

## РАСЧЕТ РЕЖИМА СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА МАЛОЙ МОЩНОСТИ

*Запропонований метод розрахунку динамічного режиму системи автономного електропостачання змінного струму малої потужності. Метод заснований на попередній аналітичній апроксимації вирішення нелінійного рівняння алгебри і на цій основі чисельної інтеграції диференціальних рівнянь системи. Метод проілюстрований на прикладі розрахунку режиму системи електропостачання з ланкою постійного струму в умовах змінного навантаження.*

*Предложен метод расчета динамического режима системы автономного электроснабжения переменного тока малой мощности. Метод основан на предварительной аналитической аппроксимации решения нелинейного алгебраического уравнения и на этой основе численного интегрирования дифференциальных уравнений системы. Метод проиллюстрирован на примере расчета режима системы электроснабжения со звеном постоянного тока в условиях переменной нагрузки.*

### ВВЕДЕНИЕ

Системы автономного электроснабжения малой мощности, приводимые в действие силой ветра и относящиеся к нетрадиционным источникам электроэнергии, применяются для питания бытовых и промышленных нужд и в современных условиях представляют альтернативу традиционному электроснабжению. Это особенно актуально для потребителей удаленных районов, где есть затруднения со стационарным электроснабжением. В системах автономного электроснабжения малой мощности нет механических или гидравлических устройств регулирования скорости вращения, вместо которых применяются балластное сопротивление нагрузки и аккумуляторная батарея (АБ) [1]. Эти элементы входят в промежуточное звено постоянного тока с буферным накопителем энергии и последующим преобразованием ее инвертором в напряжение и ток промышленной частоты. В общем случае подобная система состоит из генератора и выпрямителя, к выходным шинам которого с напряжением  $u$  подсоединяется балластное сопротивление  $r_{бал}$ , аккумуляторная батарея с проводимостью  $g_{акк}$  и нагрузка  $r_n$ , в качестве которой выступает входное сопротивление инвертора.

В то время как математическое описание мощных систем электроснабжения с ветротурбинами, работающих на сеть, сравнительно подробно исследовано [2, 3], расчету режимов систем автономного электроснабжения малой мощности уделяется меньшее внимание. Однако подобные расчеты необходимы для правильного выбора параметров элементов системы и оценки ее эффективности, так как опыт эксплуатации таких систем показывает, что их работа зачастую неустойчива и сопровождается скачками скорости вращения при изменении сопротивления нагрузки и ветра [4]. В работах [5, 6], например, выполнено моделирование режима подобных систем малой мощности с использованием генератора переменного напряжения на постоянных магнитах, однако математическое описание узла "выпрямитель – фильтр" и аккумуляторной батареи представляется упрощенным, а аналитическая аппроксимация относительного вращающего момента имеет недостаточную точность.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью статьи является разработка уточненного математического описания системы автономного электроснабжения малой мощности и расчет ее режима в условиях изменения сопротивления нагрузки и скорости ветра.

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ

Математическое описание генератора с постоянными магнитами при допущении синусоидальности напряжения и ненасыщенности магнитной цепи выполняется в ортогональных  $d, q$  – координатах с опережающим вращением продольной оси [5]

$$\left. \begin{aligned} 1,5(r i_d + L_d \frac{d i_d}{dt} + L_q i_q p \Omega) + i_d \frac{R_H}{\sqrt{3}} &= 0; \\ 1,5(r i_q + L_q \frac{d i_q}{dt} - L_d i_d p \Omega - \Psi p \Omega) + i_q \frac{R_H}{\sqrt{3}} &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где  $u_d, i_d, u_q, i_q$  – продольные и поперечные составляющие фазных напряжений и токов;  $L_d, L_q$  – индуктивности фазной обмотки статора генератора вдоль соответствующих осей;  $p$  – число пар полюсов;  $r$  – активное сопротивление фазы обмотки статора;  $\Psi$  – потокосцепление магнитов вдоль продольной оси генератора;  $\Omega$  – угловая скорость;  $R_H$  – обобщенное сопротивление нагрузки.

