

С. Д. Евсеев – студент кафедры электротехники и технической диагностики

М. В. Пронин (д-р техн. наук, проф.) – научный руководитель

А. Г. Воронцов (канд. техн. наук) – научный руководитель

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ И ДИАГНОСТИКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА С АКТИВНЫМ ДВУХУРОВНЕВЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ

В современном мире в связи с увеличением потребления электроэнергии более перспективным является строительство гидроаккумулирующих электростанций – ГАЭС. Их действие основано на циклическом перемещении одного и того же объема воды между двумя бассейнами: верхним и нижним. В ночные часы, когда потребность электроэнергии мала, вода перекачивается из нижнего водохранилища в верхний бассейн, потребляя при этом излишки энергии, производимой электростанциями ночью. Днем, когда резко возрастает потребление электричества, вода сбрасывается из верхнего бассейна вниз через турбины, вырабатывая при этом энергию. Очевидно, что и ночной и дневной режимы имеют коэффициент полезного действия, меньший 100 %, то есть ГАЭС формально является убыточной. Однако в крупных энергосистемах большую долю могут составлять мощности тепловых и атомных электростанций, которые не могут быстро снижать выработку электроэнергии при ночном снижении энергопотребления или же делают это с большими потерями. Этот факт приводит к установлению существенно большей коммерческой стоимости пиковой электроэнергии в энергосистеме, по сравнению со стоимостью электроэнергии, вырабатываемой в ночной период. В таких условиях использование ГАЭС экономически эффективно и позволяет решать проблемы пиковых нагрузок. Агрегаты с переменной частотой вращения, или асинхронизированные гидрогенераторы, являются достойным ответом на такие требования. Кроме того, в части повышения КПД, в сравнении с традиционными синхронными машинами, они предоставляют больше преимуществ с точки зрения динамической работы.

Схема ГАЭС с АГД, турбиной (Т), преобразователем частоты (ПЧ) и защитным устройством (ЗУ) в цепи ротора, тиристорным пусковым устройством (ПУ) в цепи статора представлена на рис. 1.

Обмотка статора АГД подключается к энергосистеме через ПУ или выключатель. Обмотка ротора подключается к ПЧ, который через трансформатор подключается к энергосистеме. АГД снабжен датчиком положения ротора (ДПР). Особенностью системы является то, что ПЧ в цепи ротора выполняется двухуровневым.

ПЧ содержит трансформатор (Тр), активный выпрямитель (АВ), автономный двухуровневый инвертор напряжения (АИН). АВ содержит несколько преобразовательных мостов, соединенных последовательно, образующих высоковольтный выпрямитель. В звене выпрямленного напряжения ПЧ имеется несколько конденсаторов, соединенных последовательно.

Тиристорное ПУ содержит выпрямитель (В), зависимый инвертор (И), сглаживающий реактор L_d и токоограничивающие реакторы L_1 и L_2 в фазах выпрямителя. Защитное устройство содержит резисторы и встречно-параллельно включенные тиристоры в каждой фазе обмотки ротора.

С помощью программы Comsim выполним расчеты по разработанной модели АГД с двухуровневым ПЧ со следующими параметрами: активная мощность АГД 274 МВт, коэффициент мощности 0.95, напряжение обмотки статора 15.75 кВ, частота напряжения статора 50 Гц.

На рис. 2 представлены кривые зависимости токов, напряжений, мощностей, частоты вращения от времени, полученные при моделировании режимов работы АГД с двухуровневым ПЧ в программной среде Comsim.

