

ПОСТРОЕНИЕ ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ МОЩНОСТИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Постановка проблемы. Ветрогенераторные установки поставляют энергию в сеть в условиях скачкообразных изменений скорости ветрового потока. Без применения современных систем регулирования и стабилизации мощности колебания мощности ветрового потока могут передаваться в сеть и вызывать ухудшение качества питающего напряжения сети. Решению задачи стабилизации выходной мощности ветрогенератора в условиях изменяющейся скорости ветра посвящается эта статья.

Анализ последних достижений. В настоящее время в ветроустановках широко используются два основных способа регулирования мощности. Первый способ подразумевает воздействие на момент ветроколеса посредством изменения угла поворота лопасти и широко используется в ветроустановках с прямым подключением генератора к сети. Второй способ подразумевает регулирование электромагнитного момента генератора за счет применения преобразователя частоты и может быть использован только в ветроустановках с непрямым подключением генератора к сети. Первый способ можно отнести к разряду механического регулирования, второй к разряду электрического регулирования, обладающего большим быстродействием.

Цель статьи. Построить и исследовать математическую модель системы стабилизации мощности ветроустановки, в которой бы сочетались механический и электрический способы регулирования мощности, а также учитывались все особенности объекта регулирования.

Изложение материала и результаты исследований. Функциональная схема двухконтурной системы стабилизации мощности представлена на рис.1.

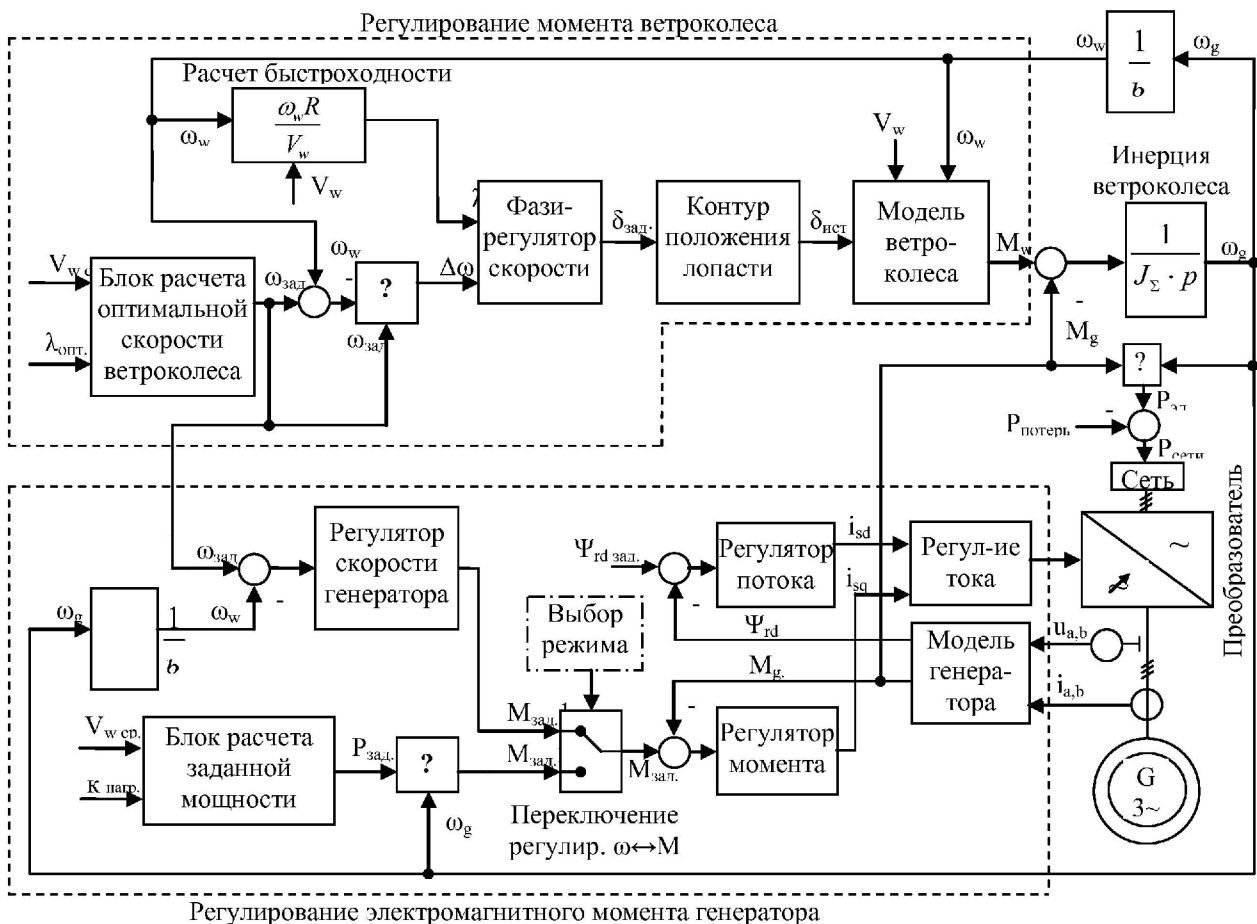


Рис.1 Функциональная схема двухконтурной системы стабилизации мощности ветроустановки.

