

УДК 662.642:621.926

С.А. Кудрявцев, А.С. Румянцев (6 курс, каф. САУ),
А.Н. Кривцов, к.т.н., доц.

ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ АВТОНОМНЫХ ВЕТРОАГРЕГАТОВ

Для автономных ветроагрегатов в условиях переменных ветров и нагрузок необходимо обеспечить колебания выходной частоты в пределах 1Гц и постоянство напряжения. Обычным требованием к источникам электроснабжения является отклонение напряжения в пределах 10% и динамические отклонения не более 15-20% (ГОСТ 13609-97 – качество электрической энергии у потребителей).

В настоящее время наибольшее распространение в ветроэнергетике получили синхронные генераторы. За счет использования систем компаундирования удается обеспечить заданную стабилизацию выходного напряжения. Но выходная частота остается пропорциональной скорости вращения ротора генератора. Целый ряд сложных систем электрооборудования могут использоваться для стабилизации выходной частоты. К ним относится метод балластной нагрузки, при котором мощность дополнительной нагрузки регулируют в зависимости от мощности, вырабатываемой ВЭУ, и текущего значения мощности нагрузки, с соблюдением соотношения: $P_{взу}(t) = P_n(t) + P_{н_балласт}(t)$. Второй метод - регулирование мощности вырабатываемой ВЭУ за счет изменения поворота лопасти. Для ВЭУ-15 оптимальным углом поворота лопастей является угол 6 градусов, рабочий угол порядка 10 градусов. Следовательно, имеется возможность, как увеличивать, так и снижать мощность ВЭУ при данном потоке ветра. И тот, и другой способ приводят к существенным дополнительным потерям и снижению коэффициента использования энергии ветра.

Более современным способом стабилизации напряжения является двойное преобразование энергии. На выходе генератора устанавливается управляемый выпрямитель, осуществляющий подзарядку аккумуляторных батарей (АБ). Напряжение постоянного тока преобразуется инвертором с ШИМ в переменное, стабилизированное по частоте и напряжению. Основным недостатком данной схемы является низкий энергетический КПД, связанный, прежде всего, с низким коэффициентом отдачи АБ по току. Общий КПД не превышает 60-70%.

Использование асинхронного синхронизированного генератора (АСГ) и бесконтактного возбудителя, в качестве которых используются асинхронные машины с фазным ротором, с равной полюсностью, позволяет обеспечить инвариантность выходной частоты. Но напряжение зависит от величины питания статора возбудителя, следовательно, для автономных ВЭУ с использованием данной структуры электрооборудования необходима только система стабилизации напряжения. Регулируя глубину модуляции выходного напряжения, питающего статор возбудителя, можно решить эту задачу.

Рассмотрим энергетические потоки в данной системе при преобразовании энергии. В статическом режиме $P_{взу_ср} = P_{н_ср}$, где $P_{взу_ср}$ и $P_{н_ср}$ – среднесуточные мощности, вырабатываемые ВЭУ и потребляемые нагрузкой, соответственно. В динамическом режиме, при кратковременных колебаниях нагрузки, соотношение мощностей определится выражением:

$$P_n(t) = P_{взу}(t) \cdot \eta_{np} + P_{аб}(t) \cdot \eta_B,$$

где $P_n(t)$, $P_{взу}(t)$, $P_{аб}(t)$ – текущие значения мощности нагрузки, ВЭУ и АБ, η_{np} и η_B - коэффициенты полезного действия электромеханического преобразователя на базе АСГ и обратимого выпрямителя в системе «АБ – возбудитель».

Особенность данной системы - возможность параллельной работы на нагрузку основной машины и возбудителя. В работе анализируется условие выбора мощности генератора, возбудителя и АБ.