

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГАШЕНИЯ ПОЛЯ ГЕНЕРАТОРА

И.М. Ефремов, Н.М. Космынина

Научный руководитель доцент Н.М. Космынина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Питание потребителей нефтяной и газовой промышленности электрической энергией осуществляется от электрических станций. В соответствии с отчетом о функционировании Единой энергетической системы России в 2014 года наибольшее производство электроэнергии обеспечивают тепловые электростанции [3]. Основным оборудованием на тепловой электростанции является турбогенератор. Короткое замыкание внутри турбогенератора или на его зажимах относится к разряду самых тяжелых аварий и поэтому должно быть ликвидировано в возможно более короткий промежуток времени. Одним из способов ограничения размеров аварии является гашение поля турбогенератора.

Гашением поля называют процесс, заключающийся в быстром сведении магнитного потока возбуждения электрических машин к величине, близкой к нулю.

Необходимость гашения поля часто встречается в условиях нормальной эксплуатации. Однако этот процесс приобретает особое значение при аварийных режимах, вызванных повреждениями изоляции внутри самой машины или на ее выводных зажимах. Так как к месту повреждения изоляции направляется ток короткого замыкания, который в современных крупных машинах достигает огромной величины, то это расширяет размеры аварии и часто приводит к выгоранию обмотки и активной стали машины. Размеры аварии, однако, определяются не только величиной тока, но и продолжительностью короткого замыкания. Они становятся тем меньшими, чем быстрее осуществляется гашение поля [4].

Рост мощности турбогенераторов, для электроснабжения нефтяной и газовой промышленности, означает значительное увеличение энергии, запасенной в магнитном поле ротора. Применение форсировки возбуждения, вызванной необходимостью повышения при авариях устойчивости электроснабжения, особенно работающих на длинные линии передачи, приводит к осложнению процесса гашения поля и увеличению его продолжительности.

Простейшим способом гашения поля является отключение обмотки возбуждения. Однако при этом, вследствие большой индуктивности цепи, на зажимах обмотки возбуждения возникают значительные перенапряжения, способные вызвать пробой изоляции. Поэтому при гашении поля прибегают к замыканию обмотки возбуждения на разрядное сопротивление или на встречно действующую электродвижущую силу (противовключение возбудителя), или на дугогасительную решетку.

Для исследования процессов гашения поля в качестве исследуемого турбогенератора примем турбогенератор 200 МВт, наиболее используемый на ТЭС России [2].

Таблица 1[5]

Параметры турбогенератора

Тип турбогенератора	ТГВ-200-2У3
Активное сопротивление обмотки ротора, (r_f) Ом	0,0878
Постоянная времени для обмотки ротора, (Т) с	6,85
Номинальный ток возбуждения, А	1880
Номинальное напряжение возбуждения, В	420
Испытательное напряжение, В	3500

Минимальное время гашения поля турбогенератора достигается при оптимальных условиях. При таких условиях напряжение на обмотке возбуждения не должно превосходить величины U_m , предельно допустимой по условиям электрической прочности изоляции. Рассмотрим условия, при которых процесс гашения поля будет протекать наиболее быстро. На Рис.1 изображена обмотка возбуждения 1, обладающая индуктивностью L и сопротивлением r , питается постоянным током от возбудителя 2 через контакты 3 автомата гашения поля.

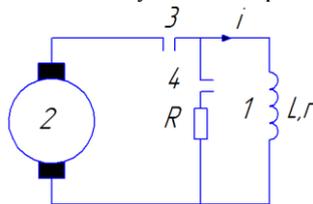


Рис.1 Схема замещения

Используя методику [1], приведем формулы, поясняющие процесс гашения поля. Так как r мало по сравнению с R , то процесс подчиняется дифференциальному уравнению (1)

$$L \frac{di}{dt} + Ri = 0. (1)$$

Для того, чтобы процесс гашения поля протекал наиболее быстро и напряжение на обмотке возбуждения не превосходило допустимой величины U_m , произведение $L \frac{di}{dt}$ должно сохранять постоянное значение во время всего процесса гашения поля, например, наибольшее допустимое напряжению U_m

$$L \frac{di}{dt} = -Ri = -U_m = const; (2)$$

отсюда следует, что

$$Ri = U_m \text{ и } R = \frac{U_m}{i}. (3)$$

Если проинтегрировать уравнение (1), приняв начальное значение тока равным I_0 - номинальный ток возбуждения, то получим выражение (4)

$$i(t) = I_0 - \frac{U_m}{L} t (4)$$

Рассчитаем индуктивное сопротивление обмотки ротора, и максимально возможное значение падения напряжения на обмотке возбуждения по выражению (5 и 6) соответственно.

$$L = T \cdot r_f = 6.85 \cdot 0.0878 = 0.601 \text{ (Ом)}, (5)$$

$$U_m = 0.7 \cdot U_{ucn} = 0.7 \cdot 3500 = 2450 \text{ (В)}, (6)$$

где U_{ucn} - испытательное напряжение. Максимально возможное значение падения напряжения на обмотке возбуждения U_m соответствует 70 процентам от испытательного напряжения U_{ucn} . Тогда ток достигнет нулевого значения через время равное t_{min} , которое является минимально возможным

$$t_{min} = I_0 \frac{L}{U_m} = 1880 \cdot \frac{0.601}{2450} = 0.462 \text{ (с)}; (7)$$

На Рис.2 показана зависимость $i(t)$, пересечение графика с осью абсцисс показывает окончание процесса гашения поля турбогенератора и говорит о том, что ток возбуждения равен нулю.

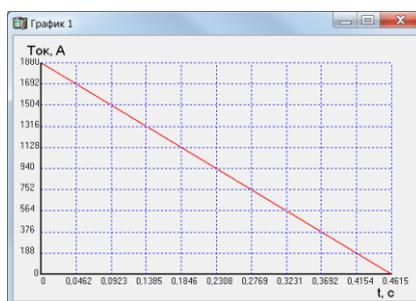


Рис.2 Зависимость $i(t)$ при оптимальных условиях

Способы гашения поля турбогенератора такие как, замыкание обмотки возбуждения на разрядное сопротивление, или на встречно действующую электродвижущую силу (противовключение возбудителя), или на дугогасительную решетку обеспечивают условия близкие к оптимальным. По данным сравнения продолжительности процессов гашения поля турбогенератора, при разных способах и постоянной индуктивности обмотки возбуждения, приблизительное время продолжительности гашения поля турбогенератора на разрядное сопротивление в 4,6 раз больше по сравнению со временем гашения при оптимальных условиях, а гашения поля турбогенератора методом противовключения возбудителя в 4,2 раз больше времени по сравнению с оптимальными условиями. Метод, который максимально приближен к оптимальным условиям, является разряд обмотки возбуждения на дугогасительную решетку и отличается от оптимальных условиях в 1,07 раз.

Литература

1. Автоматы гашения магнитного поля / Под ред. О.Б. Брон. – М.-Л: Госэнергоиздат, 1961. – 138 с
2. Основы современной энергетики / Под ред. А.П. Бурман., В.А. Строев – М.: дом МЭИ, 2008. – 632 с.
3. Отчет о функционировании Единой энергетической системы в 2014 году [Электронный ресурс] // Системный оператор Единой энергетической системы: офиц. сайт. – Режим доступа: http://so-eps.ru/index.php?id=tech_disc2015ups, свободный. - Загл. с экрана (дата обращения: 9.03.2015).
4. Системная автоматика / Под ред. А.Б. Барзам. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 446 с.
5. Электрическая часть электростанций и подстанций / Под ред. Б.Н. Неклепаев., И.П. Крючков. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.