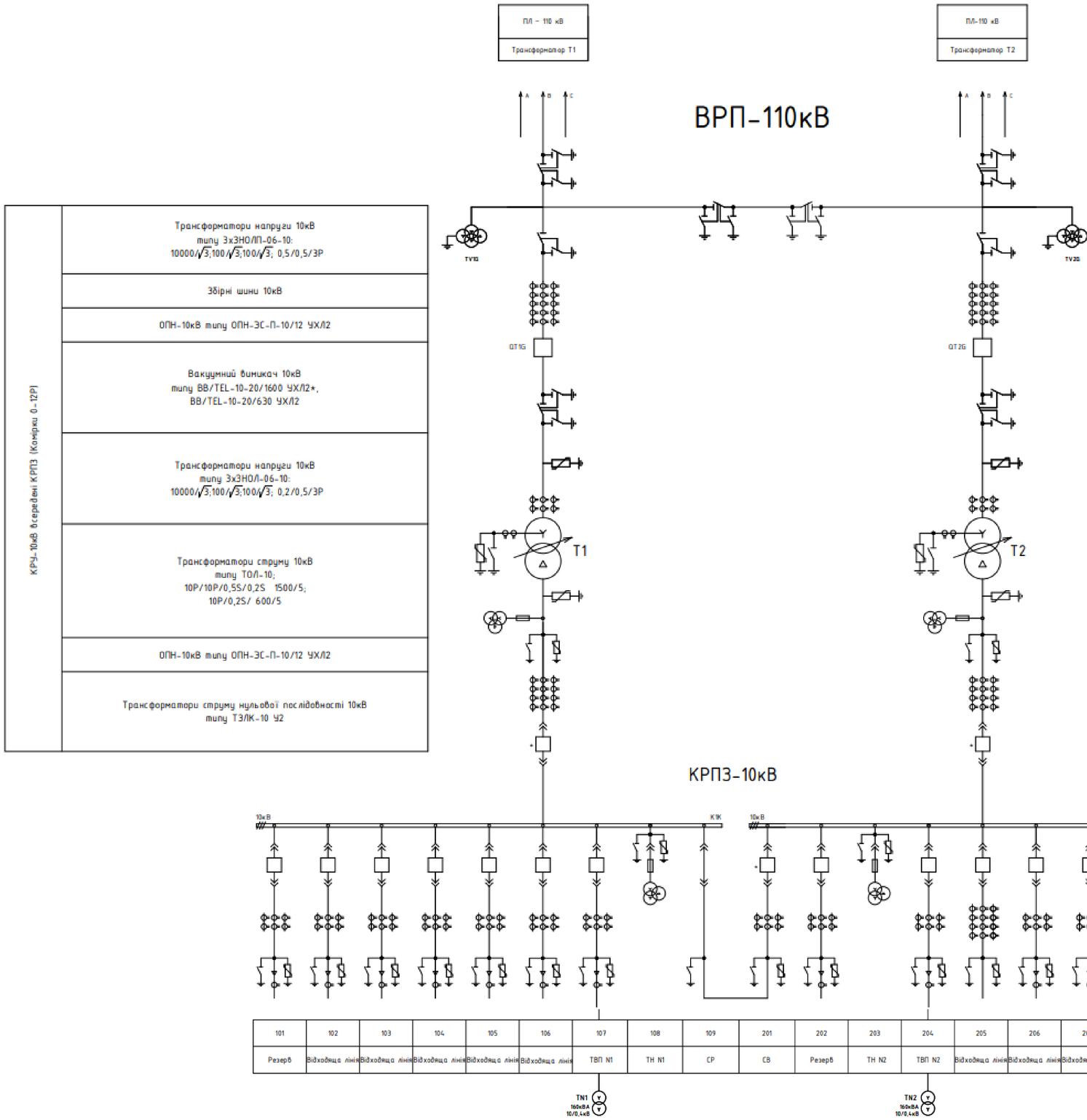
Технічний плакат №1



Роз'єднувач 110кВ типу РГ.2-110.II/1000 УХЛ1
з двума заземляючими ножами,
з рухомим приводом типу ПД-14 УХЛ1

Трансформатор напруги елегазовий 110кВ типу TVI 123;
110000/√3;100/√3;100/√3;100; 3P/0,5/0,2