Пренебрегая электрической инерционностью генератора по сравнению с механической инерционностью системы, из уравнений (1) получаем:

$$i_q = \frac{1,5 p \Omega \Psi \left(1,5r + \frac{R_H}{\sqrt{3}}\right)}{L_d L_q (1,5 p \Omega)^2 + \left(1,5r + \frac{R_H}{\sqrt{3}}\right)^2}; \quad i_d = -\frac{1,5 p \Omega L_q i_q}{1,5r + \frac{R_H}{\sqrt{3}}}$$

и выходной ток

$$i = \sqrt{i_d^2 + i_q^2} = \frac{1,5 p \Omega \Psi \sqrt{(1,5 p \Omega L_q)^2 + \left(1,5r + \frac{R_H}{\sqrt{3}}\right)^2}}{(1,5 p \Omega)^2 L_d L_q + \left(1,5r + \frac{R_H}{\sqrt{3}}\right)^2}. \quad (2)$$

Уравнение динамики механической части системы имеет вид уравнения равновесия моментов

$$J \frac{d\Omega}{dt} + k_{mp}\Omega + M_{ген} = M_{вк}, \quad (3)$$

где  $J$  – момент инерции;  $k_{mp}$  – коэффициент трения;  $M_{ген} = 1,5\pi i_q [1,5\Psi + (L_d - L_q)i_d]$  – электромагнитный момент генератора;  $M_{вк}$  – вращающий момент ветроколеса, зависящий от скорости ветра  $V$  [5]:

$$M_{вк} = M(z) \frac{D^3 \rho \pi V^2}{16},$$

где  $D$  – диаметр ветроколеса;  $\rho$  – плотность воздуха;  $z = D\Omega/2V$ ;  $M(z)$  – относительный момент, аппроксимированный в [6] выражением

$$M(z) = k_1 e^{-k_2(z-z_0)^2} + k_3 e^{-k_4 z} + k_5 \sin z - k_6 z^5,$$

где  $k_1 = 0,09$ ;  $k_2 = 0,35$ ;  $k_3 = 0,006$ ;  $k_4 = 0,03$ ;  $k_5 = 0,009$ ;  $k_6 = 3 \cdot 10^{-7}$ .

Обобщенная нагрузка системы  $R_n$  представляет сопротивление диода  $r_d$  и последовательно соединенное с ним параллельное соединение аккумуляторной батареи, балластной нагрузки  $r_{бал}$  и нагрузки  $r_n$

$$R_n = r_d + (r_{бал}^{-1} + r_n^{-1} + g_{акк})^{-1}, \quad (4)$$

где  $g_{акк}$  – проводимость АБ.

Сопротивление диода является функцией тока

$$r_d = r_d(i) = \begin{cases} 10^4, & i \leq 10^{-5} \text{ А}; \\ 0,1 \cdot i^{-1}, & i > 10^{-5} \text{ А}, \end{cases} \quad (5)$$

где первое условие характеризует закрытое состояние диода, второе – открытое.

Балластное сопротивление является функцией напряжения  $u$  на нагрузке [6]

$$r_{бал} = r_{бал}(u) = \begin{cases} 10^3, & u \leq U_0; \\ (u - U_0 + 10^{-3})^{-1}, & u > U_0, \end{cases} \quad (6)$$

где первое условие означает выключенное состояние балластного сопротивления (большое сопротивление) при напряжении на нагрузке, меньшем заданного  $U_0$ ; второе слагаемое определяет убывающий характер сопротивления при избытке мощности генератора и превышении напряжением на нагрузке уровня  $U_0$ .

Аккумуляторная батарея представляется своей проводимостью  $g_{акк}$ , которая зависит от напряжения  $u$  и от заряда батареи  $q$

$$g_{акк} = g_{акк}(u, q) = \begin{cases} 0, & q \leq 0 \text{ и } u \leq U_0; \\ 0, & q \geq q_{\max} \text{ и } u \geq U_0; \\ g(u) \text{ иначе,} \end{cases} \quad (7)$$

где  $q_{\max}$  – максимально допустимый заряд АБ.

Первое условие означает невозможность разряда полностью разряженной АБ, второе – невозможность заряда полностью заряженной АБ, третье – работу АБ в режиме заряда – разряда и стабилизации напряжения  $u$ . Проводимость  $g(u)$  определяется выражением [6]

$$g(u) = \begin{cases} \frac{I_{\max}}{u} - \frac{I_{\max}}{U_0} e^{-b(u-U_0)}, & u \geq U_0; \\ -\frac{I_{\max}}{u} + \frac{I_{\max}}{U_0} e^{b(u-U_0)}, & u < U_0, \end{cases}$$

где  $I_{\max}$  – максимально допустимый ток заряда и разряда АБ. Первое условие означает режим заряда и поглощения избыточной мощности генератора, вто-

рое – режим заряда. Если ток заряда или разряда меньше предельного значения, происходит стабилизация напряжения на нагрузке, если ток выходит на предельные значения, стабилизации не возникает. Коэффициент  $b$  определяет степень сглаживания напряжения и выбирается в диапазоне 2...10.

