

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електричних станцій та систем

---

# Підвищення надійності роботи релейного захисту потужних силових трансформаторів

Науковий керівник: д.т.н., проф. Кутін В. М.

Розробив: ст. гр. ЕС-14м Залізняк С.Ю.

---



# Актуальність теми

---

- ▶ Пошкодження силового трансформатора внаслідок відмови роботи релейного захисту несе за собою широкомасштабні наслідки.
  - ▶ Надійність роботи релейного захисту є одною з основних вимог, що пред'являється до системи РЗА.
  - ▶ Розробка систем релейного захисту з використанням елементів, що мають високі показники надійності та функціональної ефективності є актуальним питанням сучасної енергетики.
- 



**Метою роботи** є підвищення ефективності функціонування диференційного захисту трансформатора шляхом побудови і дослідження математичної моделі, що враховує кидок струму намагнічення при аномальних режимах роботи.

**В роботі розв'язуються такі задачі:**

- ▶ визначення основних методів розрахунку надійності системи РЗ та порівняльний аналіз надійності систем РЗ виконаних на електромеханічній та мікропроцесорній базах
- ▶ визначення основних способів підвищення надійності та ефективності роботи релейного захисту, побудова математичної моделі силового трансформатора з урахуванням кидків струмів намагнічування.
- ▶ **Об'єктом дослідження** роботи є системи релейного захисту силових трансформаторів.
- ▶ **Предметом дослідження** надійність функціонування систем РЗА трансформаторів, схеми резервування комплектів релейного захисту, збільшення швидкодії та забезпечення селективності роботи.



До РЗ пред'являються наступні вимоги

- ▶ Селективність – це здатність релейного захисту діяти на відключення тільки пошкодженої ділянки електричної системи, і не відключати суміжні з ним, неушкоджені ділянки або спрацьовувати при навантажувальних режимах.
- ▶ Швидкодія - Швидке відключення пошкодженого устаткування або ділянки електричної мережі, що запобігає пошкодженню або зменшує його розміри, дозволяє зберегти нормальну роботу споживачів неушкодженої частини мережі, запобігає порушенню паралельної роботи генераторів
- ▶ Чутливість – це властивість захисту розпізнавати пошкодження, тобто визначати пошкодження і відрізнити їх від ненормальних режимів.
- ▶ Надійність - це властивість; об'єкта виконувати задані функції в заданому обсязі при певних умовах функціонування



# РЕЖИМИ РОБОТИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

---

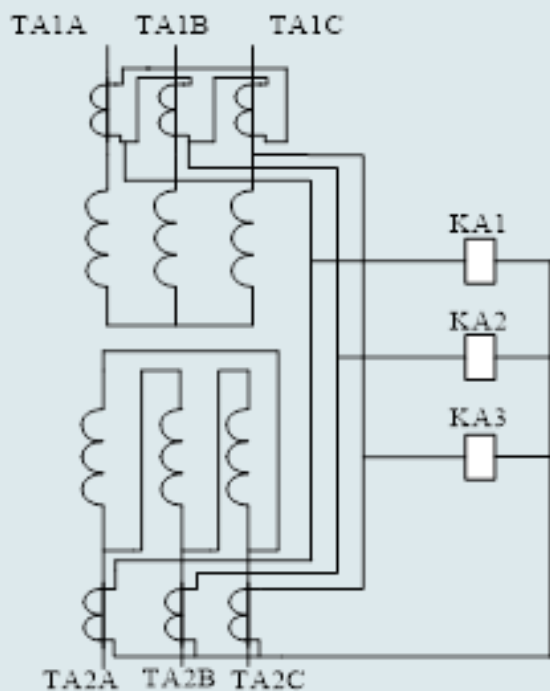
- ▶ 1. Холостий хід.
- ▶ 2. Коротке замикання.
- ▶ 3. Навантажувальний режим.

