

C1, C2, C3, C4 – векторы целей соответственно изготовления продукции, технического обслуживания оборудования, обеспечения качества, управление запасами, которые согласуются с вектором экономических целей C0; R1 – заквасочные культуры; P4 – горячая вода; P6 – холодная вода; Ф1 – соблюдение технологического регламента; Ф8 – проверка изоляции теплового оборудования согласно графику; Ф10 – обеспечение бесперебойной работы котла; Ф11 – соблюдение технологии охлаждения воды; Ф17 – соблюдение графика плановых ремонтных работ; Ф23 – прогнозирование затрат на ремонт оборудования, узлов и механизмов; Ф25 – анализ причин поломок.

На основании составляющих С-сценария, на каждом жизненном цикле можно построить оптимизационную задачу и найти оптимальные значения атрибутов. Примером такой постановки задачи для класса 7 будет

$$J(\bar{a}, \bar{P}, \bar{R}, \bar{\Phi}) = \varphi(\bar{a}, \bar{P}, \bar{R}, \bar{\Phi}) \rightarrow \underset{\substack{\Phi \in \Omega_{\Phi}, \\ P \in \Omega_P}}{exrt}}{a7.3opt},$$

где множества $\bar{a}, \bar{P}, \bar{R}, \bar{\Phi}$ задаются соответственно своими составляющими; Ω_{Φ}, Ω_P – ограничения на соответственные множества; функция $\varphi()$ описывает сводный критерий класса, основанный на целях C1–C4.

Результатом выполнения С-сценария является вектор из элементов множеств X_7, Y_7, U_7, Θ_7 , который описывает текущие состояния системы на каждом жизненном цикле E_7 . На основании данной информации можно сделать вывод о рабочей или нештатной оперативной ситуации.

В дальнейшем планируется разработка программного обеспечения подсистемы поддержки принятия решений, которая в оперативном режиме будет обеспечивать советы оператору относительно работы отделений молокозавода, уменьшать простои за счет своевременного выявления и устранения возможных причин поломок, проведение внеплановых мелких ремонтных работ с целью предотвращения серьезных ремонтов.

Заключение. Системный анализ ТК молокозавода позволил выявить ряд причин выхода технологического, электрического и автоматического оборудования из строя, что приводит к переходу систе-

мы в нештатный режим работы. Формализован переход системы из нештатного режима в рабочий при помощи использования сценарно-целевого подхода, построения А- и С-сценариев, которые являются основанием для проведения имитационного моделирования на этапе разработки подсистемы поддержки принятия решения.

Внедрение предложенной подсистемы поддержки принятия решений позволит повысить эффективность работы ТК за счет уменьшения простоев, своевременного определения текущей ситуации и принятия, на основании сделанных выводов, оперативного решения относительно состояния оборудования и технологического процесса.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Korobiichuk, I. Modern Development Technologies and Investigation of Food Production Technological Complex Automated Systems / I. Korobiichuk, A. Ladanyuk, L. Vlasenko, N. Zaiets Proceedings of 2-nd International Conference on Mechatronics Systems and Control Engineering ICMSCE 2018. – Amsterdam, Netherlands. – February 21–23. – 2018. – P. 52–56.
2. Машкін, М. І. Технологія молока і молочних продуктів: Навч. видання / М. І. Машкін, Н. М. Париш. – К.: Вища освіта, 2006. – 351 с.: іл.
3. Ладанюк, А. П. Системний аналіз складних систем управління: навч. посіб. / А. П. Ладанюк, Я. В. Смітюх, Л. О. Власенко, Н. А. Заєць, І. В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2013. – 274 с.
4. Лошак, Т. В. Оптимальне управління технологічним комплексом молочного заводу / Т. В. Лошак // Аграрна наука і освіта. – К.: НАУ, 2006. – Том 7. – № 1–2. – С. 108–113.
5. Власенко, Л. О. Особливості проведення системного аналізу технологічного комплексу молокозаводу на основі ситуаційно-сценарного підходу / Л. О. Власенко, Т. В. Савченко, Є. В. Довженко // Вісник інженерної академії України. – 2014. – № 1. – С. 159–264.
6. Ладанюк, А. П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування): монографія / А. П. Ладанюк, Н. А. Заєць, Л. О. Власенко. – К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 312 с.
7. Згуровський, М. З. Основи системного аналізу / М. З. Згуровський, Н. Д. Панкратова. – К.: Видавничка група BHV, 2007. – 544 с.: іл.
8. Юдицкий, А. С. Сценарный подход к моделированию поведения бизнес-систем / А. С. Юдицкий. – М.: СИНТЕГ, 2001. – 112 с.