Роз'єднувач 110кВ типу РГ.1а-110.II/1000 УХЛ1
з одним заземляючим ножом,
з рухомим приводом типу ПД-14 УХЛ1

Трансформатор струму елегазовий 110кВ
типу TG 145
600/5А; 10P/10P/10P/0,5S/0,2S

Вимикач елегазовий колонковий 110кВ
типу LTB 123 D1/B;
110кВ, 40кА, 3150А

Роз'єднувач 110кВ типу РГ.2-110.II/1000 УХЛ1
з двума заземляючими ножами,
з рухомим приводом типу ПД-14 УХЛ1

Обмежувач перевищення напруги 110кВ
типу PEXLIM R-108-YH-123

Трансформатори струму 110кВ,
вбудовані в трансформатор,
типу ТВТ-110; 10P/10P; 1000/5

Силовий трансформатор типу
ТРДН-25000/110/10 УХЛ1; 115/10,5 кВ;
РПН: ±9x1,78%; Yн/Д-11; uk=10,5%

Трансформатори струму 110кВ,
вбудовані в нейтраль трансформатора,
типу ТВТ-35; 10P/10P; 600/5

Обмежувач перевищення напруги 110кВ
типу PEXLIM R-108-YN-123

Заземлювач однополюсний типу ЗОН-110 УХЛ1
з рухомим приводом типу ПД-14 УХЛ1

К2К
Обмежувач перевищення напруги 10кВ
типу MWK 12

Технічний плакат №2

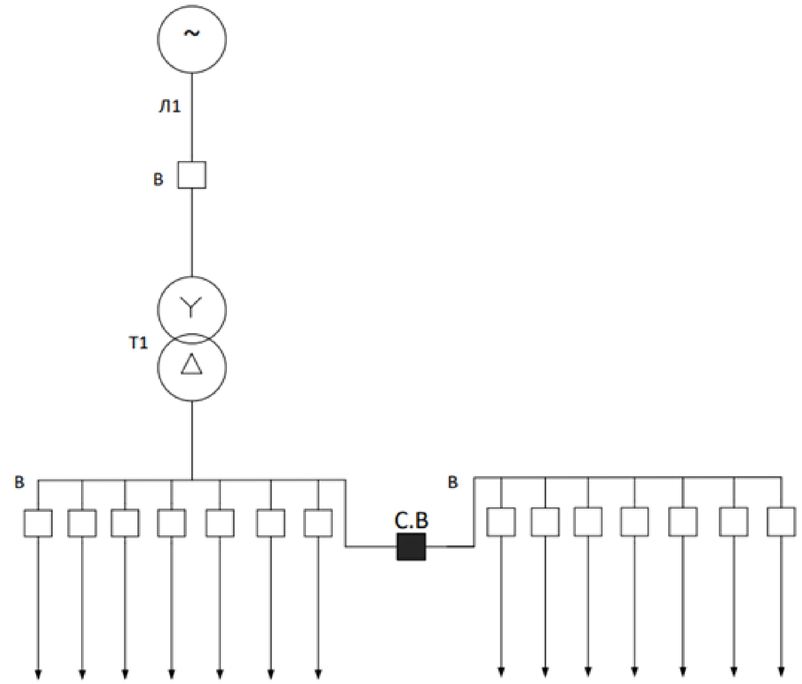


Схема розрахунку підстанції для визначення струмів короткого замикання

Для спрощення розрахунків, особливо на початкових етапах проектування, приймається ідеалізована модель короткого замикання без урахування перехідного опору. Це дозволяє отримати наближені значення струму короткого замикання, які використовуються для перевірки допустимих параметрів обладнання.

На основі цього було представлено спрощену схему для розрахунку струмів трифазного короткого замикання. У цій схемі виключено лінію з трансформатором Т2, щоб зосередити увагу на основних елементах розрахунку.