Для трансформатора на основі даних дослідження холостого ходу можна розрахувати:

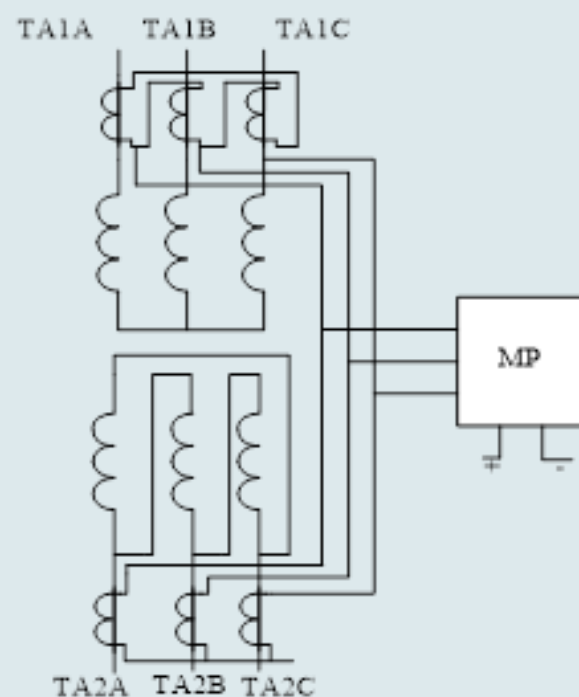
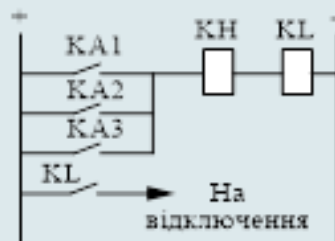
- коефіцієнт трансформації;
  - процентне значення струму холостого ходу;
  - активний опір вітки повний опір вітки намагнічування;
  - індуктивний опір вітки намагнічування;
  - коефіцієнт потужності холостого ходу:
- 



# МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ НАДІЙНОСТІ КОМПЛЕКТУ ЗАХИСТУ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА<sup>6</sup>



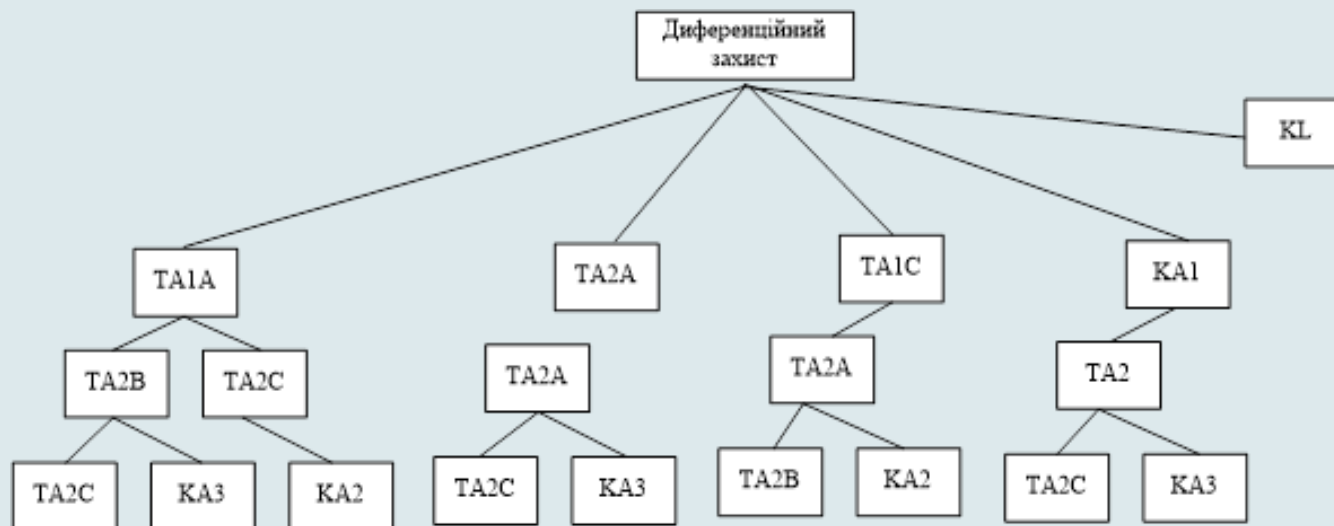
a)



