

УДК 536.75:621.90

П.В.Алексеев (6 курс, каф. САУ), А.Н.Кривцов, к.т.н., проф.

АВТОМАТИЗАЦИЯ АВТОНОМНЫХ ВЕТРОАГРЕГАТОВ

Автономные ветроэнергетические установки (ВЭУ) являются весьма нестабильным источником энергии. Энергоноситель – ветер – характеризуется большой изменчивостью во времени и пространстве.

Максимальная мощность ветродвигателя определяется известным выражением:

$$P_{\text{вд}_{\text{max}}} = \kappa (\mathcal{G}_m \cos \beta)^3 \xi, \quad (1)$$

где κ – константа, зависящая от геометрических размеров винта и плотности воздуха; \mathcal{G}_m – скорость ветра; β – угол между направлением ветрового потока и осью вращения ветродвигателя; ξ – коэффициент использования энергии ветра.

Очевидно, что отмеченные выше уменьшения скорости ветра с одновременным изменением направления ведут к быстрым снижениям мощности ВЭУ. При этом, если нагрузка генератора не будет переключена на другие источники энергии, то ветроагрегат может потерять устойчивость и произойдет его полная остановка. Даже при отключении нагрузок разгон ВЭУ на холостом ходу произойдет при определенной энергии ветрового импульса и минимально необходимой длительности. За счет остановок и времени ожидания разгона снижение выработки электроэнергии может достигать 25-30 %.

Если известна текущая скорость ветра, то можно по (1) рассчитать $P_{\text{вд}_{\text{max}}}$ и определить текущий запас мощности $\Delta P_{\text{дон}}(t)$. Если последний приближается к нулю, то можно отключить нагрузки на ВЭУ в соответствии с их приоритетностью и переключать необходимые нагрузки на питание от системы резервного электроснабжения «АБ – И» (аккумуляторная батарея – инвертор).

Но для того, чтобы определить мощность, которую может отдать АБ, необходимо диагностировать состояние последней, определив энергию $W_{\text{аб}}(t)$, которая накоплена в ней к данному моменту времени, измеряя текущее значение напряжения $U_{\text{аб}}(t)$ и тока $I_{\text{аб}}(t)$. В случае снижения запаса энергии в АБ более чем на $2/3$ нагрузки категории 3 и 4 временно отключаются. Алгоритм диагностирования состояния достаточно подробно разработан в [1].

Реализация вышеизложенного алгоритма возможна лишь при использовании современных анерумбометров, являющихся весьма дорогостоящими приборами. Поэтому подобные САУ применяются только в ВЭУ мощностью более 100 кВт.

Мы предлагаем полный алгоритм управления ВЭУ с косвенным методом определения скорости ветра.

Суть этого метода заключается в следующем.

Заранее рассчитываются скоростные статические характеристики системы «ветродвигатель – генератор» для ряда значений скорости ветра $\omega_2 = f(P_H)|_{V=\text{var}}$, а также значения $P_{\text{кр}}$. Далее эти данные заносятся в память управляющего контроллера в матричной форме (значений скорости ветра должно быть не менее 10).

При работе реальной ВЭУ измеряются выходная активная мощность $P_{ni}(t)$ и частота генератора $f_{zi}(t)$. Выбираем ближайшие большие и меньшие значения для мощности и частоты ($\omega = 2\pi f$).

На плоскости скоростных характеристик ВЭУ нанесем эти точки. Находим скорости ветра, соответствующие этим ближайшим точкам V_{i-1} и V_{i+1} .

Находим модули расстояний до ближайших точек и решаем задачу по определению V_i :

$$V_i = V_{i-1} + \frac{V_{i+1} - V_{i-1}}{\Delta I_{i-1} + \Delta I_{i+1}} \cdot \Delta I_{i+1}.$$

Знание V_i позволяет обратиться к зависимости $P_{кр} = f(V)$ и определить $P_{кри}$, а, следовательно, относительный запас по мощности:

$$\overline{\Delta P} = \frac{P_{кри} - P_i}{P_{кри}}.$$

Если $\overline{\Delta P} < 0.05$, то необходимо переключать нагрузку с низшими приоритетами на аккумуляторную батарею.

Но эта задача не учитывает динамического изменения ситуации. Воздух является вязкой средой, а это значит, что скорость ветра не может измениться мгновенно. Отсюда можно сделать вывод, что мы можем прогнозировать значение скорости ветра на некоторое время вперед, а, следовательно, и запас по мощности.

Работа регулятора прогноза осуществляется следующим образом:

В памяти контроллера хранятся три последних измеренных значения частоты и мощности. Далее выбираем ближайшие значения из матриц частоты и мощности для измеренных значений (ближайшее большее и меньшее) и таким образом определяем текущую скорость ветра. Длина шага прогнозирования выбирается постоянной (10 сек), но если скорость ветра приближается к своему критическому значению, то длина шага рассчитывается по формуле:

$$t_{шага} = 0,75 \cdot t_{шага_{\max}}.$$

Максимальная длина шага ($t_{шага_{\max}}$) - это время, которое остается до того момента, когда скорость ветра достигнет своего критического значения; $k_{зан} = 0,75$ - коэффициент запаса.

Далее интерполируется кривая $\omega = f(t) \Big|_{P_{нагр} = P_{k,l}}$ через последние три измеренных интервала времени и новую точку. Отсюда находим $\omega_{прогн}$. Затем определяем $V_{прогн}$ и находим запас по мощности по формуле:

$$P_{кр_{прогн}} - P_{нагр} = \Delta P_{запаса}.$$

Внедрение разработанного алгоритма управления ВЭУ обеспечивает:

- предотвращение остановок ВЭУ, вызванных ее перегрузками, при временных снижениях скорости ветра;
- бесперебойность электроснабжения наиболее ответственных потребителей;
- за счет прогнозирования режима работы и приближения момента истощения резервной аккумуляторной батареи определение момента подключения к системе электроснабжения резервного дизель – генератора при наличии последнего.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Дубровский В.В. Автоматизация ВЭУ с учетом краткосрочного прогнозирования, диссертация магистра. 2000, СПбГПУ.
2. Катиле К. Гелиоэлектрические установки малой мощности (для условий республики Мали), диссертация магистра. 2002, СПб.