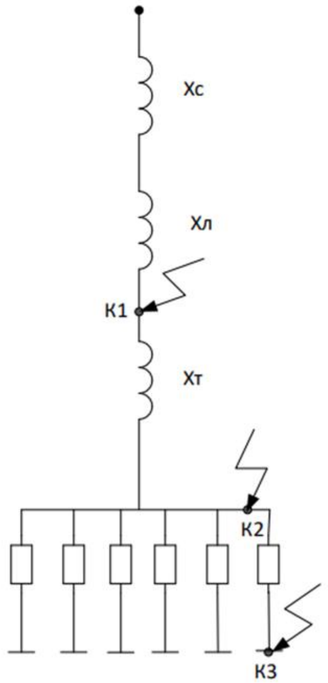


Схема заміщення

Спрощувальні припущення для розрахунку струмів короткого замикання.

Для розрахунку струмів короткого замикання застосовуються такі спрощення:

- Ємність кабельної лінії та струми, що протікають по ній, не враховуються.
- Струми намагнічування в трансформаторах вважаються незначними і також не враховуються.
- Кола в трифазних системах вважаються ідеально симетричними, з однаковим опором в кожній фазі.
- Насичення магнітопроводу електричної машини не враховується.
- Перехідним опором в точках короткого замикання нехтуємо.
- Зсув фаз електрорушійних сил різних джерел живлення в розрахунковій схемі підстанції не враховується.
- Не враховується вплив коефіцієнта трансформації силового трансформатора на напругу короткого замикання.

Технічний плакат №3

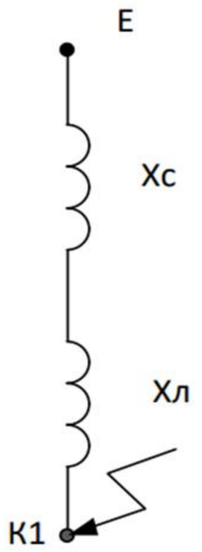


Схема заміщення для точки К1

$$I_{b1} = \frac{S_b}{\sqrt{3} * U_{b1}} = \frac{1000}{\sqrt{3} * 115} \approx 5.020 \text{ кА}$$

Еквівалентний опір схеми:

$$X_{*1} = X_{*L} + X_{*C} = 0.018 + 0.126 = 0.143 \text{ в. о}$$

Відносний струм у точці К1:

$$I_{К1} = \frac{E_{*c}}{X_{*1}} = \frac{1}{0.143} \approx 6.993 \text{ в. о}$$

Періодична складова струму короткого замикання при t=0 у точці К1:

$$I_{по1} = I_{б1} * I_{К1} = 5{,}020 * 6{,}993 \approx 33{,}105 \text{ кА}$$

Ударний струм у точці К1:

$$I_{у1} = \sqrt{2} * К_{у1} * I_{по1} = \sqrt{2} * 1{,}7 * 33{,}105 \approx 79{,}590 \text{ кА}$$

Де, Ку1 – ударний коефіцієнт для ліній 110-150 кВ, Ку1 = 1,7.

Розрахунок КЗ для першої точки

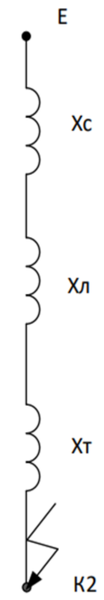


Схема заміщення для точки К2

$$I_{b1} = \frac{S_b}{\sqrt{3} * U_{b2}} = \frac{1000}{\sqrt{3} * 10{,}5} \approx 54{,}99 \text{ кА}$$

Еквівалентний опір схеми:

$$X_{*1} = X_{*L} + X_{*C} + X_{*T} = 0.017 + 0.128 + 4.2 = 4.345 \text{ в. о}$$

Відносний струм у точці К2:

$$I_{К2} = \frac{E_{*c}}{X_{*2}} = \frac{1}{4.345} \approx 0.230 \text{ в. о}$$

Періодична складова струму короткого замикання при t=0 у точці К2:

$$I_{по2} = I_{б2} * I_{К2} = 54{,}99 * 0.23 \approx 12.65 \text{ кА}$$

Ударний струм у заданій точці -К2:

$$I_{у2} = \sqrt{2} * К_{у2} * I_{по2} = \sqrt{2} * 1{,}85 * 12.65 \approx 33.96 \text{ кА}$$

Де, *Ку*2 – Ударний коефіцієнт у системі зі збірними шинами 6–10 кВ, з'єднаними через трансформатор потужністю 32 МВА і менше. *Ку*3 = 1,85