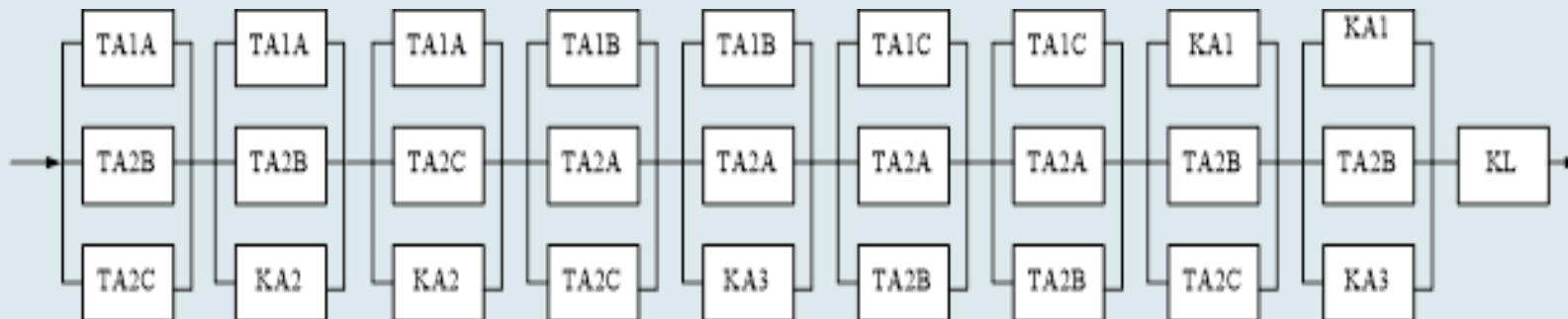
б)



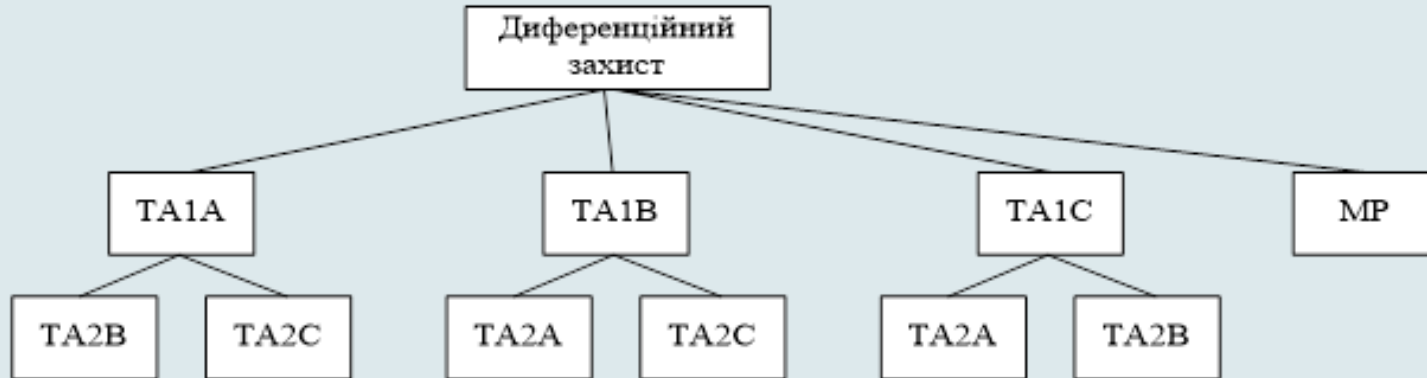
## Дерево відмов для диференційного захисту виконаного на базі електромеханічних реле



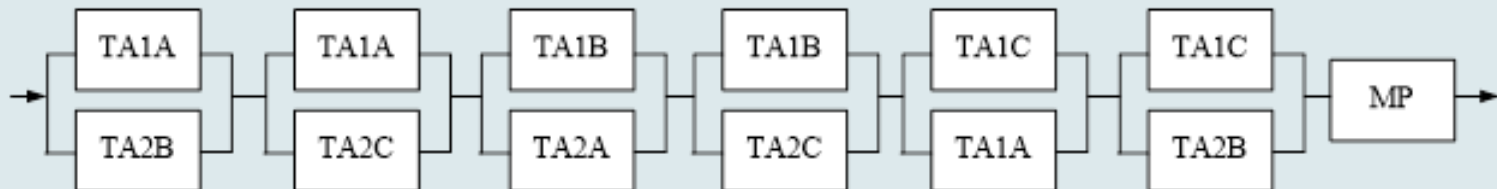
## Ланцюги відмов диференційного захисту на електромеханічній базі



