

## ПЕРЕХОДНЫЙ ПРОЦЕСС В ПРОСТЕЙШЕЙ ТРЕХФАЗНОЙ ЦЕПИ ПРИ ВНЕЗАПНОМ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ

Пыган Е.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент БУЛАТ В.А.

Простейшей трехфазной цепью называют симметричную трехфазную цепь с сосредоточенными активным и индуктивным сопротивлениями при отсутствии в ней трансформаторных связей.

Электромагнитный процесс в такой цепи рассмотрим при допущении, что ее питание осуществляется от источника бесконечной мощности. Такой источник характеризуется неизменностью напряжения на шинах по амплитуде и по частоте.

Однако любой реальный источник обладает конечной мощностью, но если она во много раз превышает мощность элементов, за которыми рассматриваются КЗ, то напряжение на шинах питающей системы изменяется незначительно, что дает возможность в практических расчетах это изменение не учитывать. Кроме того, наличие АРВ дополнительно способствует принятию этого допущения. Получающееся при принятии этого допущения увеличение тока КЗ, как правило, не влияет на выбор устанавливаемого оборудования. Кроме того, дальнейшее увеличение мощности электрической системы не приводит к превышению полученных расчетных токов КЗ.

В качестве основного допущения считаем, что между токами и напряжениями рассматриваемых цепей сохраняется линейная зависимость и, следовательно, они могут быть связаны линейными дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами.

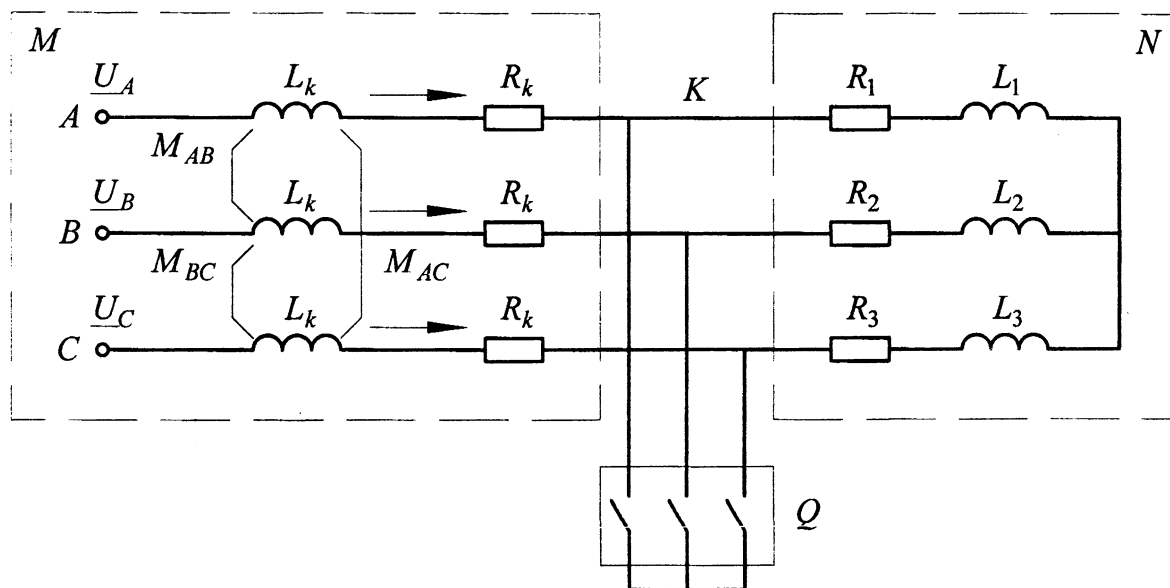


Рис. 1. Простейшая трехфазная цепь

На рисунке 1 представлена трехфазная симметричная цепь, питаемая источником с неизменным синусоидальным напряжением

$$U_A = \sqrt{2}U_n \sin(\omega t + \alpha);$$

$$U_B = \sqrt{2}U_n \sin(\omega t + \alpha - 120^\circ);$$

$$U_C = \sqrt{2}U_n \sin(\omega t + \alpha + 120^\circ),$$

где  $U_n$  – действующее значение напряжения источника питания;

$\alpha$  – фаза включения, (т. е. угол между вектором напряжения фазы  $A$  и действительной осью).