Розрахунок КЗ для другої точки

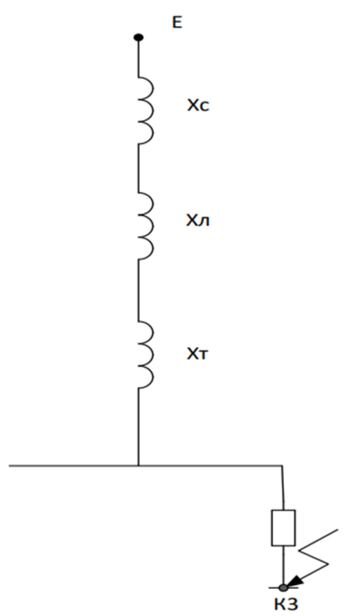


Схема заміщення для точки К3

$$I_{b2} = \frac{S_b}{\sqrt{3} * U_{b2}} = \frac{1000}{\sqrt{3} * 10{,}5} \approx 54{,}99 \text{ кА}$$

Еквівалентний опір схеми:

$$X_{*1} = X_{*L} + X_{*C} + X_{*T} + Z_{*K} = 0.017 + 0.128 + 4.2 + +2.146 = 6.491 \text{ в. о}$$

Відносний струм у точці К3:

$$I_{К3} = \frac{E_{*c}}{X_{*3}} = \frac{1}{6.491} \approx 0.153 \text{ в. о}$$

Періодична складова струму короткого замикання при t=0 у точці К3:

$$I_{по3} = I_{б3} * I_{К3} = 54{,}99 * 0.153 \approx 8.413 \text{ кА}$$

Ударний струм у точці К3:

$$I_{у3} = \sqrt{2} * К_{у3} * I_{по3} = \sqrt{2} * 1{,}85 * 8.413 \approx 22.010 \text{ кА}$$

Де, *Ку*3 Ударний коефіцієнт у системі зі збірними шинами 6–10 кВ, з'єднаними через трансформатор потужністю 32 МВА і менше. *Ку*3 = 1,85.

Розрахунок КЗ для третьої точки

№	К1, кА	К2, кА	К3, кА
Періодична складова струму в момент t=0 с	33,105	12.65	8.413
Ударна складова струму	79,590	33.96	22.010

Результати розрахунків струмів КЗ

Технічний плакат №4

Основні параметри трансформаторів ТРДН-25000/110

Тип	Потужність, МВА	Номінальна напруга, кВ		Втрати, кВт		Напруга КЗ на номінальному ступені , %	Струм ХХ, %	Примітка
		ВН	НН	ХХ	КЗ			
ТРДН-25000/110	25	115	10,5	25	120	10,5	0,65	Розщеплена обмотка НН

Технічні дані роз'єднувача РГ.2 – 110.II/1000 УХЛ1

Номінальна напруга, кВ	110
Найбільша робоча напруга, кВ	126
Номінальний струм, А	1000
Струм термічної стійкості, кА	31,5
Гранично допустимий струм, кА	80
Номінальна частота, Гц	50
Час протікання струму термічної стійкості, с: • для контактних ножів; • для заземлювачів;	31

Технічні дані вимикача LTB 123 D1/B

Номінальна напруга, кВ	110
Найбільша робоча напруга, кВ	123
Номінальний струм, А	3150
Струм термічної стійкості, кА	40
Гранично допустимий струм, кА	100
Тривалість короткого замикання, с	3
Номінальна частота, Гц	50
Час спрацювання, мс	60
Час замикання контактів, мс	<70
Час розмикання контактів, мс	36-40

Технічні параметри вимикачів BB/TEL-10-20/630 UHL2 і BB/TEL-10-20/1600 UHL2

Номінальна напруга, кВ	10
Номінальний струм, А	610/1600
Струм термічної стійкості, кА	20
Гранично допустимий струм, кА	51
Тривалість короткого замикання, с	3
Номінальна частота, Гц	50
Власний час відключення, мс	15
Повний час відключення, мс	25
Власний час включання, мс	70

