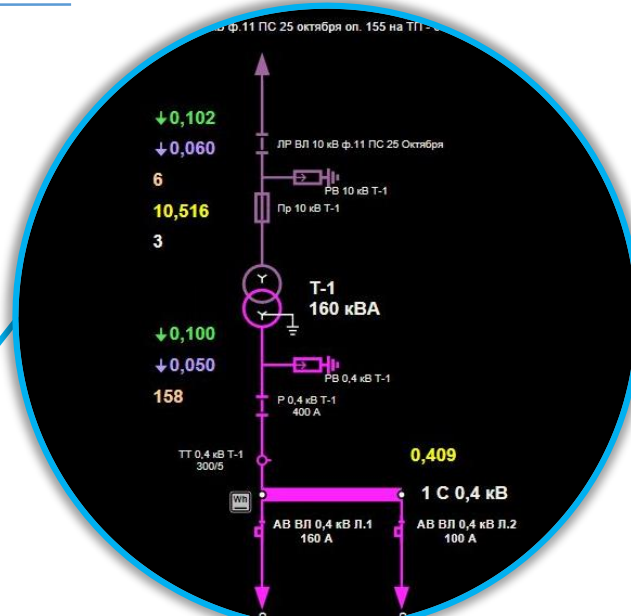
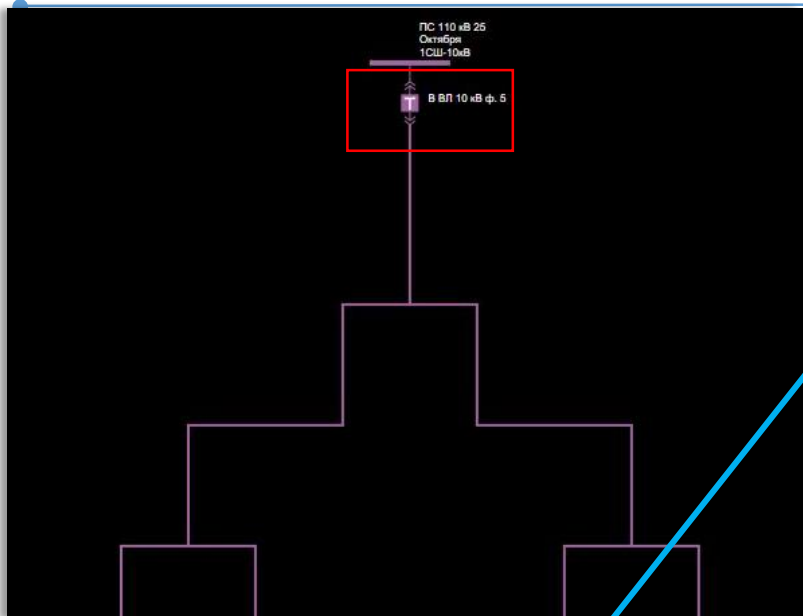