В нормальном режиме работы цепи по фазам протекает ток, определяемый напряжением источника питания и результирующим сопротивлением,

$$i_A = \sqrt{2}I_n \sin(\omega t + \alpha - \varphi_n);$$

$$I_B = \sqrt{2}I_n \sin(\omega t + \alpha - \varphi_n - 120^\circ);$$

$$I_C = \sqrt{2}I_n \sin(\omega t + \alpha - \varphi_n + 120^\circ),$$

где  $I_n = \frac{U_n}{Z_{\Pi}}$  – действующее значение периодической составляющей;

$$Z_{\Pi} = \sqrt{R_{\Pi}^2 + X_{\Pi}^2} \text{ – полное сопротивление цепи;}$$

$$R_{\Pi} = R_k + R_l \text{ – активное сопротивление цепи;}$$

$$X_{\Pi} = \omega(L_k + L_l) \text{ – индуктивное сопротивление цепи;}$$

$$\varphi_n = \arctg \frac{X_{\Pi}}{R_{\Pi}} \text{ – угол сдвига между напряжением и током той же цепи.}$$

Рассмотрим основные соотношения процесса для участка  $M$ . Поскольку при трехфазном КЗ симметрия фаз не нарушается, рассмотрим соотношения для одной фазы, например, для фазы  $A$ .

По второму закону Кирхгофа для любого момента времени:

$$U_A = R_k i_A + L_k \frac{di_A}{dt} + M_{AB} \frac{di_B}{dt} + M_{AC} \frac{di_C}{dt}.$$

Имея в виду, что  $i_A + i_B + i_C = 0$  это уравнение можно представить, опуская индекс фазы как:

$$U = R_k i + (L - M) \frac{di}{dt} = R_k i + L_k \frac{di}{dt}, \quad (1)$$

где  $L_k = (L - M)$  – результирующая индуктивность фазы.

Общее решение уравнения (1) записывается как

$$i_k = i_{\Pi} + i_a,$$

где  $i_{\Pi}$  – вынужденная (периодическая) составляющая тока КЗ

$$i_{\Pi} = \frac{U_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi_k)}{Z_k};$$

$i_a$  – аперидическая (свободная) составляющая тока КЗ

$$i_a = i_0 e^{-\frac{t}{T_a}}.$$

Следовательно, значение тока КЗ определится выражением:

$$i_k = \frac{U_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi_k)}{Z_k} + i_0 e^{-\frac{t}{T_a}}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – угол, определяющий значение напряжения фазы  $A$  при  $t = 0$  (фаза включения);

$\varphi_k$  – аргумент комплексного сопротивления цепи КЗ;

$Z_k$  – комплексное сопротивление цепи КЗ;

$T_a$  – постоянная времени цепи КЗ.

При рассматриваемых условиях амплитуда периодической составляющей  $I_{mk} = \frac{U_m}{Z_k}$  остается неизменной. Начальное значение аperiodической составляющей находится из условия, что в цепи с индуктивностью ток в момент нарушения режима сохраняется неизменным, т. е.  $i(-0) = i(+0)$ . Ток до нарушения режима при  $t = (-0)$  из выражения (2):

$$i(-0) = I_m \sin(\alpha - \varphi_n).$$

Ток с момент нарушения режима при  $t = (+0)$  из выражения (2):

$$i(+0) = I_{mk} \sin(\alpha - \varphi_k) + i_0.$$

Следовательно,

$$i_0 = I_m \sin(\alpha - \varphi_n) - I_{mk} \sin(\alpha - \varphi_k).$$

Закон изменения полного тока КЗ выражается формулой:

$$i_k = I_{mk} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_k) + [I_m \sin(\alpha - \varphi_n) - I_{mk} \sin(\alpha - \varphi_k)] e^{-\frac{t}{T_a}}. \quad (3)$$

Из (3) следует, что величина тока во время переходного процесса определяется не только временем  $t$ , фазой включения  $\alpha$ , углом  $\varphi_k$  и постоянной времени  $T_a$ , но также предшествующим режимом цепи.

Наиболее просто можно исследовать протекание переходного процесса в простейшей трехфазной цепи по выражению (4) на ЭВМ в среде MathCAD. В этом случае имеется возможность проследить характер изменения и величину тока при различных начальных условиях.

### Литература

1. Евминов Л.И. Электромагнитные переходные процессы в системах электроснабжения. – Гомель, 2003.
2. Дьяков В. MathCAD 2000. – М., 2002.

УДК 621.3

## СИНХРОННЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

*Халматов А.В.*

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент **МАЗУРКЕВИЧ В.Н.**

Синхронные выключатели АВВ – многоцелевые, гибкие устройства с полностью сконфигурированным программным обеспечением. Они могут применяться во всех типах распределительной сети с любым режимом работы нейтрали.

Синхронные выключатели изготовлены с высоким качеством и гарантируют надёжность работы в течение всего срока службы. Они найдут своё применение там, где предъявляются повышенные требования к качеству электроэнергии.

С 1997 г. АВВ представляет на рынок новую серию выключателей среднего напряжения с магнитным приводом, вместо привода основанного на работе пружинного механизма.

Развивая успех в части использования магнитного привода, АВВ разработала новую управляемую технологию переключения, которая позволяет синхронизировать с питающей сетью операции включения и отключения.