

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

О.Ю. Кондратюк, А.Б. Егоров

(Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков)

Проанализирована схема замещения асинхронного генератора и на основании этого выведена зависимость напряжения от параметров ветроустановки.

асинхронный генератор, схема замещения

Негативное влияние энергетики на экологическую обстановку и преимущественно экстенсивный характер ее развития привели к такому состоянию, когда объемы потребления традиционных энергоресурсов достигли планетарных масштабов, что, с одной стороны, грозит их исчерпанием и «энергетическим голодом», а с другой – метаморфозой окружающей среды в направлении ее деградации и полного уничтожения ноосферы. В связи этим развитию нетрадиционных возобновляемых источников энергии и в первую очередь ветроэнергетике уделяется большое внимание. Суммарная мощность ветроэлектростанций (ВЭС) всего мира в 1998 году составила порядка 9000 МВт.

Значительное внимание развитию ветроэнергетики уделяется в Украине. В Национальной энергетической программе Украины до 2010 года предусматривается строительство ВЭС общей мощностью 2000 МВт и в частности Донузлавской – 500 МВт, Новоазовской – 50 МВт, Аджигольской, Восточно-Крымской, Черноморской. Принятию этой программы предшествовала работа по составлению схемы районирования территории Украины по средней годовой скорости ветра [1]. Юг Донецкой области находится в районе со средней годовой скоростью ветра 4,75 – 5,25 м/с. Более высокие показатели средней годовой скорости ветра до 5,75 м/с имеют районы Крыма и Карпат.

Отличительной особенностью работы ветродвигателя является его работа в условиях непрерывной пульсации скорости ветра. Целью работы является разработка математической модели ВЭС по полным дифференциальным уравнениям элементов и исследование динамических режимов ее работы.

Обычной схемой ВЭС, представленной на рис. 1, является параллельная работа нескольких генераторов на общие шины с последующей

выдачей мощности через повышающий трансформатор в линию высокого напряжения. В указанной схеме к источнику питания с напряжением U_s через трансформатор с активным сопротивлением R_t и индуктивностью L_t подключены шунт $R_{ш}$, $L_{ш}$, два асинхронных генератора G_1 , G_2 и суммарная емкость их системы возбуждения C .

Асинхронный генератор с конденсаторным самовозбуждением представляет собой обычный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором в котором происходит электромагнитное преобразование механической энергии вращения ротора в электрическую энергию генерируемого тока.

Синусоидальные колебания напряжения на статорных обмотках генератора являются результатом автоколебательного процесса в LC-колебательном контуре, образованном индуктивностью генератора и емкостью конденсаторов возбуждения. Асинхронный генератор может быть представлен в виде двухконтурной схемы замещения (рис. 2).

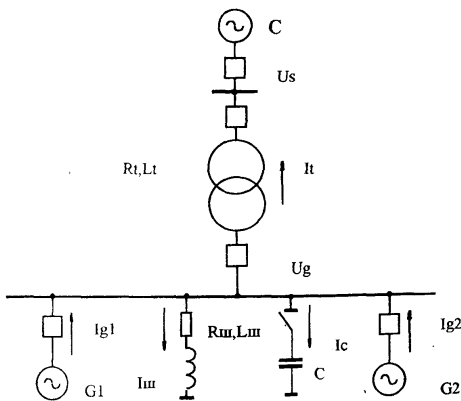


Рис. 1. Схема замещения ВЭС

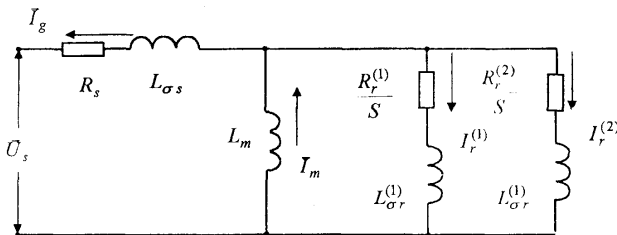


Рис. 2. Схема замещения АГ

В соответствии с уравнениями обобщенной электрической машины [2] дифференциальные уравнения АГ для схемы рис 2 можно представить в виде:

$$\begin{aligned}
 0 &= U_g + R_s * I_g + p * \Psi_s + j\omega_k * \Psi_s; \\
 0 &= R_r^{(1)} * I_r^{(1)} + p\Psi_r^{(1)} + j(\omega_k - \omega) * \Psi_r^{(1)}; \\
 0 &= R_r^{(2)} * I_r^{(2)} + p * \Psi_r^{(2)} + j(\omega_k - \omega) * \Psi_r^{(2)}; \\
 p\omega &= j(Mt - Me),
 \end{aligned}$$

где $R_s, R_r^{(i)}, L_{\sigma s}, L_{\sigma r}(i), i = 1, 2$ – активные сопротивления и индуктивности рассеяния статора и ротора; L_m – индуктивность взаимной индукции; $\Psi_s, \Psi_r(i), \Psi_m$ – потокоцепления статора, роторных контуров и ветви намагничивания; $I_g, I_r(i)$ – токи статора и роторных контуров; M_e – электромагнитный момент генератора; M_t – момент вращения ветротурбины.

До включения конденсаторов возбуждения АГ напряжение U_g может быть определено из уравнения баланса токов в узле в дифференциальной форме:

$$pI_t + pI_m - pI_g + j\omega_k (I_t + I_m - I_g) = 0.$$

После подстановки составляющих можно получить:

$$U_g = \frac{1}{Y} \left(\frac{U_s}{L_t} + \frac{R_t}{L_t} I_t + \frac{R_m}{L_m} I_m - \frac{R_s}{L_{\sigma s}} (1 - A_s) I_g - \frac{E_r}{L_{\sigma s}} \right),$$

где $E_r = \sum_{i=1}^2 A_r^{(i)} (p\Psi_r^{(i)} + j\omega_k \Psi_r^{(i)})$ – эквивалентная ЭДС;

$$Y = \frac{1}{L_r} + \frac{1}{L_m} + \frac{1 - A_s}{L_{\sigma s}} - \text{собственная индуктивность}; \quad A_s = \frac{L_{sr}}{L_{\sigma s}}; \quad A_r^{(i)} = \frac{L_{sr}}{L_{\sigma s}^{(i)}}.$$

Взаимосвязь между параметрами ветра (средняя скорость, порывистость), ветроколеса (число модулей, угол разворота лопастей) и моментом ветротурбины является достаточно сложной [3], однако при исследовании электромагнитных переходных процессов с частотой затухания менее 0,5 с величина $M - p$ может быть принята постоянной.

Исходя из выше сказанного, можно сделать вывод, что необходимо для определения напряжения асинхронного генератора составить программу для ПЭВМ и решить уравнение для определения U_g . Это позволит исследовать следующие режимы: включение в сеть невозбужденного генератора, включение конденсаторов возбуждения, короткие замыкания в сети генераторного напряжения, взаимное влияние генераторов.

Полученные данные могут быть использованы при наладке устройств защиты и автоматики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васько П.Ф., Брыль А.А., Пекур П.П. *Определение технических показателей эффективности использования ветроэлектрических агрегатов в Украине // Энергетика и электрификация. – 1995. – Т. 2. – С. 48-51.*
2. Ковач К.П. *Переходные процессы в машинах переменного тока. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 744 с.*
3. Шефтер Я.И. *Использование энергии ветра. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 200 с.*

Поступила 12.04.2006

Рецензент: доктор технических наук, профессор С.Ф. Артюх,
Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков.