

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДУКТИВНОСТИ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ РЕАКТОРОВ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ С МАГИСТРАЛЬНОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТЬЮ

T. TOMSON. ERALDUSREAKTORITE INDUKTIIVSUSE MAARAMINE MAGISTRAALI TOUPI JAOTUSVÖRGUGA ELEKTRITOITESÜSTEEMIDES

T. TOMSON. INDUCTANCE DETERMINATION OF ISOLATION REACTORS IN POWER SYSTEMS WITH MAIN-TYPE DISTRIBUTION NET

(Представил И. Элик)

Применение магистральной распределительной сети в системе электропитания (СЭП) на базе управляемых тиристорных выпрямителей с общей для них частью [1] весьма желательно. Однако это требует технически сложных длинных управляющих импульсов [2] или предложенных в [3] разделительных «анодных» реакторов с индуктивностью рассеивания L_a , методика расчета которых не приспособлена для случая магистральной сети и уточняется в настоящей статье.

Настоящий анализ, который одинаково правомерен для СЭП как на базе нулевых, так и мостовых выпрямителей, построен с учетом следующих упрощающих предпосылок:

- 1) тиристоры аппроксимируются идеальными ключами,
- 2) трансформатор аппроксимируется индуктивностью рассеивания L_s ,
- 3) сеть аппроксимируется индуктивностью L_c , все участки сети, как и нагрузки вентильных групп, симметричны,
- 4) нагрузка аппроксимируется генератором тока I_d .

Проанализируем наиболее тяжелый случай синфазного управления при угле α для малого числа вентильных групп $n \in \{2, 3\}$. Наиболее тяжелые условия коммутации, очевидно, создаются для пары вентилей в конце цепи. Для этой пары дополнительные реакторы не нужны. Схема замещения контура коммутации при $n = 3$ показана на рис. 1 в развернутом виде и на рис. 2 в преобразованном виде. Эквивалентную индуктивность цепи и эквивалентное ЭДС обозначим левее осевой линии (рис. 1) как $L_{сЭП}$ и $e_{сЭП}(\rho)$ соответственно. Указанные эквивалентные величины могут быть найдены по общеизвестным правилам преобразования линейных электрических цепей. Приведем здесь лишь

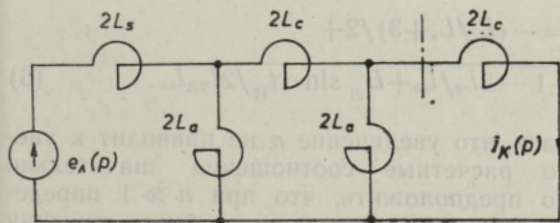


Рис. 1

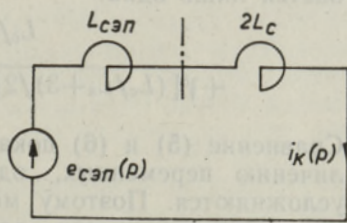


Рис. 2

Параметр, переменная	$n=2$	$n=3$
$L_{СЭП}$	$\frac{2L_s L_a}{L_s + L_a}$	$\frac{2(L_s L_a + L_s L_c + L_c L_a)}{L_a + L_c + L_s(2 + L_c/L_a)}$
$e_{СЭП}(p)$	$e_{Л}(p) \frac{L_a}{L_a + L_s}$	$e_{Л}(p) \frac{L_a}{L_a + L_c + L_s(2 + L_c/L_a)}$
$i_{К}(p)$	$\frac{e_{Л}(p)}{2p} \times$ $\times \frac{1}{L_s + L_s L_c/L_a + L_c}$	$\frac{e_{Л}(p)}{2p} \times$ $\times \frac{1}{L_s(L_c/L_a)^2 + (L_c + 3L_s)L_c/L_a + L_s + 2L_c}$
$i_{К}(t)$	$\frac{E_{Л} \sin \alpha t_{И}}{2} \times$ $\times \frac{1}{L_s + L_s L_c/L_a + L_c}$ (3)	$\frac{E_{Л} \sin \alpha t_{И}}{2} \times$ $\times \frac{1}{L_s(L_c/L_a)^2 + (L_c + 3L_s)L_c/L_a + L_s + 2L_c}$ (4)

