

12. Производство комбикормов на колхозно–совхозных цехах и заводах. Рекомендации. Минск, 1973.

13. Гусаков В.Г. «Клуб-100» – это почетно». «Белорусская нива», 2 августа 2007 г.

14. Степук Л.Я. Разработка и реализация Программы приоритетного сельхозмашиностроения – неперенное условие устойчивого развития сельского хозяйства в современных условиях. Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь, №1, 2000.

УДК 631.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВЕТРОУСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ НА БАЗЕ ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ

Боярчук В.М., к.т.н., профессор, Сиротюк В.Н., к.т.н., профессор,
Сиротюк С.В., к.т.н., доцент, Гальчак В.П., к.ф.-м.н., доцент,
Львовский национальный аграрный университет, г. Львов, Украина

Автономная ветроэлектрическая установка малой мощности является сложной электромеханической системой. Она состоит из ветровой турбины, которая воспринимает энергию поступательного ветрового потока и превращает ее во вращательное движение главного вала, который присоединен к электрогенератору. Обычно для согласования кинематических характеристик ветровой турбины и электрогенератора применяют мультипликатор, целесообразность установления которого определяется функционально-стоимостным анализом. Электрогенератор в большинстве случаев нагружен на звено постоянного тока - аккумуляторную батарею соответствующей емкости и напряжения. Для представления к потребителю электрической энергии с необходимыми параметрами необходимым является применение "DC/DC" или "DC/AC" преобразователей.

В результате несоответствия режимов генерирования электроэнергии энергии и ее потребления, а также значительной изменчивости ветрового потока ветроэлектрическая установка преимущественно работает в режиме зарядки аккумуляторной батареи. Для обеспечения длительной работоспособности аккумуляторной батареи необходимым является соблюдение рекомендованных режимов

ее зарядки, что одновременно должно быть согласованно с электрическими параметрами электрогенератора.

Для обеспечения высокой эффективности использования энергии ветра ветроустановкой и стойкости ее работы необходимым является обеспечение согласованности поступления энергии ветрового потока с отбором энергии от ветровой турбины. В первую очередь необходимо обеспечить такой режим отбора энергии от ветровой турбины, при котором рабочая точка на характеристике ветровой турбины находилась бы справа от максимального значения коэффициента использования энергии ветра на определенном расстоянии, которое обусловлено динамикой ветрового потока и нагрузки.

Для обеспечения выше приведенных требований необходимо осуществлять согласование параметров отдельных структурных элементов системы, которая может быть осуществлена только на основании моделирования работы ветроэлектрической установки во всем диапазоне изменения влиятельных факторов.

Моделирование сложных систем может быть осуществлено с использованием физических, математических, статистических моделей с использованием компьютерных технологий.

Применение физических моделей для оптимизации структуры и параметров структурных элементов ветроэлектрических установок усложняется высокой трудоемкостью и стоимостью создания моделей, сложностью регулирования параметров в процессе моделирования и обеспечения соответствующего динамического диапазона влиятельных параметров.

Математическое моделирование является наиболее эффективным способом, однако при моделировании сложных систем аналитическим способом возникают трудности математического характера, которые обычно трудно преодолеть. В таком случае возможным является применение численных методов решения.

Применение статистических методов моделирования утрудняется на этапе формализации задач и интерпретации полученных результатов.

В условиях стремительного развития компьютеризации научных исследований разработано значительное количество программных продуктов, которые обеспечивают возможность комбинированного приложения математического и других методов моделирования с максимальной эффективностью. В частности, можно отметить ис-

пользование программных продуктов MathCAD, MathLAB - Simulink, LabVIEW и другие.

Среди перечисленных программных продуктов для моделирования ветроэлектрических установок в наибольшей степени отвечает модель, построенная на базе LabVIEW.

Характерной особенностью моделирования в среде LabVIEW есть использование потоков данных, которые могут поступать от физических объектов, цифровых файлов, сформированных в результате предыдущих исследований и генераторов случайных чисел. Создание моделей в среде LabVIEW осуществляется графически-объектным способом, который существенно упрощает процедуру, сокращает время и обеспечивает качественную визуализацию процесса моделирования.

В процессе построения и налаживания моделей целесообразно применять разные способы задания входных потоков влиятельных факторов: стационарный, ручной непрерывный, случайный машинный (приближен к реальному), а также реализаций в режиме реального времени, или предварительно записанных в виде цифрового файла.