Сетевая  
Компания

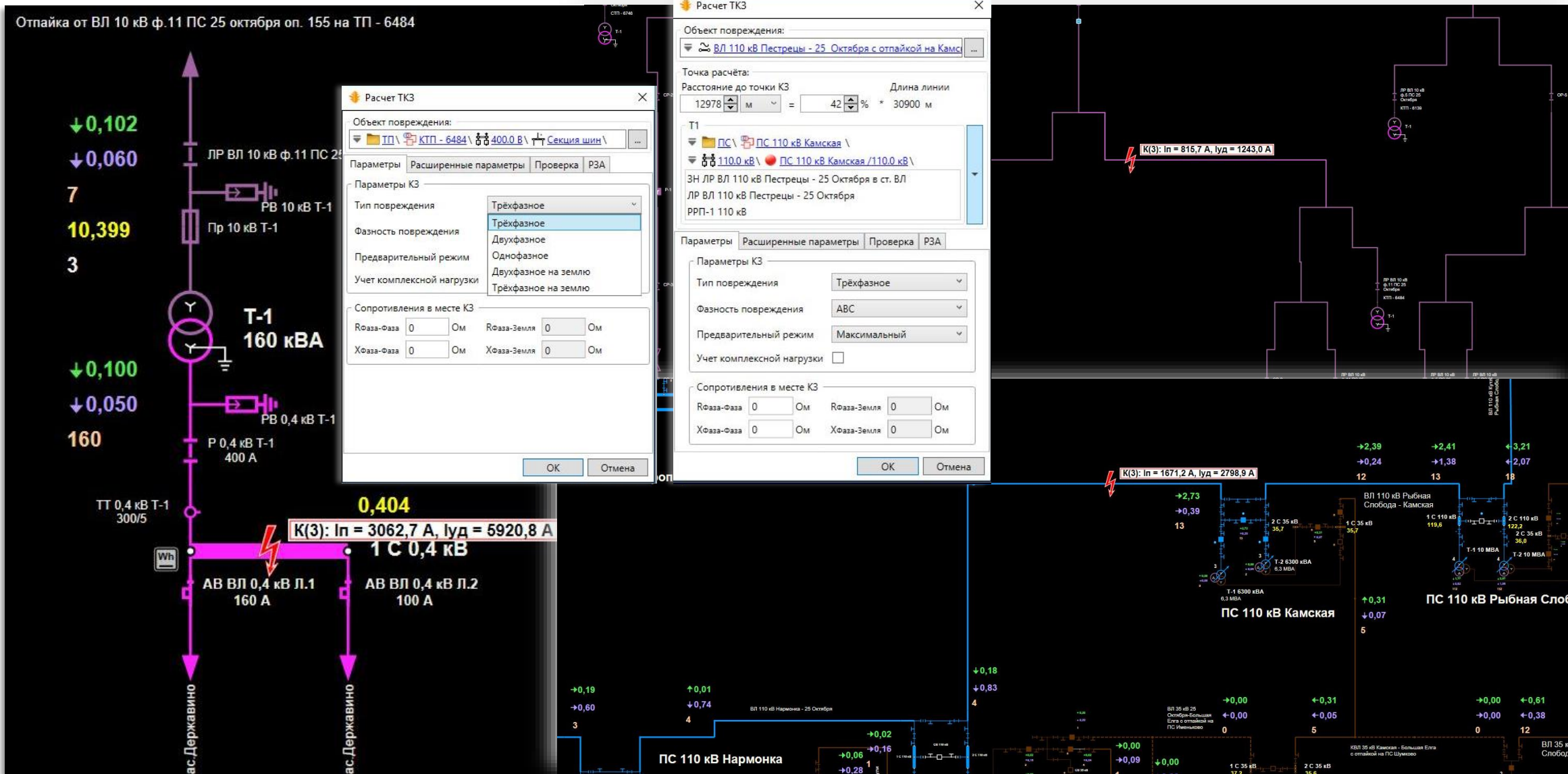
# РАСЧЕТ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ В ПТК СК-11 (КОНТРОЛЬ ТОКА)



# РАСЧЕТ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ В ПТК СК-11 (РАСЧЕТЫ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 6-10 кВ)









Сетевая  
Компания

# РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ПТК СК-11 (СЕРИЙНЫЙ РАСЧЕТ)

Привольские ЭС(Объектовый) | Пользовательские\Перечень... | ПС 35 кВ Боровое Матушино | ПС 110 кВ 25 Октября | ТП - 6484 | Нагрузки\Установившийся ре...

Текущие расчёты:  
Новый расчет

Выбор места повреждения  
По типу

Точки повреждения  
Шины

Класс напряжения  0  3,15  10,5  18  27,5  110  400  
 0,22  6  11  20  35  150  500  
 0,23  6,3  13,8  21  60  220  750  
 0,4  6,6  15  22  66  330  1150  
 3  10  15,75  24  87  400