Заряд АБ зависит от ее тока и описывается уравнением

$$T_{акк} \frac{dq}{dt} = u \cdot g_{акк}(u, q), \quad (8)$$

где  $T_{акк}$  – постоянная, характеризующая емкость АБ и, следовательно, скорость ее заряда и разряда.

Таким образом, режим системы описывается дифференциальными уравнениями (3), (8) и алгебраическим уравнением

$$i = u \cdot (r_{бал}^{-1}(u) + r_n^{-1}(t) + g_{акк}(u, q)), \quad (9)$$

где ток  $i$  по выражению (2) зависит от скорости вращения  $\Omega$  и от обобщенного сопротивления нагрузки  $R_n$  по выражению (4) с сопротивлениями  $r_d(i)$  по (5),  $r_{бал}(u)$  по (6), проводимостью  $g_{акк}(u, q)$  по (7) и сопротивлением нагрузки, зависящим от времени  $r_n(t)$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Непосредственное численное решение уравнений (3), (8), (9) при произвольных  $r_n(t)$  и  $V(t)$  затруднено. Возможность применения схемного моделирования [5] ограничена большим количеством нелинейных элементов и сложным характером зависимостей. Более предпочтительной представляется аналитическая аппроксимация численного решения алгебраического уравнения (9).

Для этого на сетке  $r_{ni}$ ,  $\Omega_j$ ;  $i, j = 1, 2, \dots, n$  с шагом  $\Delta r_n$ ,  $\Delta \Omega$  численным решением уравнения (9) получены значения напряжения

$$u_{ij}(r_{ni}, \Omega_j) = u(r_{n0} + i\Delta r_n, \Omega_0 + j\Delta \Omega) \quad (10)$$

для случаев, когда АБ отключена  $g_{акк} = 0$  и когда она включена  $g_{акк} = g(u)$ . Графически зависимость в виде поверхности функции двух переменных изображена на рис. 1 (случай включенной АБ). Решение и дальнейшие построения выполнены при следующих типовых параметрах системы автономного электроснабжения малой мощности:  $L_d = 3,2$  мГн;  $L_q = 2,7$  мГн;  $r = 0,3$  Ом;  $p = 12$ ;  $\Psi = 0,165$  Вб;  $k_{mp} = 0,01$ ;  $D = 4$  м;  $J = 11,1$  кг·м<sup>2</sup>;  $T_{акк} = 20$ ;  $U_0 = 56$  В. Плоская часть поверхности с отклонениями в доли Вольта характеризует эффект стабилизации напряжения, которая нарушается лишь при малом сопротивлении нагрузки и скорости.

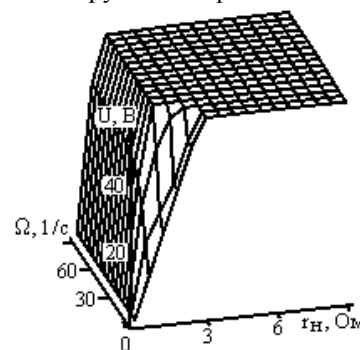


Рис. 1. Поверхность зависимости напряжения от скорости вращения и сопротивления нагрузки

Обе зависимости аппроксимированы функцией Бесселя второго порядка по переменным  $r_n, \Omega$  [7]:

$$U(r_n, \Omega) = 0,25U_1 + 0,5(x-0,5)U_2 + 0,5(y-0,5)U_3 + (x-0,5)(y-0,5)U_4, \quad (11)$$

где  $U_1 = u_{00} + u_{10} + u_{01} + u_{11}$ ;  $U_2 = u_{10} + u_{00} + u_{11} + u_{01}$ ;  $U_3 = u_{01} + u_{00} + u_{11} + u_{10}$ ;  $U_4 = u_{11} + u_{10} + u_{01} + u_{00}$ ;  $x = (r_n - r_{n0})/\Delta r_n$ ;  $y = (\Omega - \Omega_0)/\Delta \Omega$ ;  $r_{n0}, \Omega_0$  – начальные (минимальные) значения  $r_n, \Omega$ .

