

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4 Т-ОБРАЗНАЯ СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА

*Цель работы:* изучить методику расчёта сопротивлений Т-образной схемы замещения трансформатора.

### Основные теоретические сведения

Сопротивления трансформаторов необходимы для расчёта токов короткого замыкания и последующего выбора уставок аппаратов защиты в схемах электроснабжения. В случае отсутствия паспортных и справочных данных сопротивления трансформатора находят на основании данных опытов короткого замыкания и холостого хода. Чаще всего при расчёте трансформатор представляется Т-образной схемой замещения одной фазы (рис. 4.1), включающей в себя сопротивления:

- первичной цепи:  $R_1, X_1, Z_1$ ;
- вторичной цепи:  $R_2, X_2, Z_2$ ;
- цепи намагничивания:  $R_\mu, X_\mu, Z_\mu$ .

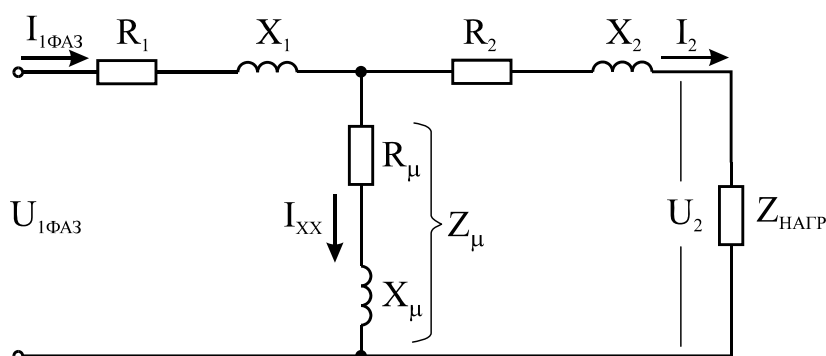


Рис. 4.1. Т-образная схема замещения одной фазы трансформатора

Из опытов холостого хода и короткого замыкания известны следующие данные опытов:

- холостого хода:  $U_{1НОМ}, U_{2НОМ}, \Delta P_{ХХ}, I_{ХХ}, K_{ТР}$ ;
- короткого замыкания:  $U_{КЗ}, \Delta P_{КЗ}$ ;
- под нагрузкой:  $I_{1НОМ}, I_{2НОМ}$ .

### Опыт холостого хода

При расчёте сопротивления трансформатора в режиме холостого хода принимаются следующие допущения:

$$R_\mu \gg R_1; \quad X_\mu \gg X_1; \quad Z_\mu \gg Z_1,$$

т.е. потерями напряжения из-за малого тока  $I_{ХХ}$  и малых сопротивлений  $R_1, X_1, Z_1$ , в первичной обмотке в данной схеме (рис. 4.2) можно пренебречь, как и самой обмоткой.

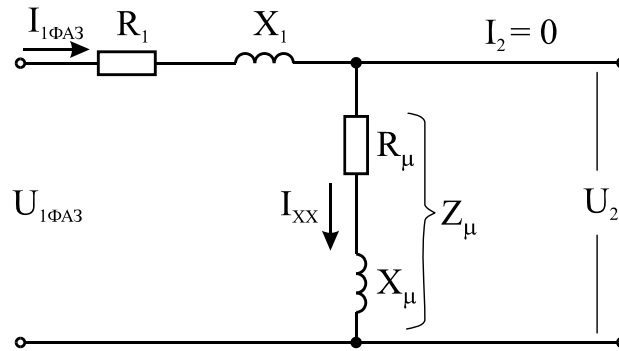


Рис. 4.2. Схема замещения одной фазы трансформатора в режиме XX

Тогда расчёт оставшихся сопротивлений цепи намагничивания производится по следующим формулам:

$$Z_{\mu} = \frac{U_{1\Phi A3}}{I_{1XX}}; \quad \Delta P_{XX} = I_{XX}^2 R_{\mu} \Rightarrow R_{\mu} = \frac{\Delta P_{XX}}{I_{XX}^2}; \quad X_{\mu} = \sqrt{Z_{\mu}^2 - R_{\mu}^2}.$$

### Опыт короткого замыкания

В режиме короткого замыкания ввиду малых токов  $I_{\mu}$  цепь намагничивания трансформатора в расчётах обычно не учитывают, в этом случае схема замещения выглядит, как показано на рис. 4.3.