Паспортні дані обмежувачів

Тип обмежувача перевищення напруг	Pexlim R-108-YH123	MWK-12
Номінальна напруга мережі, кВ	110	10
Номінальний напруга ОПН, кВ	108	15
Найбільш тривала допустима робоча напруга ОПН Uнр, кВ	84	12
Номінальний розрядний струм, 8/20 мкс, кА	10	10
Імпульсний струм, що витримується, 4/10 мкс, кА	100	100
Імпульсний струм, що витримується, 1,2 / 2,5 мкс, А	550	-
Прямокутний імпульс струму, що витримується, тривалістю 2000 мкс, А	550	550
Питома енергія, що поглинається, кДж / кВ	2,5	-
Здатність розсіювати енергію кДж / кВ	-	5,5
Струм вибухонебезпечності, кА	50	30

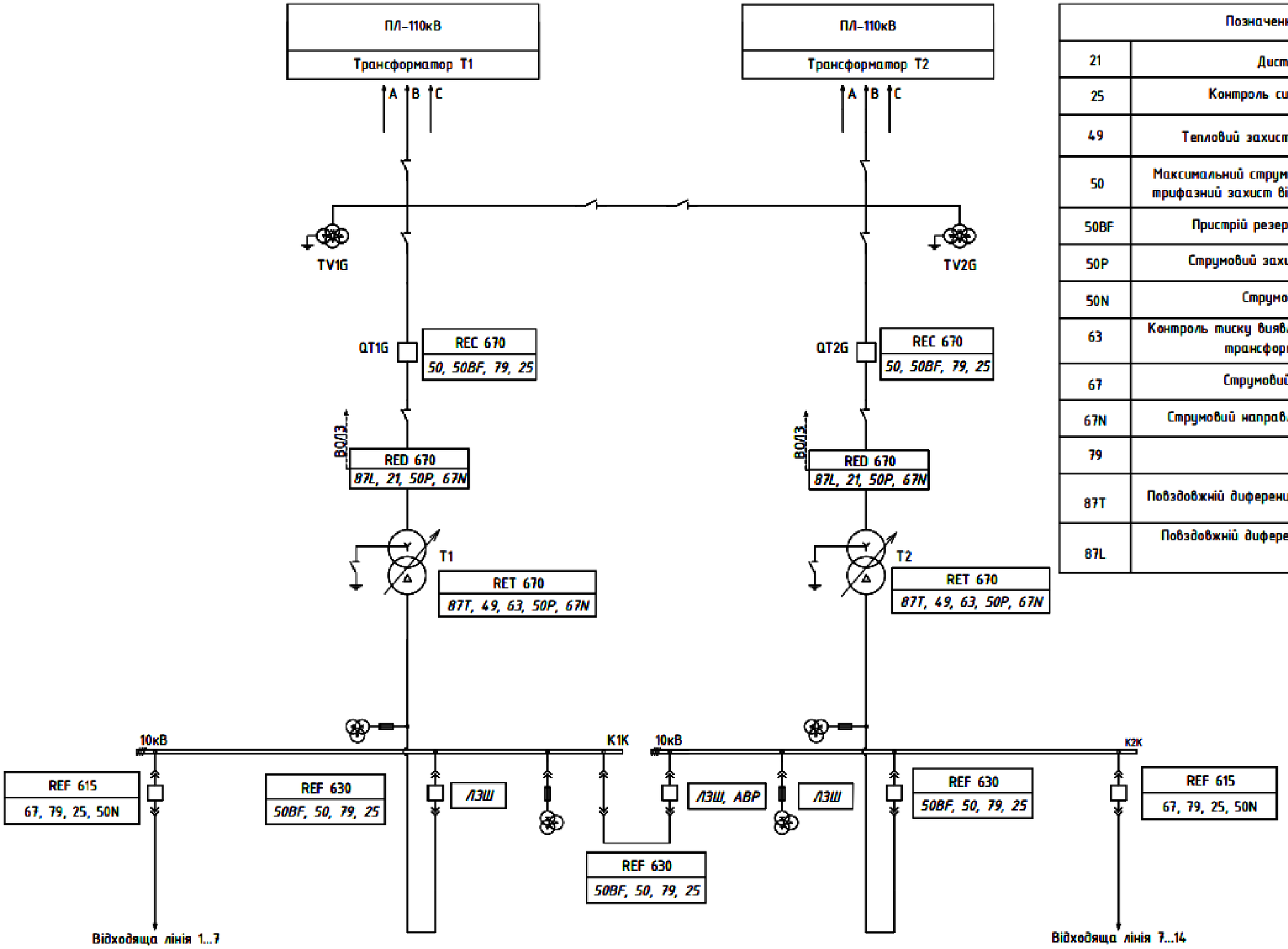
Паспортні дані трансформаторів ТС-63/10

Тип Трансформатора	Sном, кВА	Uвн, кВ	Uнн, кВ	ΔРнх, кВт	ΔРкз, кВт	Iнх, %	Uкз, %	Група з'єднання обмоток
ТС-63/10	63	10	0,4	0,265	1,28	2,8	4,5	Yн/Y-0