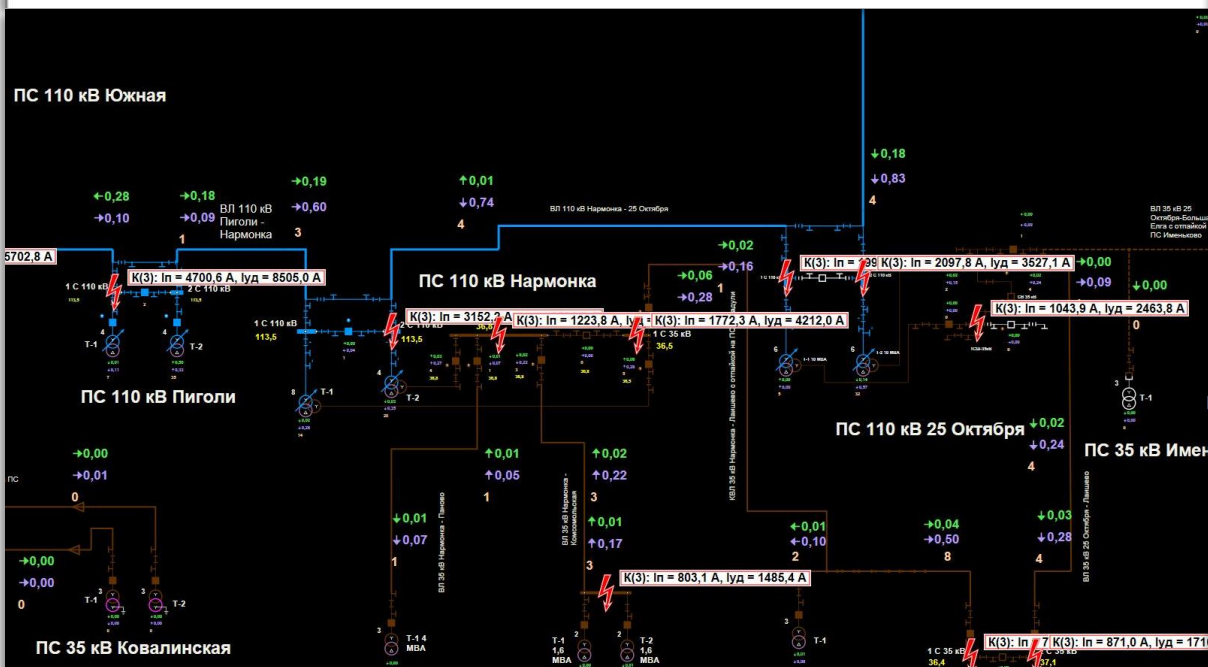
Параметры КЗ  
Тип повреждения: **Трёхфазное**  
Фазность повреждения: **ABC**  
Предварительный режим: **Максимальный**  
Учет комплексной нагрузки:

Сопротивления в месте КЗ  
Rфаза-фаза: 0 Ом Rфаза-Земля: 0 Ом  
Xфаза-фаза: 0 Ом Xфаза-Земля: 0 Ом

