

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ МОДУЛЬНЫМ КОМПЕНСАТОРОМ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ВЭС

Введение. Работа ветроэлектрической станции (ВЭС) параллельно с электросистемой должна удовлетворять нормам качества электроэнергии по ГОСТ 13109-97, правилам проектирования ВЭС (ГКД 341.003.001.002-2000) и техническим условиям на присоединение ВЭС к системе. Согласно последним двум документам необходимо обеспечивать непрерывную компенсацию реактивной мощности ВЭС в полном диапазоне изменения скорости ветра.

Промышленные ВЭС в Украине состоят из ветроэлектрических установок (ВЭУ) с асинхронными генераторами. Опыт эксплуатации данных станций свидетельствует о значительном потреблении ими реактивной энергии, среднегодовая величина которой составляет 50-90% от генерируемой активной энергии. Это объясняется недостаточной мощностью штатных компенсирующих конденсаторных батарей, входящих в комплектацию эксплуатируемых ВЭУ, а также отсутствием компенсирующих устройств реактивной мощности трансформаторов силовых подстанций ВЭС. В [1] разработано схемотехническое решение компенсатора реактивной мощности для базовых ветроэлектрических модулей (ВЭМ) мощностью 1000кВА и 1600кВА, составляющих основу введенных в эксплуатацию промышленных ВЭС. Модульный компенсатор реактивной мощности (МКРМ) состоит из регулируемого и нерегулируемого блоков и подключается к шинам 0,4кВ трансформаторной подстанции. Регулируемый блок содержит коммутируемые ступени конденсаторных батарей и функционирует в автоматическом режиме под управлением микропроцессорной системы. Измерительная часть системы управления может подключаться как на стороне 35/10кВ для компенсации реактивной мощности на высоковольтной стороне трансформаторной подстанции, так и на стороне 0,4кВ.

Сложность задачи полной компенсации реактивной мощности обусловлена нестабильностью процесса генерирования электроэнергии, зависящего от скорости ветра, величина которой может меняться в довольно широком диапазоне за очень короткий промежуток времени.

Постановка задачи исследования. Определение требований к системе управления процессом полной компенсации реактивной мощности промышленных ВЭС путем дискретного изменения емкости конденсаторных батарей ветроэлектрических модулей, выбор приемлемого типа серийного микропроцессорного регулятора.

Материалы исследования. Величина реактивной мощности ВЭМ имеет постоянную и переменную составляющие. Постоянная составляющая обусловлена потреблением холостого хода генераторов и силового трансформатора, а переменная – потреблением их контуров рассеивания [2]. Переменная составляющая пропорциональна кубу скорости ветра, которая является случайной функцией времени (t) и может быть описана следующим образом[3]:

$$V(t) = V_{10} + V_n(t) = \frac{1}{T} \int_0^T V(t) dt + V_n(t),$$

где $V(t)$, V_{10} – мгновенное и среднее значения скорости ветра за 10-минутный интервал времени T;

$V_n(t)$ – порыв скорости ветра относительно среднего значения.

Случайной величиной является переменная $V_n(t)$, которая определяется по стохастической модели, разработанной для задач ветроэнергетики [4]:

$$V_i = V_{10} \left[1 + \sigma_v (-2 \ln x_{1,i})^{1/2} \sin(2\pi x_{2,i}) / V_c \right] - \sigma_v \sum_{i=1}^L \left\{ t_{pi} \left[\begin{array}{l} (-2 \ln x_{1,i-1})^{1/2} \sin(2\pi x_{2,i-1}) \\ (-2 \ln x_{1,i})^{1/2} \sin(2\pi x_{2,i}) \end{array} \right] \right\} \left(2 \sum_{i=1}^L t_{pi} \right),$$

$$t_{pi} = (ki)_{\min}, \sum_{k=0}^k (t_{пср}^k / k!) \exp(-t_{пср}) \geq x_{pi}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, L, \quad x_{1,0} = 1, \quad x_{2,0} = 0, \quad k = 1, 2, 3, \dots, K,$$

где V_i , t_{pi} – амплитуда и длительность i-го порыва; σ_v – среднеквадратичное отклонение амплитуды пульсаций; x_1, x_2, x_n – псевдослучайные числа; L – количество шагов моделирования усреднения.

В результате имитационного моделирования переменной составляющей реактивной мощности одной ВЭУ с использованием данной стохастической модели порывов скорости ветра было установлено, что на 10-ти минутном интервале времени средняя длительность пульсации составляет 4-5 секунд, а величина мощности изменяется в 8-12 раз. Для ВЭМ длительность пульсаций несколько увеличится, а диапазон изменения мощности уменьшится в результате пространственного размещения ВЭУ. Однако, так как расположение ВЭУ

зависит от ландшафта местности в каждом конкретном случае, то в настоящее время еще отсутствуют обобщающие результаты по этому вопросу. и при создании системы управления следует ориентироваться на полученные выше параметры.