Теоретической основой, разрабатываемой модели электромеханической системы ветроэлектрической установки есть уравнение момента, который разбивает ветровая турбина

$$M = \int_{r_0}^R dM = \int_{r_0}^R 4\pi \cdot r^2 \cdot \rho \frac{e}{1+e} v^2 \frac{1-\mu \cdot z_v}{z_v + \mu} dr, \quad (1)$$

решением которого есть уравнение

$$M(t) = \frac{4e(1-e)}{Z(1+e)} \left[\left(1 - \frac{r_o^2}{R^2} \right) - 2\mu \left(\frac{z_v}{3} + \frac{1-\frac{r_o}{R}}{z_v} - \frac{1-\frac{r_o^2}{R^2}}{2} \right) \right] \cdot \pi \cdot R^3 \frac{\rho [v(t)]^2}{2}, \quad (2)$$

где e – коэффициент торможения воздушного потока ($e = v_1/v$);

v_1 – скорость, вызванная действием вращательного момента лопастей ветровой турбины, м/с;

$v(t)$ – скорость ветрового потока, м/с;

Z – модульность ветровой турбины ($Z = \frac{\omega R}{v}$);

r_o – радиус начала рабочей зоны лопасти, м;

R – радиус ветровой турбины, м;

μ – параметр, который отвечает обратному качеству лопасти ($\mu = C_x / C_y$);

C_x и C_y – сопротивление лопасти в ее плоскости и подъемная сила, соответственно;

z_0 – модульность, которая отвечает определенному радиусу дужки ветровой турбины;

ρ – плотность воздуха, кг/м^3 .

Динамика системы моделируется следующим уравнением

$$J \frac{d\omega}{dt} = M - M_c, \quad (3)$$

где J – суммарный момент инерции ветровой турбины и вращательных масс приведенный к главному валу, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

M_c – момент сопротивления на валу генератора, приведенный к главному валу и моменту сопротивления трения, Н·м.

Следует отметить, что поданы теоретические принципы модели ветроустановки не учитывают возникновения начального момента, который предопределяет страгивание ветроколеса. Это приводит к неопределенности в начальный момент моделирования. Приближенно без учета закрутки лопасти постоянной ширины и при условии, что центр давления приходится на середину длины лопасти, страгивающий момент M_p можно определить воспользовавшись зависимостью

$$M_p = F_{\text{кол}} \cdot r_c, \quad (4)$$

где $F_{\text{кол}}$ – окружная составляющая лобового давления на лопасти, Н;

r_c – расстояние от оси вращения ветроколеса к точке прикладывания равнодействующей лобового давления, м.

В свою очередь, окружная составляющая лобового давления может быть определена как

$$F_{\text{кол}} = F_l \cdot \cos \beta \cdot \sin \beta, \quad (5)$$

где F_l – сила лобового давления на лопасти, Н;

β – угол заклинивания лопасти, град.

Силу лобового давления на лопате определим за формулой

$$F_l = \frac{v^2 \cdot S_l \cdot n_l \cdot k_{об} \cdot \rho}{2}, \quad (6)$$

где S_l – площадь миделевого сечения лопасти, м^2 ;

n_l – количество лопастей, шт.;

k_{od} – коэффициент обтекаемости лопасти.

Нагрузкой ветроколеса является электрический генератор переменного тока с возбуждением от постоянных магнитов присоединенный через мультипликатор. Теоретической основой, на которой базируется моделирование динамики электрического генератора была система уравнений:

$$\begin{aligned}\frac{di(t)}{dt} &= \frac{U(t) - C \cdot \omega(t) \cdot \Phi - R \cdot i}{L}; \\ \frac{d\omega(t)}{dt} &= \frac{C \cdot i(t) - M(t)}{J}; \\ M(t) &= C \cdot i(t) \cdot \Phi.\end{aligned}\tag{7}$$

Система уравнений (7) развязывается методом численного интегрирования.

В реальных условиях следует учитывать, что нагрузкой генератора, как правило, является аккумуляторная батарея. Поэтому, необходимо учитывать требования относительно режима ее зарядки.