Теперь возможно численное интегрирование уравнений (3), (8) при обращении к одной из двух функций  $U(r_n, \Omega)$  в зависимости от включенного или выключенного состояния АБ в соответствии с условиями (7).

Для анализа стационарного режима системы электроснабжения, при различных  $r_n, V$  с использованием значений момента генератора  $M_{ген}$ , соответствующих величинам напряжения (10), на сетке  $r_{ni}, V_k$ ;  $i, k = 1, 2 \dots n$  с шагом  $\Delta r_n, \Delta V$  численно получены значения скорости, как решения уравнения (3) при  $d\Omega/dt = 0$

$$\Omega_{ik}(r_{ni}, V_k) = \Omega(r_{n0} + i\Delta r_n, V_0 + k\Delta V).$$

Эти значения определяют установившуюся скорость вращения генератора при фиксированных  $r_n, V$  и образуют сложную складчатую поверхность, фрагмент которой изображен на рис. 2, а сечения ее плоскостями  $\Omega, 0, V$  для различных  $r_n$  – на рис. 3. Эти рисунки получены для включенных балластного сопротивления и АБ и показывают, что на поверхности решения выделяются две устойчивые области с сечениями по  $0-a$  и  $b-c$  с положительным наклоном к оси  $V$  и одна неустойчивая область с сечением по  $a-b$  и отрицательным наклоном. Линии перегиба, отделяющие устойчивые и неустойчивые области поверхности, в проекции на плоскость  $r_n, V$  изображены на рис. 4 (сплошные линии).

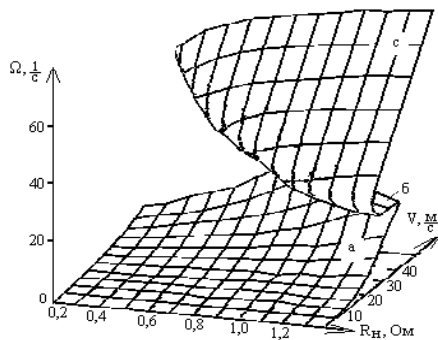


Рис. 2. Поверхность зависимости скорости генератора от сопротивления нагрузки и скорости ветра

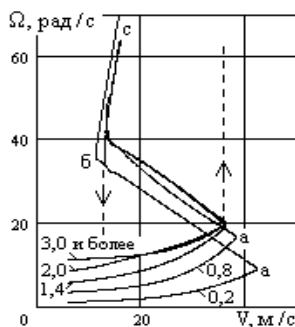


Рис. 3. Сечения поверхности скорости в условиях стабилизации при различных сопротивлениях нагрузки

При увеличении скорости ветра и неизменном сопротивлении нагрузки изображающая точка режима перемещается по вертикальной прямой на плоскости  $r_n, V$ , и при пересечении с линией перегиба  $a$ , скорость  $\Omega$  скачком перейдет с нижней устойчивой области  $0-a$  (малая скорость) на верхнюю устойчивую область  $b-c$  (большая скорость) на рис. 3 по штриховой линии вверх.

При снижении скорости ветра и неизменном сопротивлении нагрузки происходит обратный скачок скорости  $\Omega$  с верхней области в нижнюю (по штриховой линии вниз) по достижении линии перегиба  $b$  (рис. 4).

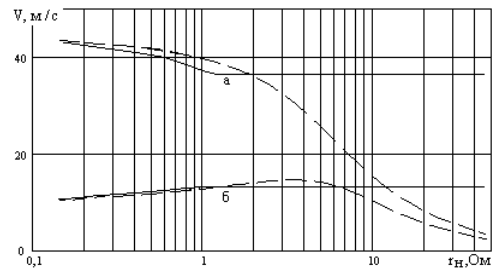


Рис. 4. Линии перегиба поверхности скорости

Аналогичные скачки скорости генератора происходят при изменении сопротивления нагрузки в диапазоне до 1 Ом и при постоянной скорости ветра. При изменении сопротивления в диапазоне, большем 1 Ом, в силу стабилизирующего действия балластного сопротивления и АБ скачков скорости не происходит; поверхность решения оказывается параллельной оси  $r_n$ .

Анализ рис. 2-4 показывает, что устойчивая работа системы возможна в широком диапазоне  $r_n, V$  на нижней области поверхности решения  $0-a$  с низкими скоростями вращения генератора (до  $20 \text{ c}^{-1}$ ). Уход на верхнюю область высоких скоростей возможен только при чрезмерных скоростях ветра ( $\approx 35 \text{ м/с}$ ) в точке  $b$ .

