

2. Шалыгин А.С. Прикладные методы статистического моделирования. [Текст] / А.С. Шалыгин, Ю. И. Палагин. – Л.: Машиностроение, 1986. – 320 с.
3. Петров Е. П. Практикум по основам статистической радиотехники: Учеб. пособие. [Текст] / Е.П. Петров, А. В. Частиков, Д. Е. Прозоров. – Киров: ВятГТУ, 2000. – 108 с.

УДК 621.311.4:621.313

Оборский Г.А., докт. техн. наук, профессор
Прокопович И.В., докт. техн. наук, доцент
Моргун Б.А., канд. техн. наук, доцент
Моргун Ю.Б., ст. преподаватель

Одесский национальный политехнический университет, i.v.prokovich@onu.ua

ОЦЕНКА КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИКИ ВЕТРОДВИГАТЕЛЯ МЕТОДОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Авторами разработан новый тип ветроэнергетической установки (ВЭУ) с адаптивным управлением формой лопасти в зависимости от скорости ветра и нагрузки на валу ротора [1].

Для исследования влияния внешних факторов на автоматическую систему регулирования (АСР) рассматриваемой ВЭУ составляем математическую модель, описывающую ее поведение в неустановившемся состоянии.

В установившемся состоянии ВЭУ момент движущих сил уравнивается моментом сил сопротивления. Движущей силой ВЭУ является энергия ветрового двигателя, момент которого обозначим $M_{вд}$, силой сопротивления ВЭУ является электрический генератор, момент которого – $M_{г}$. В неустановившемся состоянии, когда $M_{вд} \neq M_{г}$, появляется динамический момент $M_{д}$, с учетом которого можно записать:

$$M_{вд} - M_{г} = M_{д} \quad (1)$$

где $M_{д} = \frac{J \partial \omega}{dt}$;

J – момент инерции ротора ВЭУ, кг·м²;
 ω – угловая скорость вращения ротора, с⁻¹.

Уравнение динамики ротора

$$\Delta M_{вд} - \Delta M_{г} = \frac{J d(\Delta \omega)}{dt} \quad (2)$$

Для определения отклонений моментов сил воспользуемся следующими зависимостями:

$$M_{вд} = P_{вд} / \omega_{вд} \quad \text{и} \quad M_{г} = N_{г} / \omega_{г}, \quad (3)$$

где $M_{вд} = f(P_{вд})$; $P_{вд} = f_1(C_p, \rho, v, s)$ – мощность ветродвигателя, Ват;

$C_p = f_2(Z)$ – коэффициент мощности;

$Z = f_3(\omega, R, v)$ – коэффициент быстроходности;

$S = f_4(R, \varphi)$ – ометаемая площадь, м²;

$M_{г} = f_5(N_{г}, \omega_{г})$;

$N_{г}$ – мощность генератора, Ват;

φ – угол отклонения гондолы с ротором, град.

Для управления оборотами ротора используем метод вывода ротора из-под ветра [2], который уменьшает проекцию ометаемой площади ротора на перпендикулярную ветру

плоскость (рис. 1, а). Площадь ометания, в свою очередь, зависит от угла поворота гондолы с ротором φ (рис. 1, б).

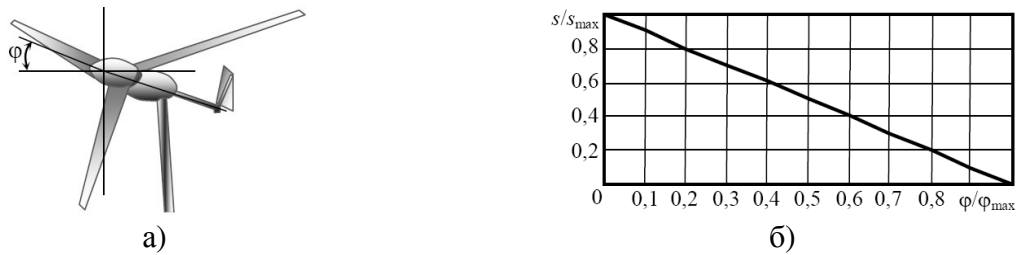


Рис. 1 – Поворот гондолы с ротором на угол φ

Разложим функции (3) в ряд Тейлора и оставим первые элементы ряда

$$\Delta M_{вд} = \frac{\partial M_{вд}}{\partial P_{вд}} \times \left(\frac{\partial P_{вд}}{\partial \rho} \frac{\partial \rho}{\partial T_в} \Delta T_в + \frac{\partial P_{вд}}{\partial \rho} \frac{\partial \rho}{\partial B} \Delta B + \frac{\partial P_{вд}}{\partial v} \Delta v + \frac{\partial P_{вд}}{\partial i} \frac{\partial s}{\partial \varphi} \Delta \varphi \right) + \frac{\partial M_{вд}}{\partial \omega} \Delta \omega, \quad (4)$$

$$\Delta M_{\Gamma} = \frac{\partial M_{\Gamma}}{\partial N_{\Gamma}} \Delta N_{\Gamma} + \frac{\partial M_{\Gamma}}{\partial \omega} \Delta \omega. \quad (5)$$