В структуру разработанной модели ветроэлектрической установки входят следующие блоки: входных потоков, определения текущего значения момента ветровой турбины, определения величины начального момента страгивания ветровой турбины, определения текущего значения угловой скорости ветровой турбины, моделирования параметров электрогенератора, определения текущей мощности ветроустановки, моделирования параметров мультипликатора, моделирования характеристики ветровой турбины. Для возможного анализа результатов моделирования в состав каждого блока входит виртуальный прибор формирования цифровых измерительных файлов.

Блок входных потоков состоит из следующих подблоков: формирование случайного модельного ветрового потока, вводу данных преобразователя скорости ветра в режиме реального времени, ручного ввода уровня скорости ветра, ввода цифрового файла данных скорости ветра, полученных цифровой метеорологической станцией.

Для визуализации текущих значений исследуемых параметров используются виртуальные приборы (осциллографы, цифровые дисплеи, элементы управления), которые смонтированы на виртуальной фронтальной панели.

Подблок формирования случайного модельного ветрового потока выполнен с использованием виртуальных приборов: генератор синусоидальных сигналов и генератор случайных чисел.

Как преобразователь скорости ветрового потока использовался чашечный анемометр, присоединенный к системе моделирования с помощью платы сбора данных и управления USB 6009, фирмы National Instruments (США).

Цифровой файл скорости ветрового потока был сформирован с использованием цифровой метеорологической станции и организовано его считывание с помощью виртуального прибора.

Формирование блоков расчетов параметров осуществлялось с использованием структур формула и циклов.

Формирование характеристики ветровой турбины осуществлялось с использованием эмпирического уравнения аппроксимации кривой коэффициента использования энергии ветра полиномом 4 степени, осуществленной в среде Microsoft Excell.

Изменение нагрузки на выходе электрогенератора осуществлялось в ручном режиме изменением сопротивления нагрузки с использованием виртуального прибора типа ползунка.

Разработанная модель позволяет осуществлять моделирование режимов работы ветроэлектрической установки и исследовать ее динамику изменением параметров структурных элементов системы. Таким образом, моделирование позволяет оптимизировать соотношение параметров и режимных характеристик в процессе проектирования и в конкретных условиях эксплуатации.

Литература

1. Фатеев Е.М. Ветро двигатели и ветроустановки. Учебное пособие. / Е.М. Фатеев. – М.: ГосИздат с.-х. лит., 1957. – 536 с.
2. Суббота А.М., Дыбская И.Ю., Заболотный А.В. Система управления ветроэнергетической установкой. // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. - 2009, № 3 (37). – С. 61-67.
3. Моделювання електроприводів: Навч. Посібник / Л.Д. Костинюк, В.І. Мороз, Я.С. Паранчук. – Львів: Видавництво Нац. університету "Львівська політехніка", 2004. – 404 с.
4. Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И. LabView для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора.

Практическое руководство для работы в программной среде LabView. – М.: ДМК Пресс, 2007. -400 с.

5. Суранов А.Я. LabView 8.20: Справочник по функциям. – М.: ДМК Пресс, 2007. -536 с.

УДК 632.935.4

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Косулина Н. Г., д.т.н., профессор, Чёрная М. А., *Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко, г. Харьков, Украина*
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко

Традиционные технологии повышения урожайности, применяемые на сегодняшний день, практически исчерпали свои возможности, а применение зарубежных зачастую нецелесообразно из-за существенных различий в сырье, условиях эксплуатации и сложившихся традициях ведения хозяйства, высокой стоимости оборудования. В связи с этим появляется необходимость внедрения современных высокоэффективных методов обработки семян.

Качество семенного материала в решающей степени определяет качество и количество получаемого урожая. Сельскохозяйственное производство предъявляет к семенам определённые требования, установленные государственными стандартами.

Производство семян включает ряд технологических мероприятий: послеуборочное хранение, предпосевная обработка, обеззараживание, посев. На каждой стадии производства и хранения на семена возможно негативное влияние природно-климатических и хозяйственных факторов, которые снижают их качество. При неудовлетворительных условиях хранения или выращивания, семена теряют естественную всхожесть, заражаются болезнями, повреждаются насекомыми-вредителями, травмируются при механической обработке [1].

Специалисты сельскохозяйственного производства и учёные постоянно ищут способы и средства для повышения посевных качеств семян. Чаще всего стимулирующие рост и развитие методы показывают аналогичные результаты при их использовании в различных