

УДК 621.31

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

Витязев А.С.

Научный руководитель – доцент БОБКО Н.Н.

Математическая модель электрической машины – это система уравнений, описывающих процессы электромеханического преобразования энергии с допущениями, обеспечивающими необходимую точность решения для рассматриваемой задачи.

Начальные условия – это значения интегрированных переменных в момент времени, равный нулю. Начальные значения интегрированных переменных могут быть получены из расчета нормального доаварийного установленного режима генератора. В установленном режиме токи статора симметричны, синусоидальные и определяется подключенной нагрузкой. Токи в смежных обмотках отсутствуют, а ток возбуждения является постоянным. Ротор вращается с синхронной частотой, и скольжение равно нулю.

Основные допущения при составлении математической модели синхронного генератора:

- не учитывается магнитное насыщение генератора;
- в воздушном зазоре машины действуют намагничивающие силы только первой гармоники;
- не учитываются потери на перемагничивание;
- считаем, что обмотки статора выполнены симметрично, а ротор генератора симметричен относительно осей d и q ;
- все демпферные обмотки по оси d заменены одной демпферной обмоткой аналогичной по оси q ;
- при исследовании электромагнитных переходных процессов не учитывают изменение вращения скорости генератора.

Система дифференциальных уравнений ненасыщенного синхронного генератора с учетом успокаивающего контура в физической системе координат имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{d\Psi_j}{dt} &= -u_j - R_j i_j, \\ \frac{d\Psi_f}{dt} &= u_f - R_f i_f, \\ \frac{d\Psi_{\text{ad}}}{dt} &= -R_{\text{ad}} i_{\text{ad}}, \\ \frac{d\Psi_{\text{aq}}}{dt} &= -R_{\text{aq}} i_{\text{aq}}, \\ J \frac{d^2\gamma}{dt^2} &= M_{\text{т}} - M_{\text{эм}}. \end{aligned} \quad (1)$$

Все переменные величины в системе (1) выражены в именных единицах измерения. Положительные направления токов в обмотках статора и в системе выбраны от генератора к нагрузке, а в обмотке возбуждения – от источников питания к обмотке.

Первые три уравнения системы (1) записаны в неподвижных фазных координатах A , B , C , а уравнения ротора в координатах d , q , движущихся вместе с ротором. Такую систему координат называют непреобразованной, или исходной. Потокосцепление обмоток статора и ротора в этой системе являются периодическими функциями угла и имеют громоздкий вид. Поэтому при моделировании машин, имеющих несимметричный ротор, используют систему d , q координат.

При переходе к d , q координатам цепи ротора и уравнения этих цепей в системе (1) остаются без изменения.

Переход от трехфазной системы координат A, B, C к осям d, q для величины Z выполняется на основе формул линейных преобразований:

$$Z_d = \frac{2}{3} [Z_A \cos \gamma + Z_B \cos(\gamma - 120^\circ) + Z_C \cos(\gamma + 120^\circ)],$$

$$Z_q = \frac{2}{3} [Z_A \sin \gamma + Z_B \sin(\gamma - 120^\circ) + Z_C \sin(\gamma + 120^\circ)].$$

Формулы для обратных преобразований имеют следующий вид:

$$Z_A = Z_d \cos \gamma + Z_q \sin \gamma,$$

$$Z_B = Z_d \cos(\gamma - 120^\circ) + Z_q \sin(\gamma - 120^\circ),$$

$$Z_C = Z_d \cos(\gamma + 120^\circ) + Z_q \sin(\gamma + 120^\circ).$$

Математические модели электрических машин широко используются для исследования электромеханических систем благодаря применению аналоговых и цифровых вычислительных машин. В настоящее время созданы модели, позволяющие исследовать практически любые задачи, встречающиеся в электромашиностроении.

В режиме короткого замыкания генераторов сопротивление нагрузки равно нулю. В режиме короткого замыкания двигателей равна нулю частота вращения. Режим короткого замыкания характерен для начального момента пуска двигателя из неподвижного состояния. При включении обмотки статора на номинальное напряжение ток двигателя достигает больших значений, поэтому длительный режим короткого замыкания опасен для машин, не рассчитанных на работу при таких условиях. Короткое замыкание двигателей и генераторов, проводимое при пониженном напряжении, используется при испытаниях электрических машин для опытного определения ряда их параметров.

Литература

- 1 Важнов, А. И. Переходные процессы в машинах переменного тока / А. И. Важнов. – Л. : Энергия, 1980. – 296 с.
- 2 Неклепаев, Б. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций / Б. Н. Неклепаев. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.