

УДК 621.313

М.С.Иванов (6 курс, каф. ЭМ), Б.В.Сидельников, д.т.н., проф.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АСИНХРОНИЗИРОВАННЫХ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

В последние годы в промышленной и автономной энергетике стали применять весьма перспективные электромашинные источники генерирования переменного тока - асинхронизированные синхронные генераторы (АСГ), представляющие собой синтез электрической машины, например, машины двойного питания и силового преобразователя.

Синхронные машины, содержащие на роторе обмотку возбуждения с числом фаз более одной, питающуюся переменными токами частоты  $f_2 = s * f_1$ , называются асинхронизированными.

Принцип работы АСГ следующий: при вращении приводного вала с синхронной скоростью АСГ работает как обычный синхронный генератор, обмотка возбуждения питается постоянным током. На выходе генератора мы получаем синусоидальное напряжение  $U_1$  частоты  $\omega_1$ . При изменении частоты вращения вала  $\omega$  и постоянного напряжения возбуждения на обмотке статора изменится значение частоты  $\omega$  напряжения  $U_1$ . Для того, чтобы на выходе АСГ получить неизменное напряжение и частоту, как это требуется от качественного генератора, необходимо, чтобы поле вращалось относительно ротора. При питании обмотки возбуждения током с частотой скольжения  $\omega_2 = \omega_1 - \omega$  поле возбуждения изменяет свое угловое положение относительно ротора, что позволяет создать поле, вращающееся относительно ротора, и скомпенсировать за счет этого вращение ротора с частотой, отличной от синхронной.

Возможность управления у АСГ частотой и фазой генерируемой э.д.с. независимо от частоты вращения ротора существенно упрощает процесс синхронизации с сетью большой мощности.

В связи с развитием преобразовательной техники, возникает все больший интерес к применению АСГ в электроэнергетике. Вопросам расчета конструкции АСГ, расчета переходных процессов при работе АСГ до настоящего времени не было уделено достаточно внимания.

Целью данной работы является разработка математической модели АСГ, позволяющей рассчитывать динамические режимы работы генератора с возможностью изменения его параметров, и реализация модели на ЭВМ.

Математическая модель АСГ основана на системе уравнений Парка-Горева [1], записанных для синхронно вращающихся координатных осей  $ds$ - $qs$ . В данной модели используются общепринятые в теории асинхронных машин допущения. При записи применена система относительных единиц Ранкина [1].

Для численного решения дифференциальных уравнений в программе применен метод Эйлера, возможна автоматическая корректировка шага счёта в соответствии с интервалом заданных погрешностей. В соответствии с разработанной моделью АСГ в программе реализованы следующие динамические режимы работы:

- 1) включение АСГ в сеть большой мощности при различных условиях синхронизации;
- 2) подсоединение электрической нагрузки к АСГ через сеть;
- 3) моделирование внезапного короткого замыкания на генераторе;
- 4) отключение внезапного короткого замыкания на генераторе.

В программе возможно изменение параметров АСГ, формы напряжения возбуждения, число фаз ротора. Предусмотрена возможность регулирования напряжения возбуждения и момента турбины.

Возможны следующие формы напряжения возбуждения:

- 1) при двухфазной обмотке ротора: синусоидальное; преобразованное прямоугольной формы с возможностью изменения угла запаздывания;
- 2) при трехфазной обмотке ротора: синусоидальное; преобразованное полученное с помощью преобразователя собранного по мостовой схеме при 150-градусном управлении.

Для моделирования режимов работы был выбран асинхронизированный гидрогенератор номинальной мощностью 120 МВА, напряжение 13,8 кВ.

При варьировании числом фаз ротора, формой напряжения возбуждения для различных режимов работы, параметрами АСГ было установлено, что:

- 1) при изменении параметров АСГ изменяется характер переходных процессов, в частности при уменьшении сопротивления ротора продолжительность переходного режима увеличивается (например, генератор дольше втягивается в синхронизм при рассогласовании по углу и амплитуде напряжения);
- 2) форма напряжения возбуждения существенно влияет на формы токов ротора и статора, электромагнитный момент и частоту вращения ротора. Например, при питании обмотки ротора преобразованным напряжением в токах ротора и статора, кроме гармоники первого порядка, появляются гармоники других порядков. На холостом ходу в обмотке статора генератора, включенного в сеть, протекает ток;
- 3) процессы в АСГ при питании ротора синусоидальным напряжением для трехфазной и двухфазной конструкции ротора – идентичны;
- 4) генератор при включении в сеть с любым углом рассогласования втягивается в синхронизм, но при этом броски тока статора могут быть значительными.

Из полученных результатов видно, что отклонение напряжения возбуждения от синусоидальной формы приводит к появлению в токе статора высших гармоник. А значит, при работе АСГ увеличиваются потери в нем, в сети появляются гармоники других порядков, кроме первой гармоники, что существенно сказывается на работе энергосистемы. В этом случае в АСГ появляются дополнительные вибрации. Для их уменьшения необходимо усложнять конструкцию АСГ при проектировании. При их неучете в конструкции АСГ при его разработке, он быстро выходит из строя в процессе эксплуатации. Из этого следует, что напряжение возбуждения АСГ должно быть синусоидальным при его непосредственном включении в сеть.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Важнов А.И. Переходные процессы в машинах переменного тока. Л.: Энергия, 1980.
2. Вольдек А.И. Электрические машины. Л.: Энергия, 1978.
3. Осин И.Л., Шакарян Ю.Г. Электрические машины. Синхронные машины. М.: Высшая школа, 1990.
4. Птицын О.В., Григораш О.В. Генераторы переменного тока. Состояние и перспектива // Электротехника, № 9, 1994, с. 2-6.
5. Мамиконянц Л.Г., Шакарян Ю.Г. Асинхронизированные синхронные генераторы: состояние, проблемы, перспективы // Электричество, № 3, 1994, с. 3-10.