Работа системы на верхней области поверхности решения возможна на скоростях ветра  $13 \dots 16 \text{ м/с}$  и сопровождается значительными изменениями скорости вращения в диапазоне  $40 \dots 60 \text{ c}^{-1}$ . Неприятной особенностью является невозвратный переход в нижнюю область при снижении скорости ветра до  $13 \text{ м/с}$ . Таким образом, стабилизация напряжения на нагрузке при изменении ее сопротивления в широком диапазоне достигается ценой значительных колебаний скорости вращения генератора и узким диапазоном благоприятного изменения скорости ветра.

Для сравнения на рис. 5 изображены сечения рассматриваемой поверхности решения уравнения (3) для различных  $r_n$  в условиях отсутствия стабилизации напряжения (балластное сопротивление и АБ отключены). Соответствующие линии перегиба  $a$  и  $b$  в проекции на плоскость  $r_n, V$  изображены на рис. 4 (штриховые линии). Рис. 4, 5 показывают, что с ростом  $r_n$  происходит спрямление поверхности решения. При  $r_n > 50 \text{ Ом}$  она уже представляет наклонную плоскость, и устойчивая работа с приемлемыми скоростями вращения  $20 \dots 40 \text{ c}^{-1}$  возможна при скоростях ветра до  $8 \dots 12 \text{ м/с}$ . При сопротивлениях нагрузки  $r_n < 2 \text{ Ом}$  ярко выраженный складчатый характер поверхности решения сохраняется.

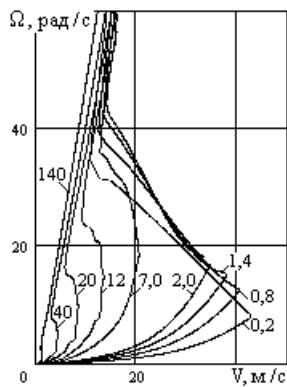


Рис. 5. Сечения поверхности скорости без стабилизации

На рис. 6 изображены расчетные графики режима системы при изменяющихся сопротивлении нагрузки и скорости ветра, полученные численным интегрированием уравнений (3), (8) с обращением к соответствующим функциям  $U(r_n, V)$  по выражению (11). Колебания скорости ветра происходят около значения 15 м/с, что соответствует работе системы на верхней области решений. Режим характеризуется значительными изменениями скорости вращения.

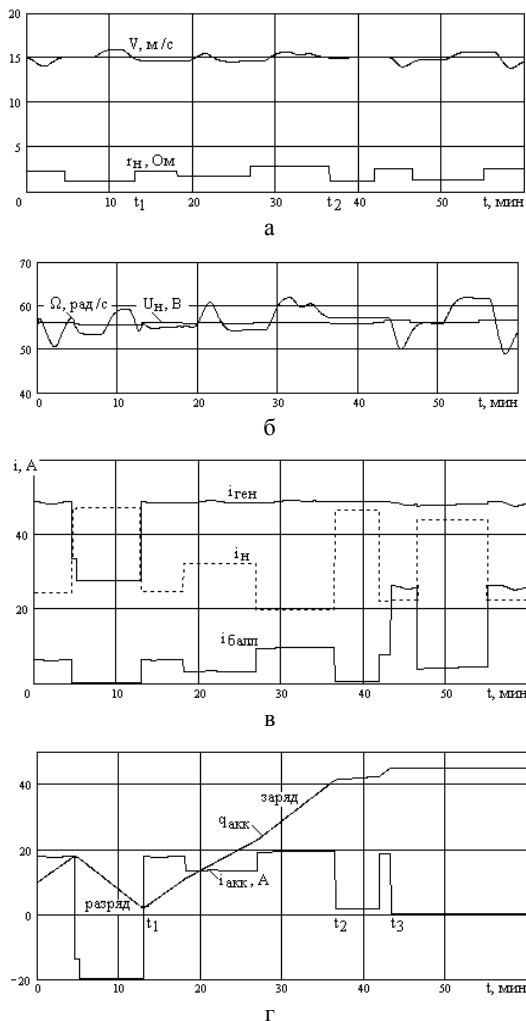


Рис. 6. Стационарный режим системы:

- а) скорость ветра и сопротивление нагрузки;
- б) скорость генератора и напряжение нагрузки;
- в) ток генератора, нагрузки и балластного сопротивления;
- г) ток и заряд аккумулятора.