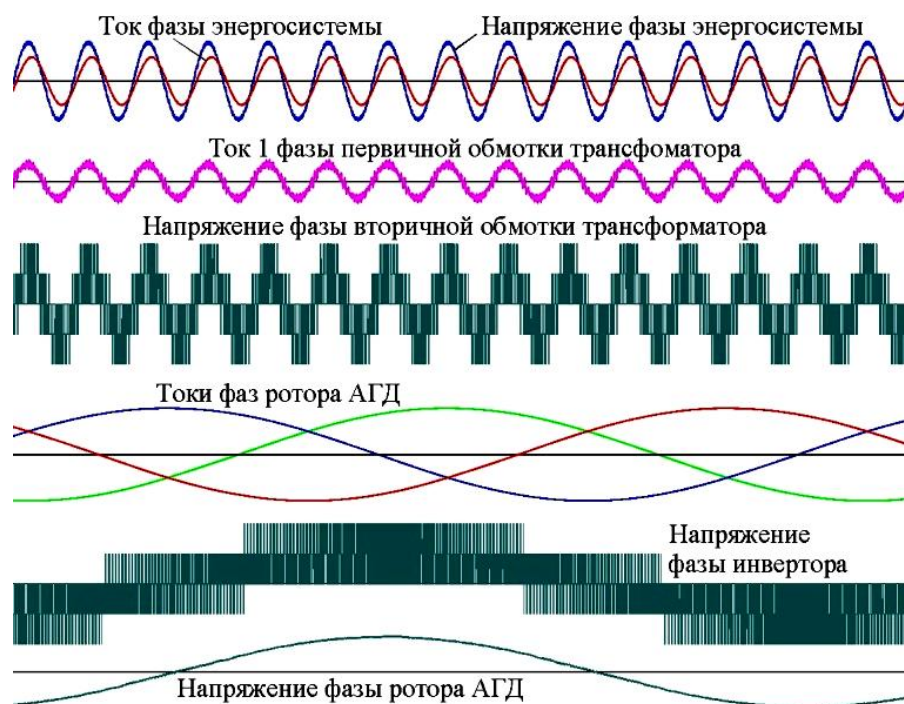


Рис. 3 Установившиеся режимы при различных скольжениях частоты вращения АГД

В таблице представлены результаты гармонического анализа установившегося режима при частоте вращения генератора-двигателя +7% от номинала. Здесь показаны расчеты выборочных кривых токов и напряжений. Электромагнитный момент при частоте вращения 107% равен приблизительно 92%. Активная мощность статора и активная мощность сети имеют значения 256 и 274 МВт соответственно. А активная мощность ПЧ ротора со стороны сети равна 18 МВт.

Таблица
Результаты гармонического анализа

Действующее фазное напряжение сети, В		8832.249
Частоты гармоник (Гц)	Действ. знач. гарм.	Фазы (град.)
50	8819.703	-1.0363
Коэффициент гармоник:		0.05416
Действующий фазный ток сети, А		9603.989
Частоты гармоник (Гц)	Действ. знач. гарм.	Фазы (град.)
50	9602.754	-21.1362
Коэффициент гармоник:		0.01603
Действующий фазный ток статора, А		9102.725
Частоты гармоник (Гц)	Действ. знач. гарм.	Фазы (град.)
50	9101.836	-22.4694
Коэффициент гармоник:		0.01397
Действующий фазный ток ротора, А		1863.913
Частоты гармоник (Гц)	Действ. знач. гарм.	Фазы (град.)
3.57	769.681	114.8704
Коэффициент гармоник:		0.5678

Кривые параметров АГД с двухуровневым ПЧ для установившегося режима работы при частоте вращения – 7 % от номинала имеют схожий характер, как это видно из рис. 2. Только при частоте вращения 93% электромагнитный момент будет иметь значение около 106%, а активная мощность статора будет равна 295 МВт. В номинальном режиме частота тока в роторе равна 0, напряжение возбуждения мало, и почти все кривые, кроме фазного тока статора, фазного напряжения сети и фазного тока сети преобразуются в прямые линии и практически не изменяются.

Таким образом, асинхронный генератор-двигатель может работать в трех режимах частоты вращения, в то время как синхронный может работать только в номинальном режиме с постоянной частотой вращения, что значительно влияет на КПД. Тем самым асинхронный генератор-двигатель обеспечивает себе преимущество перед синхронным.

Библиографический список

1. Пронин М. В., Воронцов А. Г. Силовые полностью управляемые полупроводниковые преобразователи (моделирование и расчет) / – СПб.: ОАО “Электросила”, 2003. – 172 с.
2. Пронин М. В., Воронцов А. Г., Калачиков П. Н., Емельянов А. П. Электроприводы и системы с электрическими машинами и полупроводниковыми преобразователями (моделирование, расчет, применение) / СПб.: ОАО “Силовые машины” “Электросила”, 2004. – 252 с.
3. Pronin, M. Computer model-based evaluation of energy losses components in the systems with asynchronous machines and transistor converters. / Pronin M., Shonin O., Vorontsov A., Tereschenkov V. // IECON 2007. Taiwan. 2007.