## Дерево відмов схеми диференційного захисту на мікропроцесорній базі



## Ланцюги відмов диференційного захисту на мікропроцесорній базі





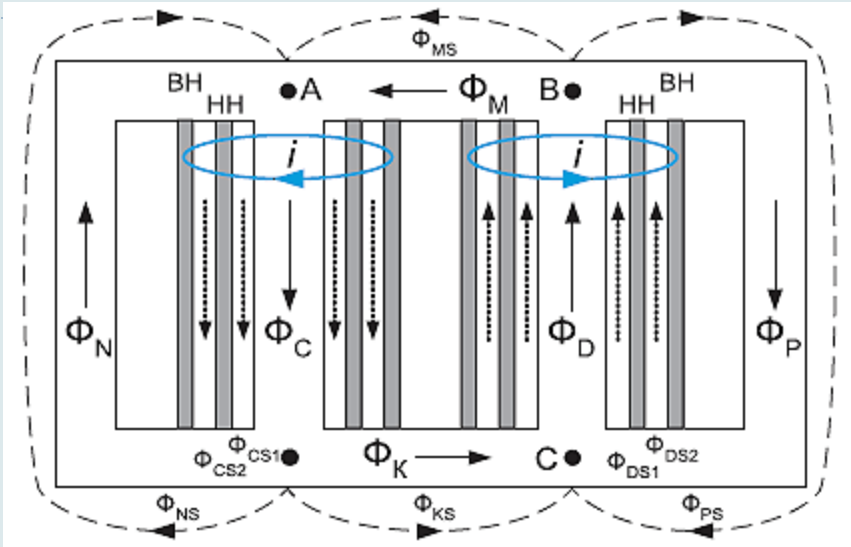
## СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМПЛЕКТУ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ПОТУЖНИХ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

---

- використання комплектуючих елементів, що мають високу надійність;
  - забезпечення полегшених режимів роботи елементів системи РЗА;
  - раціональне використання різного роду надмірності;
  - використання ефективних діагностичних пристроїв;
  - підвищення контролепридатності елементів і блоків РЗА;
  - розробка пристроїв та систем РЗА, здатних гнучко вимірювати свій алгоритм функціонування і структуру при появі дефектів в їх схемі;
  - мінімум втручання обслуговуючого персоналу в роботу РЗА;
  - вибір оптимальної стратегії обслуговування системи РЗА (визначення оптимального періоду обслуговування, обсягу профілактичних та відновлювальних робіт, моментів обслуговування) і т
- 



# Математична модель трансформатора з урахуванням кидка струму намагнічування. 10



$$\begin{aligned}
 (\Phi_N + \Phi_{NS}) + (\Phi_M + \Phi_{MS}) - (\Phi_C + \Phi_{CS1} + \Phi_{CS2}) &= 0, \\
 (\Phi_D + \Phi_{DS1} + \Phi_{DS2}) - (\Phi_M + \Phi_{MS}) - (\Phi_P + \Phi_{PS}) &= 0, \\
 (\Phi_P + \Phi_{PS}) + (\Phi_K + \Phi_{KS}) - (\Phi_D + \Phi_{DS1} + \Phi_{DS2}) &= 0.
 \end{aligned}$$

$$\Phi_{NS} R_{NS} - \Phi_N R_N = 0,$$

$$\Phi_N R_N + \Phi_{CS2} R_{CS2} = -F_{BH},$$

$$-\Phi_{CS2} R_{CS2} + \Phi_{CS1} R_{CS1} = F_{HH},$$

$$-\Phi_{CS1} R_{CS1} + \Phi_C R_C = 0;$$

$$\Phi_{MS} R_{MS} - \Phi_M R_M = 0,$$

$$\Phi_{KS} R_{KS} - \Phi_K R_K = 0,$$

$$\begin{aligned}
 \Phi_C R_C + \Phi_K R_K + \Phi_D R_D + \Phi_M R_M &= \\
 = 2(F_{HH} - F_{BH});
 \end{aligned}$$

$$\Phi_{PS} R_{PS} - \Phi_P R_P = 0,$$

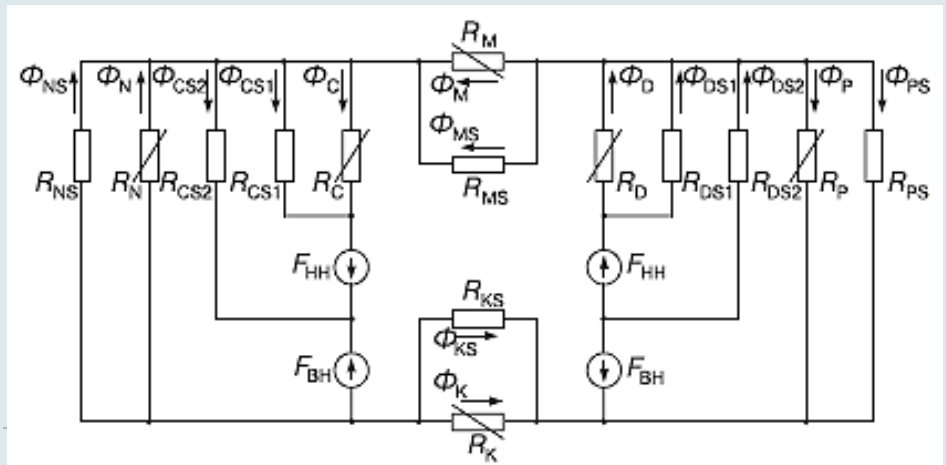
$$\Phi_P R_P - \Phi_{DS2} R_{DS2} = -F_{BH},$$