Поместите сюда заголовки колонок для группировки по этой колонке

Выход	Полос	I1, кА	угол I1, град	I2, кА	угол I2, град	I0, кА	угол I0, град	Ia, кА	угол Ia, град	Ib, кА	угол Ib, град	Ic, кА	угол Ic, град
1		10,798	-64,5	0,000	0,0	0,000	0,0	10,798	-64,5	10,798	175,5	10,798	55,5
2		8,646	-71,3	0,000	0,0	0,000	0,0	8,646	-71,3	8,646	168,7	8,646	48,7
3		14,858	-61,8	0,000	0,0	0,000	0,0	14,858	-61,8	14,858	178,2	14,858	58,2
4		14,964	-61,5	0,000	0,0	0,000	0,0	14,964	-61,5	14,964	178,5	14,964	58,5
5		8,435	-55,0	0,000	0,0	0,000	0,0	8,435	-55,0	8,435	-175,0	8,435	65,0
6		8,412	-54,9	0,000	0,0	0,000	0,0	8,412	-54,9	8,412	-174,9	8,412	65,1
7		8,117	-53,9	0,000	0,0	0,000	0,0	8,117	-53,9	8,117	-173,9	8,117	66,1
8		8,139	-54,0	0,000	0,0	0,000	0,0	8,139	-54,0	8,139	-174,0	8,139	66,0
9		9,305	-57,7	0,000	0,0	0,000	0,0	9,305	-57,7	9,305	-177,7	9,305	62,3
10		9,287	-57,7	0,000	0,0	0,000	0,0	9,287	-57,7	9,287	-177,7	9,287	62,3
11		8,253	-58,4	0,000	0,0	0,000	0,0	8,253	-58,4	8,253	-178,4	8,253	61,6
12		8,238	-58,3	0,000	0,0	0,000	0,0	8,238	-58,3	8,238	-178,3	8,238	61,7
13		8,163	-57,0	0,000	0,0	0,000	0,0	8,163	-57,0	8,163	-177,0	8,163	63,0
14		7,330	-57,6	0,000	0,0	0,000	0,0	7,330	-57,6	7,330	-177,6	7,330	62,4
15		7,678	-67,6	0,000	0,0	0,000	0,0	7,678	-67,6	7,678	172,4	7,678	52,4
16		7,709	-67,8	0,000	0,0	0,000	0,0	7,709	-67,8	7,709	172,2	7,709	52,2
17		9,345	-62,2	0,000	0,0	0,000	0,0	9,345	-62,2	9,345	177,8	9,345	57,8
18		9,394	-62,4	0,000	0,0	0,000	0,0	9,394	-62,4	9,394	177,6	9,394	57,6
19		5,200	-30,5	0,000	0,0	0,000	0,0	5,200	-30,5	5,200	-150,5	5,200	89,5
20		3,776	-30,7	0,000	0,0	0,000	0,0	3,776	-30,7	3,776	-150,7	3,776	89,3
21		4,342	-52,9	0,000	0,0	0,000	0,0	4,342	-52,9	4,342	-172,9	4,342	67,1
22		14,933	-61,5	0,000	0,0	0,000	0,0	14,933	-61,5	14,933	178,5	14,933	58,5
23		14,791	-61,6	0,000	0,0	0,000	0,0	14,791	-61,6	14,791	178,4	14,791	58,4
24		14,857	-61,7	0,000	0,0	0,000	0,0	14,857	-61,7	14,857	178,3	14,857	58,3
25		14,866	-61,3	0,000	0,0	0,000	0,0	14,866	-61,3	14,866	178,7	14,866	58,7
26		8,402	-77,3	0,000	0,0	0,000	0,0	8,402	-77,3	8,402	162,7	8,402	42,7
27		8,402	-77,3	0,000	0,0	0,000	0,0	8,402	-77,3	8,402	162,7	8,402	42,7
28		8,000	-57,3	0,000	0,0	0,000	0,0	8,000	-57,3	8,000	-177,3	8,000	62,7
29		3,246	-67,4	0,000	0,0	0,000	0,0	3,246	-67,4	3,246	172,6	3,246	52,6
30		3,629	-67,1	0,000	0,0	0,000	0,0	3,629	-67,1	3,629	172,9	3,629	52,9
31		2,276	-47,4	0,000	0,0	0,000	0,0	2,276	-47,4	2,276	-167,4	2,276	72,6
32		2,306	-47,2	0,000	0,0	0,000	0,0	2,306	-47,2	2,306	-167,2	2,306	72,8
33		3,943	-63,6	0,000	0,0	0,000	0,0	3,943	-63,6	3,943	176,4	3,943	56,4
34		8,152	-68,5	0,000	0,0	0,000	0,0	8,152	-68,5	8,152	171,5	8,152	51,5
35		6,638	-43,5	0,000	0,0	0,000	0,0	6,638	-43,5	6,638	-163,5	6,638	76,5
36		7,866	-69,1	0,000	0,0	0,000	0,0	7,866	-69,1	7,866	170,9	7,866	50,9
37		2,949	-48,6	0,000	0,0	0,000	0,0	2,949	-48,6	2,949	-168,6	2,949	71,4
38		2,128	-52,8	0,000	0,0	0,000	0,0	2,128	-52,8	2,128	-172,8	2,128	67,2
39		9,780	-70,4	0,000	0,0	0,000	0,0	9,780	-70,4	9,780	169,6	9,780	49,6
40		5,585	-60,3	0,000	0,0	0,000	0,0	5,585	-60,3	5,585	179,7	5,585	59,7
41		4,251	-58,5	0,000	0,0	0,000	0,0	4,251	-58,5	4,251	-178,5	4,251	61,5
42		5,107	-60,9	0,000	0,0	0,000	0,0	5,107	-60,9	5,107	179,1	5,107	59,1
43		6,770	-61,5	0,000	0,0	0,000	0,0	6,770	-61,5	6,770	178,5	6,770	58,5
44		6,066	-59,0	0,000	0,0	0,000	0,0	6,066	-59,0	6,066	-179,0	6,066	61,0
45		11,786	-65,5	0,000	0,0	0,000	0,0	11,786	-65,5	11,786	174,5	11,786	54,5
46		10,151	-65,3	0,000	0,0	0,000	0,0	10,151	-65,3	10,151	174,7	10,151	54,7
47		6,803	-56,2	0,000	0,0	0,000	0,0	6,803	-56,2	6,803	-176,2	6,803	63,8
48		6,333	-55,7	0,000	0,0	0,000	0,0	6,333	-55,7	6,333	-175,7	6,333	64,3
49		6,026	-54,3	0,000	0,0	0,000	0,0	6,026	-54,3	6,026	-174,3	6,026	65,7
50		6,455	-54,7	0,000	0,0	0,000	0,0	6,455	-54,7	6,455	-174,7	6,455	65,3
51		12,462	-67,2	0,000	0,0	0,000	0,0	12,462	-67,2	12,462	172,8	12,462	52,8
52		14,514	-67,1	0,000	0,0	0,000	0,0	14,514	-67,1	14,514	172,9	14,514	52,9
53		8,431	-41,2	0,000	0,0	0,000	0,0	8,431	-41,2	8,431	-161,2	8,431	78,8
54		8,230	-40,6	0,000	0,0	0,000	0,0	8,230	-40,6	8,230	-160,6	8,230	80,6