Паспортні дані трансформаторів напруги

Типи трансформаторів напруги	TVI 123	3хЗНОЛП-06-10	3хЗНОЛ-06-10
Номінальна напруга, кВ	110	10	10
Найбільша робоча напруга, кВ	123	12	12
Номінальна лінійна первинна напруга, В	110000	10000	10000
Номінальна лінійна вторинна напруга, В	100	100	100
Група з'єднання обмоток	Y/ Y	Y/ Y	Y/ Y
Клас точності для вимірів	0,2/0,5	0,5	0,2/0,5
Клас точності для захисту	3P	3P	3P

Технічний плакат №5



Позначення функцій	
21	Дистанційний захист
25	Контроль сихронізації.Синхронізація
49	Тепловий захист захист від перевантажень
50	Максимальний струмовий захист у фазах, миттєвий трифазний захист від міжфазних коротких замикань
50BF	Пристрій резервування відмови вимикача
50P	Струмовий захист чи ступінчатий захист
50N	Струмова відсічка (земля)
63	Контроль тиску виявлення внутрішнього пошкодження трансформатора (газове реле)
67	Струмовий направлений захист
67N	Струмовий направлений захист від КЗ на землю
79	АПВ
87T	Повздовжній диференціальний захист трансформатора
87L	Повздовжній диференціальний захист з цифровими каналами

Технічний плакат №6

Вибір уставок захистів силових трансформаторів

$$I_{СВ} = k_{\text{над1}} * I_{\text{кз}}^{\text{нн}};$$

Де *k*над1 – к Коефіцієнт надійності для мікропроцесорного захисту зазвичай визначається як значення, що характеризує ймовірність правильного функціонування системи захисту при нормальних умовах експлуатації протягом певного часу. Для мікропроцесорних систем цей коефіцієнт може бути заданий значенням 1.2, що вказує на підвищену надійність порівняно з традиційними системами захисту; $I_{\text{кз}}^{\text{нн}}$ – струм трифазного КЗ на шині НН, кА.

$$I_{СВ} = k_{\text{над2}} * I_{\text{ном.тр}}^{\text{нн}};$$

Де *k*над2 – коефіцієнт надійності (для мікропроцесорного захисту 4); $I_{\text{ном.тр}}^{\text{нн}}$ – номінальний струм обмотки ВН трансформатору, кА.

Для встановлення уставки струмової відсічки вибирається найбільше значення з розрахованих. Уставка захисту від перевантаження визначається за допомогою відповідної розрахункової формули:

$$I_{СВ} = k_{\text{від}} * \frac{I_{\text{ном.тр}}}{k_{\text{пов}}};$$

Де kвід – коефіцієнт відстроювання (для мікропроцесорного захисту це 1,05).

Номінальний струм обмоток трансформатора:

$$I_{\text{ном.тр.}}^{\text{ВН}} = \frac{S_{\text{тр}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном ВН}}};$$

$$I_{\text{ном.тр.}}^{\text{НН}} = \frac{S_{\text{тр}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном НН}}};$$

Де *S*тр – потужність трансформатору, кВА; *U*ном ВН – номінальна напруга сторони ВН, кВ; *U*ном НН – номінальна напруга сторони НН, кВ.