С учетом полученных результатов сформулируем следующие основные требования к системе автоматического управления (САУ) модульным компенсатором реактивной мощности промышленных ВЭС:

- управление коммутацией 8-12 ступеней конденсаторных батарей,
- реализация равномерного закона распределения количества коммутаций аппаратуры,
- самодиагностика ресурса конденсаторных батарей и коммутирующей аппаратуры,
- возможность дистанционного управления и программирования режимов работы,
- автоматическое создание баз данных параметров работы компенсатора,
- возможность использования в установках низкого и среднего напряжения,
- возможность использования в условиях когенерации активной и реактивной мощности,
- высокая надежность и безотказная работа.

Структурная схема САУ модульного компенсатора реактивной мощности показана на рис. 1.

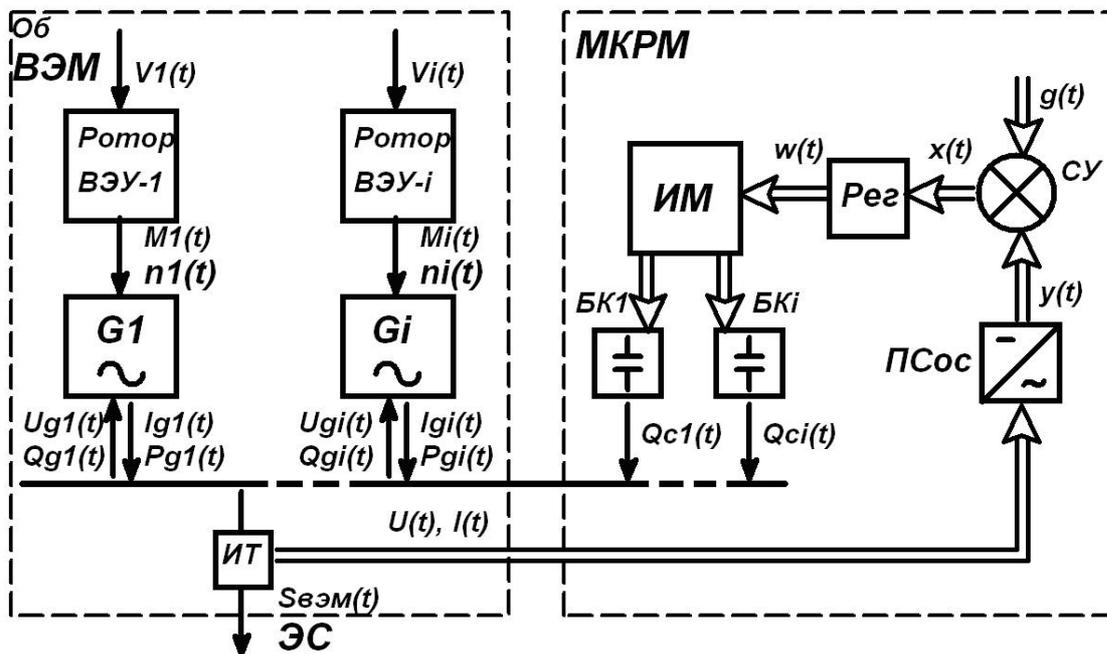


Рис. 1. Структурная схема САУ:

ЭС – электросистема; СУ – сравнивающее устройство; ПСос – преобразователь сигнала обратной связи; Рег – регулятор; ИМ - исполнительный механизм; БК1, БКи – батарея конденсаторов 1-я и i-я; ИТ – измерительные трансформаторы; $y(t)$ – регулируемая величина ($\cos\phi$); $g(t)$ - задаваемые значения регулируемой величины (значение коэффициента мощности в режиме когенерации от 0,8 инд. до 0,8 емк.); $x(t)$ – отклонение заданной величины; $w(t)$ – управляющий сигнал на выходе регулятора; $U(t), I(t)$ – измеряемые величины напряжения и тока обратной связи ВЭМ; $Q_{c1}(t), Q_{ci}(t)$ – компенсирующая мощность конденсаторных батарей от 1-й до i-й.

Опытный образец САУ модульного компенсатора был создан на основе микропроцессорного комплекта с реализацией передачи данных на центральный пункт управления ВЭС. В качестве регулятора реактивной мощности использовалось серийное изделие DCRJ-12 фирмы «Ловато электрик» (Италия).

Выводы. Образец разработанной САУ успешно прошел годичную опытную эксплуатацию и был сдан в промышленную эксплуатацию в составе модульного компенсатора реактивной мощности на Мирновской ВЭС.

Литература.

1. Даниленко А.И., Васько П.Ф. Модульный компенсатор реактивной мощности для промышленных ветроэлектрических станций с асинхронными генераторами // Энергетика та електрифікація. – 2006. - №10. - С. 14-17.
2. Васько П.Ф., Васько В.П., Даниленко О.І. Узгодження умов компенсації реактивної потужності та електромагнітної сумісності обладнання промислових вітроелектричних станцій з асинхронними генераторами // Відновлювана енергетика. – 2006. - №4. – С. 56-62.
3. Панчев С. Случайные функции и турбулентность. Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 443 с.
4. Денисенко Г.И., Васько П.Ф., Пекур П.П. Стохастическое моделирование параметров ветра для задач ветроэнергетики // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. – 1990. - №2. – С. 109-115.