## Выбор типов оборудования



## Результаты расчетов ТКЗ на схеме

## Результаты расчетов ТКЗ в таблице



# РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ПТК СК-11 (ПРОВЕРКА КОММУТАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ)

Расчет ТКЗ

Объект повреждения:  
 ПС 110 кВ Пестрецы \ 110.0 кВ \ 2 СШ 110 кВ

Параметры | Расширенные параметры | Проверка | РЗА

Контроль

Отклонение параметра от предела: 100

Коммутационная способность  
 Время действия основной защиты: 2

Электродинамическая стойкость

Термическая стойкость  
 Время устранения: 0.5

Начальная температура: 70

Расчет параметров переносных заземлений  
 время выдержки основной релейной защиты: 2

PS 110 кВ Пестрецы

К(3):  $I_n = 3607,8 \text{ A}$ ,  $I_{уд} = 6144,9 \text{ A}$

Группа ПС

Наименование аппарата	Ифакт, А	Ипред, А	Idоп, А	t <sub>с</sub> собств., с	Серьезность нарушения
Группа ПС: ПС (Кол-во=4)					
ПС: ПС 110 кВ Пестрецы (Кол-во=4)					
РУ: 110.0 кВ (Кол-во=4)					
1 В 110 кВ Т-2	3607	25000	25000,0000	0,035	
2 В ВЛ 110 кВ Пестрецы - 25 ...	3607	20000	20000,0000	0,060	
3 В ВЛ 110 кВ Пестрецы - Аэр...	3607	25000	25000,0000	0,035	
4 В ВЛ 110 кВ Шигалево - Пе...	3607	20000	20000,0000	0,060	

