

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
НЕСИММЕТРИЧНЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИНАХ НА ОСНОВЕ
ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Наумов О.Е., магистрант; Ларин А.М., доц., к.т.н.
*(Донецкий национальный технический университет,
г. Донецк, Украина)*

Целью настоящей работы является разработка математической модели ЭМ для расчета несимметричных коротких замыканий (КЗ). Модель основана на установленной связи между составляющими переходного тока статора при КЗ с токовыми диаграммами или частотными характеристиками (ЧХ). Это позволяет рассчитывать изменение параметров переходного режима во времени без решения дифференциальных уравнений.

Любое несимметричное КЗ можно рассматривать как включение ЭМ на систему напряжений прямой и обратной последовательностей. При включении невозбужденной синхронной машины (СМ), с симметричным ротором на напряжение прямой последовательности выражение для нахождения изменения тока статора во времени имеет вид:

$$i_{s1}(t) = i_{01}(t) + i_{11}(t) + i_{21}(t) \quad (1)$$

В (1) $i_{01}(t)$ - установившийся периодический ток, который по частотной характеристике определяется для скольжения $s = 1$; $i_{11}(t)$ - аperiodический ток, начальное значение которого определяется для $s = -1$; $i_{21}(t)$ - свободный периодический ток, начальное значение которого определяется из условия, что $i_{01}(0) + i_{11}(0) + i_{21}(0) = 0$.

При включении СМ под напряжение обратной последовательности имеем:

$$i_{s2}(t) = i_{02}(t) + i_{12}(t) + i_{22}(t) \quad (2)$$

В (2) установившийся ток обратной последовательности $i_{02}(0)$ определяется комплексом, соединяющим начало координат с точкой частотной характеристик $s = -2$; апериодическая составляющая $i_{12}(0)$ - комплексом, соединяющим начало координат с точкой ЧХ $s = -1$; комплекс тока $i_{22}(0)$ соединяет точки ЧХ $s = -2$ и $s = -1$.

Изменение во времени модуля изображающего тока в обмотке статора $i_s(t)$ при несимметричном КЗ определяется как сумма всех составляющих, т.е. $i_s(t) = i_{s1}(t) + i_{s2}(t)$

Мгновенные значения фазных токов определяются как проекции изображающего вектора на неподвижные оси времени соответствующих фаз. Для фазы А, например, имеем

$$i_A(t) = \text{Re}[i_s(t)e^{j\gamma_0}]$$

Электромагнитный момент в соответствии с общим подходом к его определению по значениям комплексных токов и потокосцеплений будет определяться следующим выражением:

$$M = \text{Re}[j\Psi_s \cdot i_s] = \text{Re}[j(\Psi_{s1} + \Psi_{s2})(i_{s1} + i_{s2})]$$

Переходные процессы в турбогенераторах отличаются рядом особенностей, обусловленных магнитной и электрической несимметрией ротора и наличием большого количества контуров, эквивалентирующих массивные контруктивные элементы. В работе для учета указанных факторов предлагается использовать экспериментальные ЧХ для различных осей магнитной симметрии ротора. Дополнение предложенной математической модели уравнением механического движения ротора позволяет проводить исследования и электромеханических переходных процессов в ЭМ.

Эффективность разработанной математической модели подтверждена путем проведения сопоставления результатов расчетов по ней с расчетом по полным дифференциальным уравнениям Парка-Горева и экспериментальными данными для промышленного турбогенератора мощностью 50 МВт.