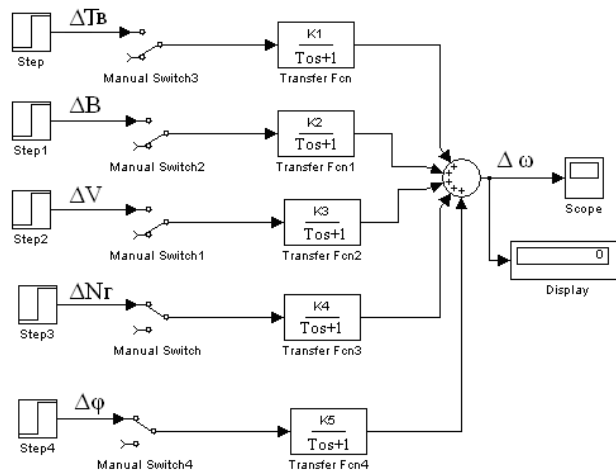


Рис. 2 – Электронная модель ВЭУ

Подставив уравнения (4), (5) в (3) и проведя соответствующие преобразования, получим дифференциальное уравнение динамики ротора ВЭУ в удобной форме:

$$T \frac{d(\Delta \omega)}{dt} + \Delta \omega = k_1 \Delta T_в + k_2 \Delta B + k_3 \Delta V + k_4 \Delta N_{\Gamma} + k_5 \Delta \varphi. \quad (6)$$

Для решения уравнения (6) построена электронная модель ВЭУ в пакете MATLAB, которая содержит пять каналов внешних воздействий (рис. 2).

Модель позволяет получить разгонные кривые ВЭУ (рис. 3) как объекта управления оборотами ротора при изменении различных внешних факторов, являющихся

контролюємими параметрами динаміки ротора: температури повітря (ΔT_B , °C); щільності повітря (ΔB , мм. рт. ст.); швидкості вітру (ΔV , м/с); потужності генератора (ΔN_G , МВт); кута відхилення ротора ($\Delta \phi$).

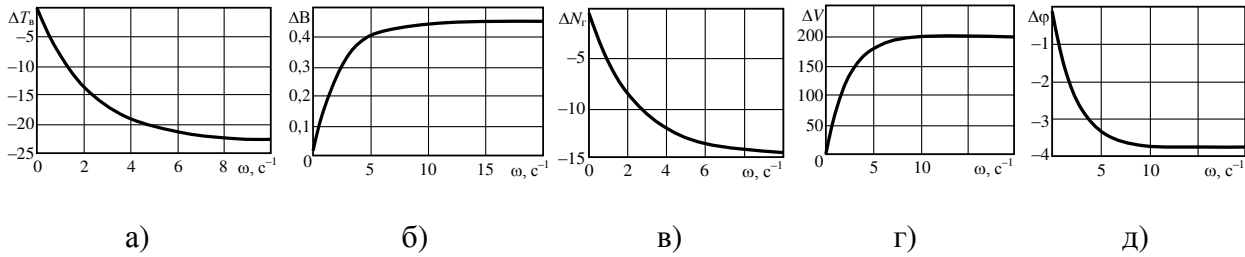


Рис. 3 – Разгонные кривые ВЭУ при увеличении: температуры воздуха (ΔT_B) (а); давления воздуха (ΔB) (б); электрической нагрузки генератора (ΔN_G) (в); скорости ветра (ΔV) (г); угла поворота гондолы ($\Delta \phi$) (д)

Таким образом, построенные математическая и электронная модели динамики ВЭУ позволяют определить контролируемые параметры динамики установки, такие как: изменение скорости вращения ротора $\Delta \omega$ под влиянием изменения температуры ΔT_B и давления ΔB воздуха, скорости ветра ΔV , а также изменения электрической нагрузки генератора ΔN_G и угла наклона гондолы $\Delta \phi$ с тем, чтобы на базе математической модели сформировать АСР оборотов ротора путем вывода гондолы из воздушного потока, а на базе электронной модели – провести моделирование АСР при воздействии на нее внешних факторов.

Список ссылок

1. Вітродвигун: пат. 112368 Україна. № а 201501365; заявл. 18.02.2015; опубл. 25.08.2016, Бюл. № 16.
2. Зінько Р.В. Морфологічне середовище для дослідження технічних систем: монографія / Р.В. Зінько. – Львів: Львівська політехніка, 2014. – 386 с.

УДК 519.85

Антошкін О.А., викладач

Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, antoshkin@nuczu.edu.ua

СТРАТЕГІЯ РІШЕННЯ ЗАДАЧІ РОЗМІЩЕННЯ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ ЯК ЗАДАЧІ СЕНСОРНОГО ПОКРИТТЯ

В роботі [1] для розв'язання задачі розміщення пожежних сповіщувачів, яка виникає при проектуванні систем пожежної сигналізації, запропоновано використовувати методи геометричного проектування. На базі вихідних даних, які має у своєму розпорядженні проектувальник, в роботі була побудована математична модель задачі розміщення пожежних сповіщувачів з урахуванням обмежень, які накладаються на розміщення пожежних сповіщувачів як фізичних об'єктів. При цьому розглядається комплексна задача формування шлейфів пожежної сигналізації із прокладанням дротових з'єднань між приладами. Тобто задача сенсорного покриття розбивається на декілька підзадач із необхідністю вирішення кожної з них.

З урахуванням особливостей математичної моделі пропонується стратегія вирішення задачі, яка включає наступні етапи:

1. Побудувати кругове покриття області з дотриманням усіх обмежень на взаємне розміщення пожежних сповіщувачів та на їх положення в області.
2. Якщо потрібно, побудувати математичну модель задачі покриття і зробити корекцію помилок покриття або оптимізацію якості покриття.
3. Провести трасування дротових з'єднань для отриманого покриття.