Строк: 4

Результаты проверки отключающей способности выключателей

Группа ПС

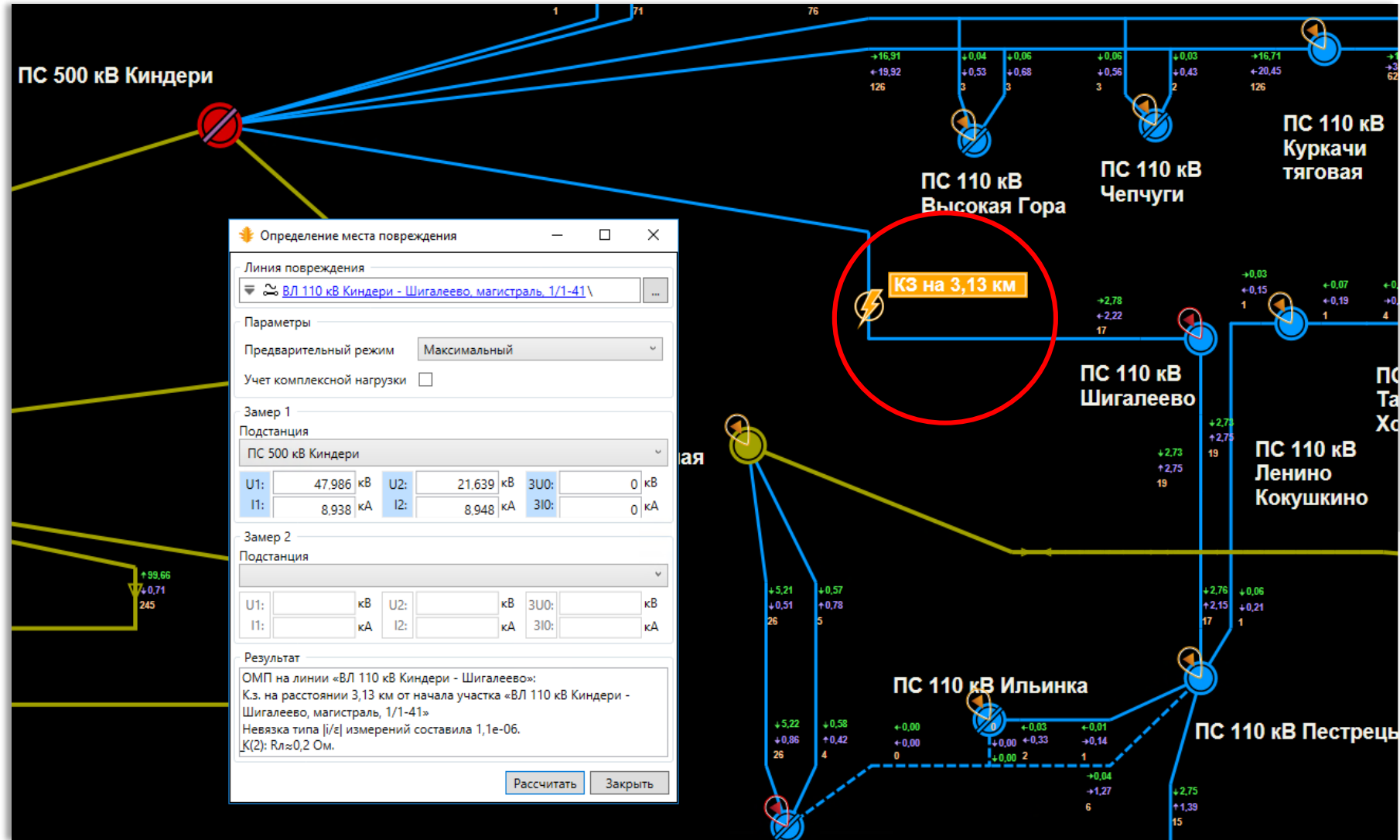
Наименование аппарата	Ифакт, А	Ипред, А	Idоп, А	t <sub>с</sub> собств., с	Серьезность нарушения
Группа ПС: ПС (Кол-во=4)					
ПС: ПС 110 кВ Пестрецы (Кол-во=4)					
РУ: 110.0 кВ (Кол-во=4)					
1 В 110 кВ Т-2	3607	25000	25000,0000	0,035	
2 В ВЛ 110 кВ Пестрецы - 25 Октября	3607	2000	2000,0000	0,060	Нарушение ограничения
3 В ВЛ 110 кВ Пестрецы - Аэропорт	3607	25000	25000,0000	0,035	
4 В ВЛ 110 кВ Шигалево - Пестрецы	3607	20000	20000,0000	0,060	