Розрахунок номінальних струмів обмоток високої напруги трансформаторів підстанції:

$$I_{\text{ном.тр.}}^{\text{ВН}} = \frac{S_{\text{тр}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном ВН}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} * 110} \approx 5{,}249 \text{ А}$$

$$I_{\text{ном.тр.}}^{\text{НН}} = \frac{S_{\text{тр}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном НН}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} * 10{,}5} \approx 54{,}986 \text{ А}$$

Розрахунок уставки струмової відсічки:

$$I_{СВ1} = k_{\text{над1}} * I_{\text{кз}}^{\text{нн}} = 1{,}2 * 5{,}020 = 6{,}024 \text{ кА}$$

$$I_{СВ2} = k_{\text{над1}} * I_{\text{кз}}^{\text{ВН}} = 4 * 54{,}986 = 219{,}944 \text{ кА}$$

З отриманих значень обираємо $I_{\text{СВ}}$ = 6,024 кА.

Розрахунок уставки захисту від перевантажень:

$$I_{СП} = k_{\text{від}} * \frac{I_{\text{ном.тр}}}{k_{\text{пов}}} = 1{,}05 * \frac{54{,}986}{0{,}95} = 60{,}774 \text{ А}$$

Вибір уставок захистів повітряних ліній 10 кВ

Максимальний робочий струм лінії 10кВ:

Приймемо навантаження -1.6 МВт

$$\text{I}_{\text{роб макс}} = \frac{\text{S}_{\text{нав}}}{\sqrt{3} * \text{U}_{\text{ном}}} = \frac{1{,}6 * 10^3}{\sqrt{3} * 10{,}5} \approx 92\text{А}$$

Де $\text{S}_{\text{нав}}$ -навантажанння на лінії, приймемо 110кВт; $\text{U}_{\text{ном}}$ – номанальна напруга лінії, кВ.

Формула для розрахунку Струму МСЗ:

$$I_{\text{МСЗ}} = k_{\text{над}} * k_{\text{сз}} * \frac{I_{\text{роб макс}}}{k_{\text{пов}}} = 1{,}2 * 2 * \frac{92}{0{,}95} \approx 146{,}8\text{А}$$

Де $k_{\text{над}}$ – Коефіцієнт надійності, який враховує похибки елементів схеми захисту, приймається рівним 1,2; $\text{I}_{\text{кз}}$ – Струм короткого замикання , прийнятий з таблиці таблиця 1.1; $I_{\text{роб макс}}$ – максимальний робочий струм лінії А; $k_{\text{пов}}$ – Коефіцієнт повернення захисту для мікропроцесорного захисту становить 0,95.

Коефіцієнт чутливості МСЗ:

$$\text{k}_{\text{ч}} = \frac{\text{I}_{\text{кз}}}{\text{I}_{\text{МСЗ}}} = \frac{8{,}413}{146{,}8} \approx 57{,}31$$

Установка струмової відсічки:

$$\text{k}_{\text{св}} = \text{k}_{\text{над}} * \text{I}_{\text{кз}} = 1{,}2 * 8{,}413 \approx 10{,}09 \text{ кА}$$

Де $\text{I}_{\text{кз}}$- Струм короткого замикання (54,986 кА для заданого)

У другому розділі було проведено аналіз системи релейного захисту підстанції 110/10 кВ. Оцінено вибір захисних пристроїв для трансформаторів із обмоткою високої напруги 110/10 кВ, шин, а також для вимикачів, розташованих на обході, шино-з’єднувальних та секційних ділянках. Проаналізовано захист кабельних ліній у мережах 3–10 кВ з ізольованою нейтраллю, а також виконано розрахунок уставок захисту для повітряних ліній 10 кВ. Додатково були обрані пристрої для захисту та автоматики.

Технічний плакат №7

Було проаналізовано та обґрунтовано використання мікропроцесорних пристроїв релейного захисту для підвищення надійності та ефективності підстанції 110/10 кВ.

У якості захисту фідерів пропонується використати пристрій REF615, який забезпечує такі функції:

Захист від струмів короткого замикання;

Автоматичне повторне включення (АПВ);

Контроль напруги та частоти мережі.

Для захисту ліній та трансформаторів рекомендовано впровадити пристрій REF630, який виконує:

Диференціальний захист трансформаторів;

Функції локалізації та управління аварійними ділянками;

Постійний моніторинг параметрів системи в реальному часі.

Запропоновані пристрої відповідають сучасним стандартам та забезпечують швидкодію, гнучкість налаштування і високий рівень автоматизації підстанції, що є важливим кроком у її модернізації.

Пристрій REF 615

Пристрій REF 630