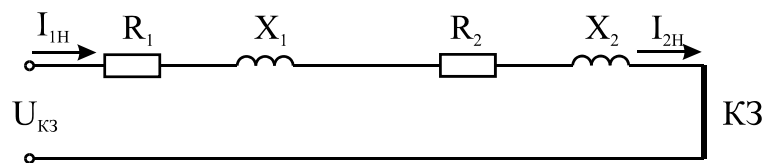


Рис. 4.3. Схема замещения одной фазы трансформатора в режиме КЗ

При расчёте сопротивлений трансформатора в режиме КЗ принимаются следующие допущения:

- 1)  $I_{\mu} \ll I_1$ ;
- 2) трансформатор считается приведённым — это трансформатор, у которого все вторичные параметры равны всем первичным:

$$I'_2 = I_1; \quad R'_2 = R_1; \quad X'_2 = X_1.$$

Учитывая допущения схема замещения значительно упрощается (рис. 4.4).

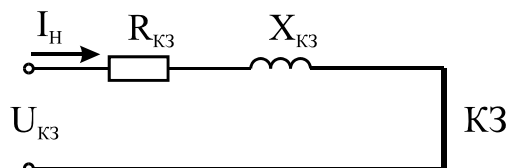


Рис. 4.4. Упрощённая схема замещения одной фазы трансформатора в режиме КЗ

Расчёт сопротивлений Т-образной схемы замещения трансформатора производят по следующим формулам:

$$Z_{K3} = \frac{U_{K3}}{I_{K3}}; \quad R_{K3} = \frac{\Delta P_{K3}}{I_{K3}^2}; \quad X_{K3} = \sqrt{Z_{K3}^2 - R_{K3}^2};$$

$$R_{K3} = R_1 + R_2' = 2R_1 = 2R_2'; \quad X_{K3} = X_1 + X_2' = 2X_1 = 2X_2';$$

$$R_1 = R_{K3} / 2; \quad X_1 = X_{K3} / 2;$$

$$\Delta P_1 = I_1^2 R_1; \quad \Delta P_2 = I_2^2 R_2; \quad \Delta P_1 = \Delta P_2; \quad I_1^2 R_1 = I_2^2 R_2;$$

$$R_2 = \frac{I_1^2 R_1}{I_2^2} = \frac{1}{K_{TP}^2} R_1 = \frac{R_1}{K_{TP}^2}; \quad X_2 = \frac{X_1}{K_{TP}^2}; \quad Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_2^2}.$$

### *Порядок выполнения работы*

1. Основываясь на опытах холостого хода и короткого замыкания, произвести расчёт сопротивлений Т-образной схемы замещения трансформатора. Расчётные данные занести в таблицу 4.1.

*Таблица 4.1. Параметры Т-образной схемы замещения трансформатора*

$R_1, \text{ Ом}$	$X_1, \text{ Ом}$	$Z_1, \text{ Ом}$	$R_2, \text{ Ом}$	$X_2, \text{ Ом}$	$Z_2, \text{ Ом}$	$R_{\Sigma}, \text{ Ом}$	$X_{\Sigma}, \text{ Ом}$	$Z_{\Sigma}, \text{ Ом}$

2. Произвести расчёт тока короткого замыкания на стороне низшего напряжения трансформатора через сопротивления схемы замещения.

### *Содержание отчёта*

1. Т-образная схема замещения трансформатора.
2. Основные расчётные формулы сопротивлений и допущения при расчёте.
3. Итоговая таблица по расчёту параметров схемы замещения.

### *Контрольные вопросы*

1. Для чего необходимо знать сопротивления трансформатора?
2. Какие данные необходимы для расчёта сопротивлений схемы замещения?
3. Что означает приведённый трансформатор?
4. Какие допущения принимаются при расчётах?
5. Поясните методику расчёта сопротивлений схемы замещения.
6. Что такое напряжение короткого замыкания?
7. Как связаны между собой токи и напряжения обмоток высшего и низшего напряжений трансформатора?
8. Как связаны между собой сопротивления обмоток высшего и низшего напряжений трансформатора?
9. Зарисуйте Т-образную схему замещения трансформатора.