Строк: 4

Имитация нарушения отключающей способности выключателей



# РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ПТК СК-11 (ОМП ПО ПАРАМЕТРАМ АВАРИЙНОГО ПРОЦЕССА)

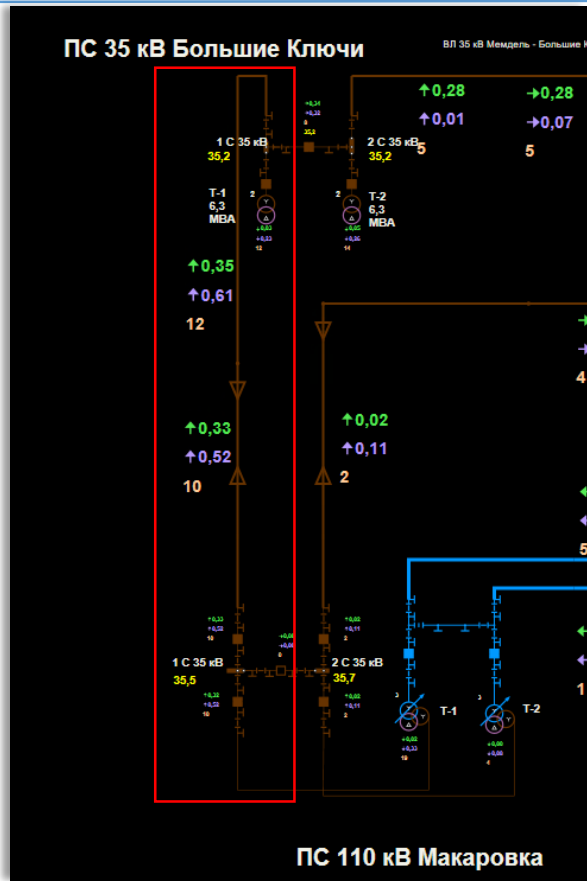


По параметрам аварийного процесса, зафиксированным со стороны ПС 500 кВ Киндери, выполнен расчёт ОМП на ВЛ 110 кВ Киндери – Шигалево



Сетевая  
Компания

# РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ПТК СК-11 (РАСЧЕТ УСТАВОК ТОКОВЫХ ЗАЩИТ) ТОКОВАЯ ОТСЕЧКА (ТО), МАКСИМАЛЬНАЯ ТОКОВАЯ ЗАЩИТА (МТЗ)



Расчёт токов КЗ

Для\_расчета\_уставок\_РЗА ВЛ 35 кВ Макаровка-Б.Ключи

Оборудование	I <sup>(3)</sup> макс, кА	I <sup>(3)</sup> мин, кА	I <sup>(2)</sup> мин, кА
2 С 35 кВ Зеленодольский/ПС 35 кВ Большие Ключи/35.00 кВ	0,97	0,97	0,84
1 С 35 кВ Высокогорский/ПС/ПС 110 кВ Макаровка/35.00 кВ	3,14	3,11	2,69
ШР 1 С 35 кВ Т-1/Т1 Высокогорский/ПС/ПС 35 кВ Мемдель/35.00 кВ/РУ-35	0,68	0,68	0,59

Расчёт уставок токовых защит

РЗА ВЛ 35 кВ Макаровка-Б.Ключи

Устройство защиты	Тип защиты	ТТ	Параметры для отстройки		Уставки		Чувствительность								
			Токи	Коэффициенты	Расчётные	Принятые	Токи	кч							
ПС 110 кВ Макаровка - МТЗ ВЛ 35 кВ Макаровка- ТО ВЛ 35 кВ Макаровка-Б	МТО	ктт	40	И <sub>гр</sub> , А	0	к <sub>отс</sub>	0	И <sub>сз</sub> , А	1260	И <sub>сз</sub> , А	2690	кч	2,13		
				И <sub>сз</sub> , А	970	к <sub>н</sub>	1,3	И <sub>сз</sub> , А	1261	t <sub>сз</sub> , с	0,1	И <sub>сз</sub> втор, А	31,500		
				Фазы	ABC			И <sub>сз</sub> втор, А	BTX						
ПС 110 кВ Макаровка - МТЗ ВЛ 35 кВ Макаровка- МТЗ ВЛ 35 кВ Макаровка-	МТЗ	ктт	40	И <sub>гр</sub> , А	260,63	к <sub>н</sub>	1,2	И <sub>сз</sub> , А	552	И <sub>сз</sub> , А	550	И <sub>сз</sub> очн, А	840	кч очн	1,53
				И <sub>сз</sub> , А		к <sub>сз</sub>	1,5	t <sub>сз</sub> , с	0,5	И <sub>сз</sub> рез, А	680	кч рез	1,24		
				Фазы	ABC		к <sub>в</sub>	0,85	И <sub>сз</sub> втор, А	13,750					

