

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Шевчик Н.Е., Протосовицкий И.В., к.т.н., доценты,
Протосовицкий Д.И., инженер, Косыко А.Н., научный сотрудник
ГП «Институт энергетики НАН Беларуси», УО «Белорусский
государственный аграрный технический университет»,
ОАО «Белсельэлектросетьстрой», г. Минск, РБ

При переходных процессах опасность для оборудования электрических сетей и электроприемников представляют перенапряжения и переходные токи, иногда их называют ударными. Для того чтобы определить их значения и длительность необходимо произвести расчет самого переходного процесса.

Если переходные процессы сетей напряжением 10-750 кВ проработаны, то в низковольтных электрических сетях 0,4 кВ с глухозаземленной нейтралью указанные процессы практически не исследовались. Объясняется это тем, что промышленные сети 0,4 кВ выполнены, в основном, кабелем, имеют высокую плотность нагрузки, и степень загрузки оборудования составляет в среднем около 60%. В этих условиях переходные токи незначительны и быстро затухают.

В электрических сетях сельскохозяйственного назначения плотность нагрузки небольшая, линии электропередач выполнены, в основном, воздушными линиями. Степень их загрузки меньше 25%. Кроме того, часто на трансформаторных подстанциях 10/0,4 кВ имеются установки для компенсации реактивной мощности. Это означает, что условия для появления коммутационных перенапряжений имеются.

Для анализа взята электрическая сеть с установкой для компенсации реактивной мощности, подключенная на стороне 0,4 кВ.

Схема замещения одной фазы электрической сети приведена на рис.1, а). В ней: e – ЭДС вторичной обмотки трансформатора, B ; $L_{тр}$, $R_{тр}$, $i_{тр}$ – параметры вторичной обмотки и ток трансформатора; C , i_c – ёмкость и ток конденсаторной батареи для компенсации реактивной мощности; L_n , R_n , i_n – параметры и ток нагрузки;

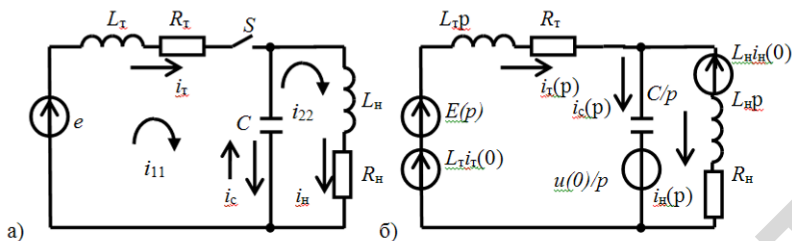


Рисунок 1 Схемы электрической сети: а) замещения; б) операторная после коммутации

При построении схемы сделаны следующие допущения: нагрузка принята сосредоточенная; емкостное сопротивление линии электропередач 0,4 кВ принято равным нулю; в сопротивление нагрузки включены сопротивления линии электропередач; ЭДС вторичной обмотки трансформатора не содержит высших гармонических составляющих; нагрузка симметричная.

Для расчета переходного процесса целесообразно применить операторный метод расчета. Операторная схема цепи после коммутации приведена на рис. 1, б). Составляется система уравнений методом контурных токов.

$$\begin{cases} I_{11}(p) \left(R_t + L_t p + \frac{1}{pC} \right) - I_{22}(p) \frac{1}{pC} = E(p); \\ I_{22}(p) \left(R_n + L_n p + \frac{1}{pC} \right) - I_{11}(p) \frac{1}{pC} = 0. \end{cases}$$

Переходный ток нагрузки равен контурному току $I_{22}(p) = I_n(p)$.

$$\Delta = \begin{vmatrix} R_t + L_t p + \frac{1}{pC} & -\frac{1}{pC} \\ -\frac{1}{pC} & R_n + L_n p + \frac{1}{pC} \end{vmatrix}, \Delta_2 = \begin{vmatrix} R_t + L_t p + \frac{1}{pC} & E(p) \\ -\frac{1}{pC} & 0 \end{vmatrix}$$

$$I_{22}(p) = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{F_1(p)}{F_2(p)} = \frac{E(p)}{(p - j\omega)(CL_t L_n p^3 + C(L_t R_n + L_n R_t) p^2 + (L_t + L_n + CR_t R_n) p + (R_t + R_n))}$$

Искомый ток является оригиналом функции по ее изображению:

$$i_n(t) = \text{Im} \left[\frac{F_1(p_i)}{F_2'(p_i)} e^{p_i t} \right],$$

где Im – мнимая часть числа.

Для того чтобы найти оригинал функции, решим уравнение

$$F_2(p) = 0,$$

Его корни p_i , ($i=1, n$).

Далее продифференцируем $F_2(p)$ по dp и рассчитаем значения выражения $\frac{dF_2(p_i)}{dp}$, а также значения $F_1(p_i)$.

Окончательное выражение для переходного тока:

$$i_H(t) = a \sin 314t + b \cos 314t + ce^{-\chi t}$$

где a , b , χ – коэффициенты, зависящие от параметров электрической сети.

В указанной работе проведены исследования влияние загрузки линии на максимальное значение тока переходного процесса. Результаты приведены на рис. 2. Мощность трансформатора $S_H=100$ кВА, компенсирующая емкость $C=1052,7$ мкФ.



Рисунок 2

Следует отметить, что при номинальной загрузке линии максимум переходного тока превышает номинальный ток трансформатора на 20 %. Время переходного процесса мало: около 0,003 с. На инерционные потребители (асинхронные двигатели, трансформаторы...) он отрицательного воздействия не окажет. Но может быть опасным для микропроцессорной техники.