$$-\Phi_{DS2} R_{DS2} + \Phi_{DS1} R_{DS1} = F_{HH},$$

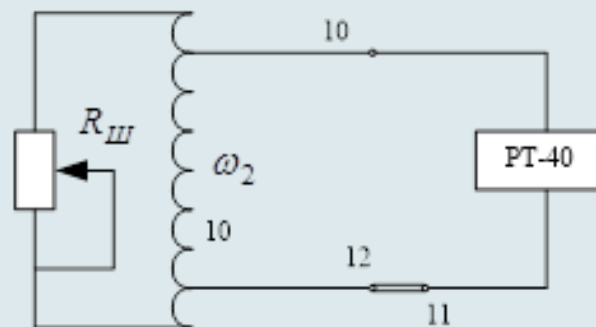
$$-\Phi_{DS1} R_{DS1} + \Phi_D R_D = 0$$

$$X_S = \omega \frac{\mu_0 W^2 (D_{\text{внут}} + \frac{2}{3} a)^2}{4 H_S}$$

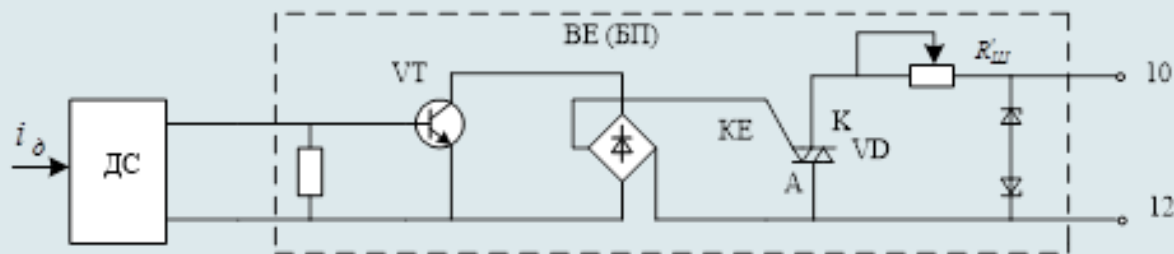
$$I_M = \frac{U_{\text{num}} \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \frac{K_B}{X_{\text{num}} + X_S}$$