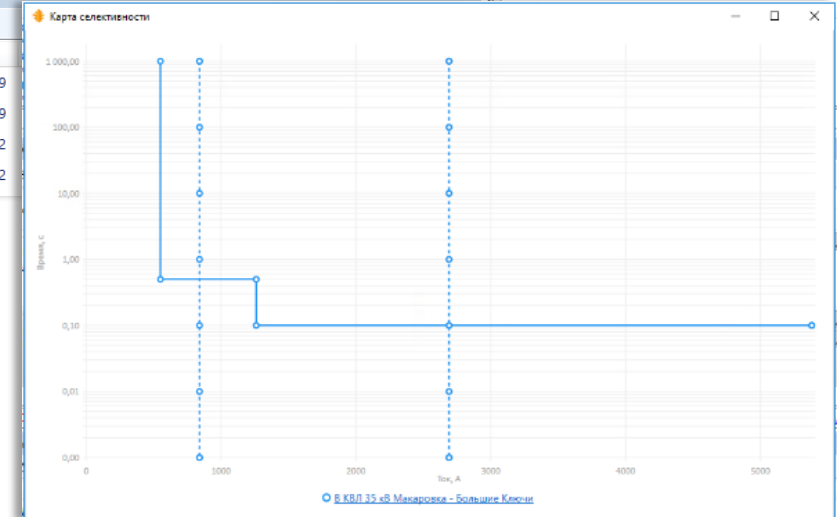
Выбор трансформаторов для отстройки

Трансформатор	Сном, МВА	k <sub>з</sub>	I <sub>гр</sub> , А
Высокогорский \ ПС \ ПС 35 кВ Мемдель \ T-2 1.6 МВА \	1,60	1	26,39
T-1 1600 кВА (ТМ-1600/35/10(№79811)) ф: ABC \	1,60	1	26,39
ПС \ ПС 35 кВ Большие Ключи \ T-2 6.3 МВА \	6,30	1	103,92
ПС \ ПС 35 кВ Большие Ключи \ T-1 6.3 МВА \	6,30	1	103,92

## ВЛ 35 кВ Макаровка-Большие Ключи

Объект	Наименование	Ячейка	Вид защиты	Тип реле	Тип ТТ	Ктт	Схема соед. обмоток ТТ	I <sub>уст</sub> , А	t <sub>уст</sub> , с	Тип выключателя и привода
Группа: Приволжские электрические сети (Кол-во=7)										
Объект: ПС 110 кВ Макаровка (Кол-во=7)										
1	ПС 110 кВ Макаров...	МТЗ В 35 кВ Т-1	РУ-35	МТЗ В 35 к...	ТОЛ-35 III-V-4-1 ...	80,0000	Yn	0,0	0,000	ВБС-35 III УХЛ1
2	ПС 110 кВ Макаров...	МТЗ В 35 кВ Т-2	РУ-35	МТЗ В 35 к...	ТОЛ-35 III-V-4-1 ...	80,0000	Yn	0,0	0,000	ВБС-35 III УХЛ1
3	ПС 110 кВ Макаров...	МТЗ ВЛ 35 кВ Макаровка-Б.Ключи	РУ-35	МТЗ	ТОЛ-35-III-II УХЛ1	40,0000	Yn	550,0	0,500	ВБС-35 III УХЛ1
4	ПС 110 кВ Макаров...	МТЗ ВЛ 35 кВ Макаровка-Б.Ключи	РУ-35	МТО	ТОЛ-35-III-II УХЛ1	40,0000	Yn	1260,0	0,100	ВБС-35 III УХЛ1
5	ПС 110 кВ Макаров...	МТЗ ВЛ 35 кВ Макаровка-Усады	РУ-35	МТЗ ВЛ 35 ...	ТОЛ-35-III-II-0,5...	80,0000		0,0	0,000	ВБС-35 III УХЛ1
6	ПС 110 кВ Макаров...	МТЗ ВЛ 35 кВ Макаровка-Усады	РУ-35	ТО ВЛ 35 к...	ТОЛ-35-III-II-0,5...	80,0000		0,0	0,000	ВБС-35 III УХЛ1
7	ПС 110 кВ Макаров...	МТЗ СВ 35 кВ	РУ-35	МТЗ СВ 35 ...	ТОЛ-35 III-V-4-1 ...	80,0000	Yn	0,0	0,000	ВБС-35 III УХЛ1

Карта уставок



Карта селективности



- ✓ Единый центр ответственности за модель энергосистемы
- ✓ Повышение точности расчетов из-за перехода на «физическую» модель энергосистемы
- ✓ Упрощен обмен результатами расчетов между структурными подразделениями
- ✓ Автоматизация процессов расчета токов короткого замыкания по распределительным сетям 6-10 кВ
- ✓ Автоматическое построение схемы по распределительной сети 6-10 кВ
- ✓ Перераспределение рабочих функций от ведения модели в сторону ведения расчетов
- ✓ Снижен порог входа в профессию (расчет режимов, расчет токов короткого замыкания)

**Спасибо за внимание!**

СОКОЛОВ ДМИТРИЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ  
ЕВГЕНЬЕВ ЕВГЕНИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