Колебания напряжения на нагрузке наблюдаются в пределах 1...2 В на уровне  $U_0 = 56$  В, т.е. стабилизация напряжения осуществляется. Ток балластного сопротивления увеличивается на интервалах времени, когда увеличивается сопротивление нагрузки. Аккумуляторная батарея на первом провале сопротивления нагрузки разряжается предельным током, что приводит к потере стабилизации напряжения. На интервале  $t_1-t_2$  при сравнительно высоких сопротивлениях нагрузки АБ заряжается, и стабилизация напряжения осуществляется более эффективно. При полном заряде АБ с момента  $t_3$  его стабилизирующее действие прекращается, и колебания напряжения нагрузки становятся более заметными, изменения тока балластного сопротивления – более интенсивными.

На рис. 7 изображены графики режима системы при скачкообразной потере скорости вращения генератора в момент  $t_1$ , когда скорость ветра достигает критического значения (13 м/с). В течение 10 мин после потери скорости за счет разряда АБ поддерживается напряжение нагрузки. При полном разряде АБ система переходит на нижнюю поверхность скорости 2...4 с<sup>-1</sup>. Для возвращения системы в рабочий режим необходимо отключить АБ, балластное сопротивление и нагрузку, тогда возможно увеличение скорости генератора до 40...60 с<sup>-1</sup> (рис. 5).

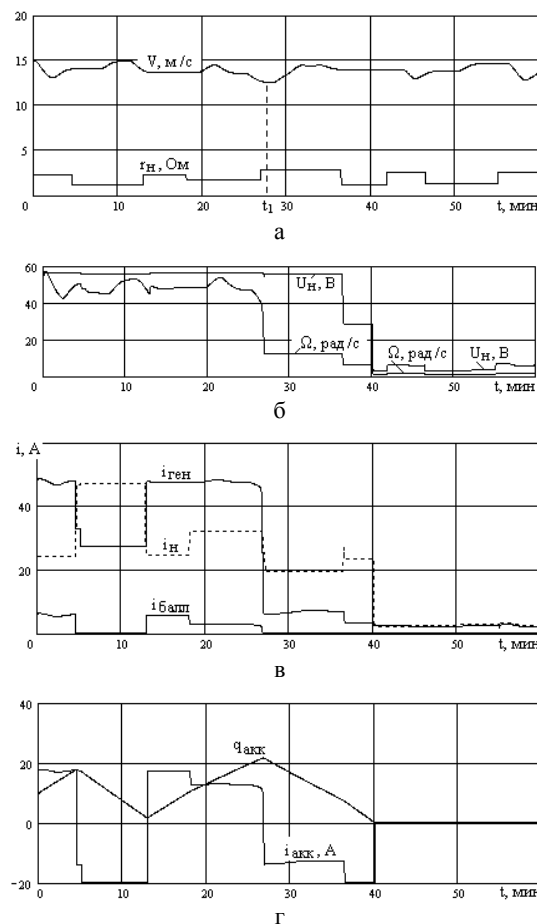


Рис. 7. Потеря скорости и напряжения системы при падении скорости ветра:

- а) скорость ветра и сопротивление нагрузки;
- б) скорость генератора и напряжение нагрузки;
- в) ток генератора, нагрузки и балластного сопротивления;
- г) ток и заряд аккумулятора.

## ВЫВОДЫ

Предложенный метод решения совокупности нелинейных алгебраических и дифференциальных уравнений режима системы автономного электроснабжения позволяет имитировать динамику системы в течение длительного времени в условиях произвольно меняющейся скорости ветра и сопротивления нагрузки. Построенное математическое описание системы в достаточной мере отражает ее поведение.