# Схема вмикання безконтактного пристрою до реле ДЗТ-11

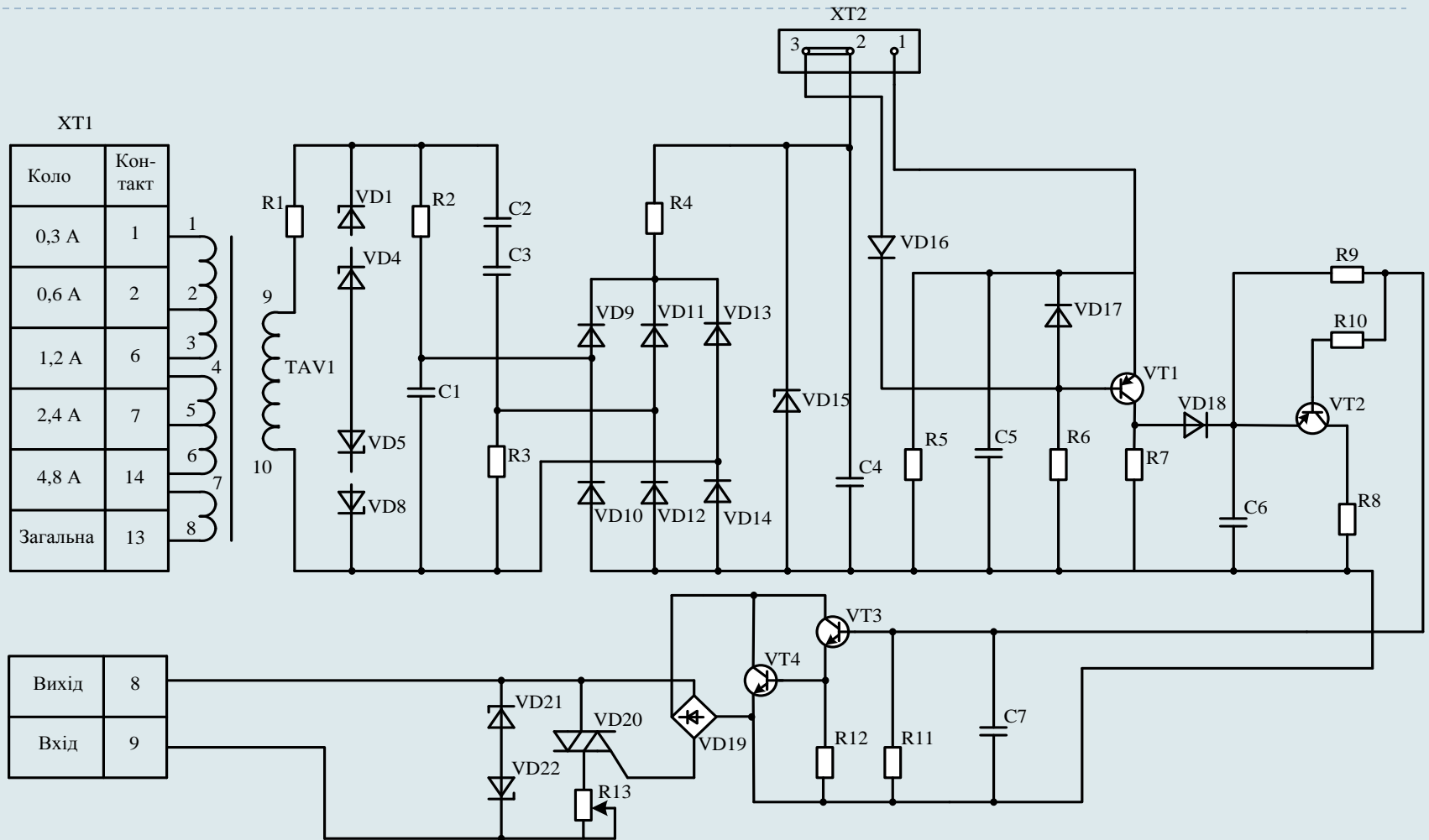


а)



б)

# Принципова схема безконтактного пристрою



## ► ВИСНОВКИ

- В магістерській роботі було наведено вирішення актуального завдання визначення рівня надійності роботи релейного захисту та способів її підвищення. З точки зору підвищення рівня ефективності функціонування була розроблена математична модель силового трансформатора з урахуванням кидка струму намагнічення та запропоновано безконтактний пристрій для підвищення селективності та чутливості дії диференційного релейного захисту.
- Надійність роботи релейного захисту має різноплановий характер оцінювання. У великій мірі цей параметр роботи залежить від вимог, що висуваються до системи РЗ при різних нормальних та аномальних режимах роботи силового трансформатора.
- Дослідження процесів, що протікають в трансформаторі при коротких замиканнях дало змогу частково вирішити задачу, пов'язану з виникненням кидка струму намагнічення шляхом оцінки рівня магнітного потоку.
- Проведено порівняльний розрахунок визначення кількісної величини надійності диференційного релейного захисту трансформатора виконаного на основі електромеханічної та мікропроцесорної баз шляхом використання методу побудови «дерева відмов».

- ▶ Показано, що запропонований безконтактний пристрій використаний в побудові диференційного захисту трансформатора на базі реле ДЗТ-11 підвищує швидкість розпізнавання КСН за допомогою детектора спотворення форми струму, тим самим запобігає надлишковим та хибним спрацюванням захисту, збільшує чутливість та селективність захисту в цілому, що призводить до збільшення технологічної досконалості системи РЗ.
- ▶ При модернізації релейного захисту необхідна оцінка техніко-економічної ефективності заходів по підвищенню надійності. Детальний аналіз можливих наслідків раптових відключень трансформатора, пов'язаних з відмовами релейного захисту, дозволяє перейти до обґрунтованого прийняття технічних рішень по впровадженню безконтактного пристрою в системи релейного захисту. Кількісна оцінка відверненого збитку показує ефективність запропонованого методу.
- ▶ В розділі охорони праці було розглянуто релейну залу в якій проводиться обслуговування пристроїв РЗ. Перераховано небезпечні фактори, які впливають на обслуговуючий персонал. Досліджено безпеки роботи релейного захисту потужних трансформаторів в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.

---

*Дякую за увагу!*

---