их результирующие значения, указанные в таблице. Ток коммутации $i_{К}(p)$ в конце цепи может быть найден

$$i_{К}(p) = \frac{e_{СЭП}(p)}{p} \frac{1}{L_{СЭП} + 2L_c}. \quad (1)$$

Условием удачной коммутации является

$$i_{К}(t_{И}) \geq I_{уд}, \quad (2)$$

где $t_{И}$ — длительность короткого $t_{И} \rightarrow 0$ управляющего импульса, $I_{уд}$ — ток удержания тиристора, γ — угол коммутации, ω — частота сети, $E_{Л}$ — амплитуда линейного напряжения вентильной обмотки. Так как нас интересует лишь начало коммутации, то без существенной ошибки можем считать $e_{Л}(p) = E_{Л} \sin \alpha$ — значение, которое ЭДС имеет в момент подачи управляющего импульса. С использованием этого упрощения найдены оригиналы (1), указанные в таблице. По оригиналам (3) и (4) с учетом (2) могут быть получены необходимые расчетные соотношения. Для СЭП при $n = 2$

$$L_c/L_a = E_{Л} \sin \alpha t_{И} / 2I_{уд}L_s - 1 - L_c/L_s. \quad (5)$$

Для СЭП при $n = 3$ выражение L_c/L_a из (4) приводит к появлению квадратичного управления, из корней которого действительной оказывается лишь одна:

$$L_c/L_a = - (L_c/L_s + 3) / 2 + \sqrt{[(L_c/L_s + 3) / 2]^2 - 1 - 2L_c/L_s + E_{Л} \sin \alpha t_{И} / 2I_{уд}L_s}. \quad (6)$$

Сравнение (5) и (6) показывает, что увеличение n не приводит к увеличению переменных, однако расчетные соотношения значительно усложняются. Поэтому можно предположить, что при $n \gg 1$ определение индуктивности разделительных реакторов требует решения алгебраических уравнений высокого порядка или разработки методики приближенного расчета.

Проиллюстрируем положение примером, заимствованным из [2]. Пусть $E_L = 1,045 \cdot 230 = 240$ В, $\alpha = 20^\circ$, $L_s = 10^{-4}$ Гн, $t_{\text{н}} = 10^{-4}$ сек, $I_{\text{уд}} = 0,5$ А, $L_c/L_s = 0,1$. Для двухпостовой СЭП $n = 2$

$$L_c/L_a = \frac{240 \cdot \sin 20^\circ \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 1 \cdot 10^{-4}} - 1 = 0,1 = 40;$$

откуда $L_a = 0,25$ мкГн.

Для трехпостовой СЭП $n = 3$

$$L_c/L_a = -\frac{0,1+3}{2} + \sqrt{\left(\frac{0,1+3}{2}\right)^2 - 1 - 2 \cdot 0,1 + \frac{240 \cdot \sin 20^\circ \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 1 \cdot 10^{-4}}} = 4,95,$$

откуда $L_a = 2,02 \cdot \text{мкГн}$.

Приведенный пример показывает, что с увеличением n необходимая индуктивность разделительных реакторов растет быстро. Это заставляет относиться с осторожностью к надежде реализовать многостовые $n \gg 1$ СЭП с магистральной распределительной сетью и короткими управляющими импульсами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тамкиви П., Томсон Т. Изв. АН ЭССР. Физ. Матем., 31, № 4, 454—457 (1982).
2. Томсон Т. Изв. АН ЭССР. Физ. Матем., 32, № 3, 311—319 (1983).
3. Ривкин Т. А. Электротехника, № 3, 22—24 (1967).

Институт термофизики и электрофизики
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
2/IV 1985