Типовая система автономного электроснабжения с электрическими средствами стабилизации напряжения устойчиво работает при значительных скоростях ветра. Снижение скорости ветра приводит к скачкообразной потере скорости генератора и выходного напряжения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукутин Б.В. Энергоэффективные системы генерирования электроэнергии для автономных ветроэлектростанций / Б.В. Лукутин, О.Б. Лукутин, Е.Б. Шандарова // Известия Томского политехнического ун-та. Т.308. – 2005. – № 7. – С. 203–206.
2. Андриенко П.Д. Стабилизация частоты вращения турбин генераторов ветроэлектрической установки / П.Д. Андриенко, В.С. Кражан, И.Ю. Немудрый. – Материалы международной н/т конф. "Проблемы повышения эффективности электромеханических преобразователей в электроэнергетических системах", Севастополь, 2010 г. – Изд-во СевНТУ. – 2010. – С. 97-98.
3. Буяльский В.И. Повышение эффективности управления ветротурбиной // Вестник СевГТУ. Серия Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. – Севастополь: Изд-во СевНТУ. – 2008. – Вып. 88. – С. 152-156.
4. Устойчивость режима автономной ветроэлектрической установки малой мощности / А.М.Олейников [и др.] – Материалы международной н/т конф. "Проблемы повышения эффективности электромеханических преобразователей в электроэнергетических системах", Севастополь, 2010 г. – Изд-во СевНТУ. – 2010. – С. 102-103.
5. Моделирование динамического режима автономной ветроэлектрической установки малой мощности / А.М.Олейников [и др.] // Праці Інституту електродинаміки НАНУ: зб. наук. праць. – Київ. – 2009. – Вип. 24. – С. 11-18.
6. Моделирование режима ветроэлектрической установки малой мощности / А.М.Олейников [и др.] // Електротехніка і електромеханіка. – 2010. – № 2. – С. 16-20.
7. Корн Г. Справочник по математике / Г Корн, Т.Корн. – М.: Наука, 1968. – 720 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Lukutin B.V. `Energ`o`effektivnyye sistemy generirovaniya `elektro`energii dlya avtonomnyh vetro`elektrostantsij / B.V. Lukutin, O.B. Lukutin, E.B. Shandarova // Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo un-ta. T.308. - 2005. - № 7. - S. 203-206. 2. Andrienko P.D. Stabilizaciya chastoty vrascheniya turbin generatorov vetro`elektricheskoy ustanovki / P.D. Andrienko, V.S. Krazhan, I.Yu. Nemudryj. - Materialy mezhdunar n/t. konf. "Problemy povysheniya `effektivnosti` `elektromehaniicheskikh preobrazovatelej v `elektro`energeticheskikh sistemah", Sevastopol', 2010 g. - Izd-vo SevNTU. - 2010. - S. 97-98. 3. Buyal'skij V.I. Povyschenie `effektivnosti upravleniya ветротурбиной // Vestnik SevGTU. Seriya Mehanika, `energetika, `ekologiya: sb. nauch. tr. - Sevastopol': Izd-vo SevNTU. - 2008. - Vyp. 88. - S. 152-156. 4. Ustojchivost' rezhima avtonomnoj vetro`elektricheskoy ustanovki maloj moschnosti / A.M.Olejnikov [i dr.] - Materialy mezhdunarodnoj n/t konf. "Problemy povysheniya `effektivnosti` `elektromehaniicheskikh preobrazovatelej v `elektro`energeticheskikh sistemah", Sevastopol', 2010 g. - Izd-vo SevNTU. - 2010. - S. 102-103. 5. Modelirovanie dinamiicheskogo rezhima avtonomnoj vetro`elektricheskoy ustanovki maloj moschnosti / A.M.Olejnikov [i dr.] // Praci Institutu elektrodinamiki NANU: zb. nauk. prac'. - Kiiv. - 2009. - Vip. 24. - S. 11-18. 6. Modelirovanie rezhima vetro`elektricheskoy ustanovki maloj moschnosti / A.M.Olejnikov [i dr.] // Elektrotehnika i elektromehaniika. - 2010. - № 2. - S. 16-20. 7. Korn G. Spravochnik po matematike / G Korn, T.Korn. - M.: Nauka, 1968. - 720 s.

Поступила 01.04.2011

*Канов Лев Николаевич, к.т.н., доц.*

Севастопольский национальный технический университет  
кафедра судовых и промышленных  
электромеханических систем  
99053, Севастополь, ул. Университетская, 33, СевНТУ  
тел. (0962) 435–272

*Kanov L.N.*

### **Calculation of an autonomous low-power ac supply system state**

A calculation technique for dynamic state of an autonomous low-power ac supply system is introduced. The technique is based on preliminary analytical approximation of the solution of a nonlinear algebraic equation and numeral integration of differential equations of the system. The technique is illustrated with an example calculation of the state of a power supply system with a DC link under variable load conditions.

**Key words – power supply, alternating current, storage battery, variable load, algebraic and differential equations set.**