В предложенной системе задачу стабилизации мощности в условиях изменяющегося момента ветроколеса выполняет быстродействующий контур регулирования электромагнитного момента генератора. Особенностью такой системы является то, что ветрогенератор выходит на заданную скорость вращения в режиме регулирования скорости. Далее блок расчета заданной мощности выдает заданную мощность ветрового потока при задан-

ных ветровых условиях, и система переходит в режим регулирования момента генератора используя принципы векторного регулирования. В качестве генератора рассматривается асинхронный генератор с к.з. ротором. Общеизвестная формула формирования момента асинхронного генератора [1] $m_g = \frac{3}{2} \cdot \frac{L_m}{L_r} \cdot z_p \cdot \Psi_{rd} \cdot i_{sq}$ показы-

вает, что при условии поддержания постоянного потока в асинхронной машине электромагнитный момент будет зависеть от моментобразующей компоненты тока статора - i_{sq} . Поэтому процесс регулирования момента генератора заключается в поддержании заданного значения моментобразующей компоненты тока статора в условиях изменяющейся нагрузки за счет изменения частоты вращения поля посредством преобразователя. Однако переход системы векторного регулирования в режим регулирования момента означает потерю контроля за скоростью вращения ветроколеса. Контроль за скоростью вращения ветроколеса в предложенной на рис.1 сис-

теме регулирования можно возобновить, опираясь на уравнение вращательного движения $M_g - M_w = J_\Sigma \frac{d\omega_g}{dt}$, которое показывает, что влияя на скорость вращения генератора, при условии поддержания электромагнитного момента генератора M_g постоянным, можно за счет регулирования момента ветроколеса M_w . Момент, который ветровой поток создает на ветроколесе [2], описывается формулой (1)

$$M_w = \frac{\rho}{2 \cdot \lambda} \cdot \pi \cdot R^3 \cdot V_w^2 \cdot c_p(\lambda, \delta) \quad (1)$$

где λ , R, $c_p(\lambda, \delta)$ – соответственно быстроходность, радиус и коэффициент мощности ветроколеса, V_w – скорость ветра.

Формула показывает, что средством влияния на момент ветроколеса является коэффициент мощности c_p , который в свою очередь зависит от угла поворота лопасти δ . Таким образом, влияя на угол поворота лопасти можно поддерживать заданную скорость вращения ветроколеса. При этом нужно учитывать нелинейную зависимость между коэффициентом мощности ветроколеса c_p и углом поворота лопасти δ , поэтому задачу регулирования скорости выполняет фазы-регулятор, учитывающий эту нелинейность. Входными сигналами фазы-регулятора являются сигнал ошибки по скорости и быстроходность ветроколеса. Фактически фазы-регулятор выступает в роли пропорционального регулятора скорости с переменным коэффициентом передачи.

Таким образом, в предложенной системе регулирования стабилизация выходной мощности ветрогенератора достигается за счет быстродействующей системы векторного регулирования момента генератора, а контроль за скоростью вращения ветроколеса возлагается на фазы-регулятор, воздействующий на угол поворота лопасти.

Результаты моделирования процесса стабилизации мощности в двухконтурной системе, предложенной на рис. 1 изображены на рис. 2. В период с 10-ой по 30-ую секунды генератор работает в режиме регулирования скорости, поэтому видно, как колебания мощности ветрового потока передаются в сеть. На 30-ой секунде происходит переключение системы в режим регулирования момента и включается в работу фазы-регулятор скорости вращения ветроколеса. В этот период видно, что система регулирования поддерживает скорость вращения ветроколеса и активную мощность генератора на заданном уровне с очень незначительными отклонениями от задания.

Вывод. Приведенная двухконтурная система регулирования позволяет стабилизировать мощность генератора и скорость вращения ветроколеса в условиях изменяющейся скорости ветра.

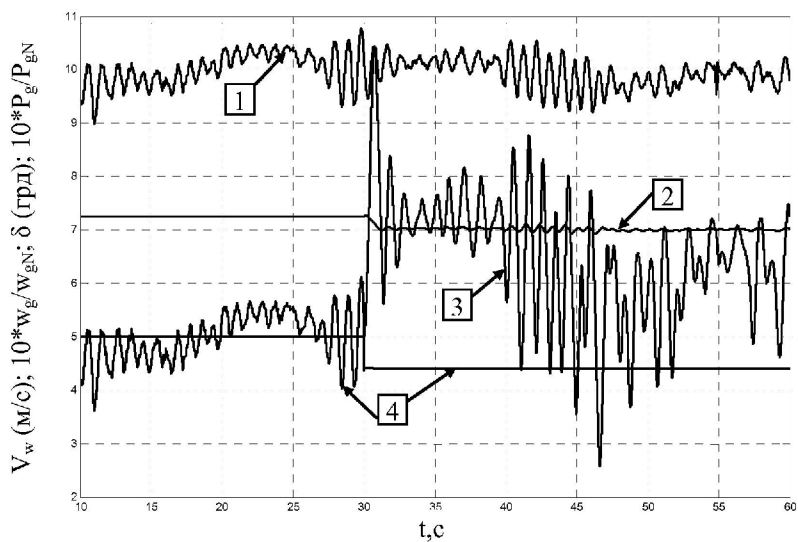


Рис. 2 Моделирование процесса стабилизации мощности, 1-скорость ветра (м/с), 2-скорость вращения генератора, 3-угол поворота лопасти (град.), 4-мощность ветроколеса до и после процесса стабилизации.

Список использованной литературы

1. Riefenstahl U. Elektrische Antriebstechnik. – Stutgard Leipzig: Teubner, 2000. – 351с.
2. Robert Gasch. Windkraftanlagen. Grundlagen, Entwurf, Planung und Betrieb.- Berlin. Teubner; 2005. – 217с.