Материал поступил в редакцию 20.11.2018

ZAIETS N.A., VLASENKO L.O., LUTSKAYA N.N., SHTEPA V.N. Modern technologies for estimating the operation modes of technological complexes of food production

A systematic analysis of a typical technological complex of a dairy plant was carried out to further predict equipment malfunction. Dairy production is divided into separate components, on the basis of which an A-scenario was developed for the entire production. The task of assessing the operating modes of the control system (standard, non-standard, transitional), as well as options for the transition to normal mode is formalized.

The subsystem C-script is executed, the use of which on each life cycle will make it possible to solve the optimization problem.

УДК 621.311.24

Алексеевский Д. Г., Прокопеня О. Н., Панкова О. О., Манаев К. В.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ С АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ МУЛЬТИПЛЕЦИРОВАНИЕМ

Введение. Ветроэнергетические установки с аэродинамическим мультиплицированием (АДМ) является альтернативной концепцией построения ветроэнергетических установок (ВЭУ) электромеханических систем [1, 2]. Ее главное преимущество перед классической ВЭУ состоит в том, что ветроэлектрогенерирующая система с АДМ

позволяет избавиться от механического мультипликатора при отсутствии необходимости использования массивного тихоходного генератора. Результаты исследования свойств данной системы были приведены в работах [3, 4, 5].

Алексеевский Дмитрий Геннадиевич, к. т. н., доцент кафедры электронных систем Запорожской государственной инженерной академии.

Манаев Кирилл Вячеславович, аспирант кафедры электронных систем Запорожской государственной инженерной академии.

Панкова Ольга Олеговна, аспирант кафедры электронных систем Запорожской государственной инженерной академии.

Украина, ЗГИА, 69006, г. Запорожье, пр. Соборный, 226.

Прокопеня Олег Николаевич, к. т. н., доцент, заведующий кафедрой автоматизации технологических процессов и производств Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Машиностроение

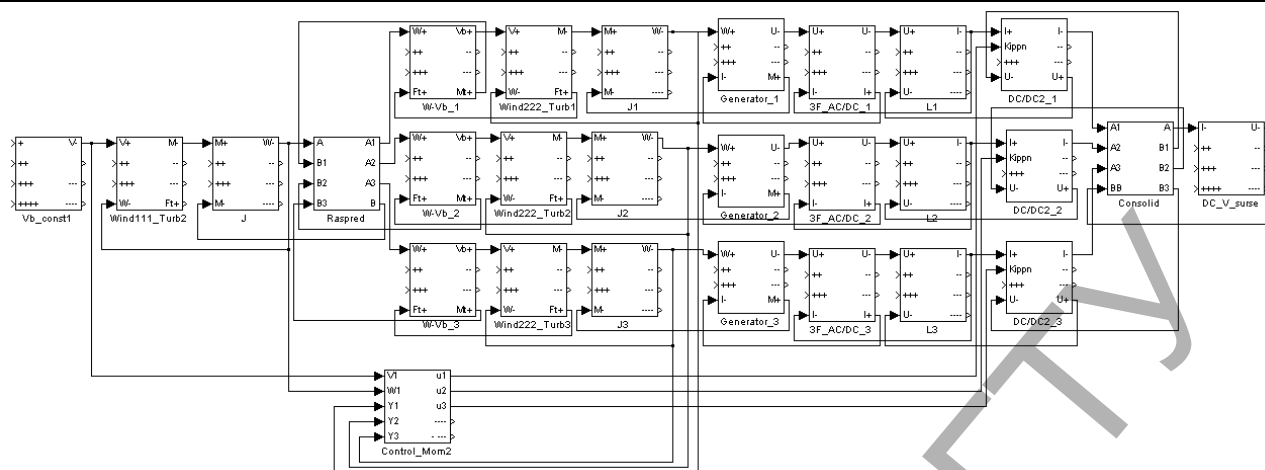


Рисунок 1 – Модель трехканальной ВЭУ с АДМ

Необходимо отметить, что в этих работах рассматривались ВЭУ с АДМ, у которых в зоне оптимального отбора мощности ветрового потока, где отбираемая мощность не превышает номинального значения, регулирование осуществлялось при фиксированном угле установки лопастей первичной ветротурбины, а в зоне ограничения мощности регулирование осуществлялось путем поворота лопастей.

В работе [6] был предложен способ управления ВЭУ с аэродинамическим мультиплицированием, реализующий моментный принцип управления, который позволяет не использовать поворот лопастей первичной ветротурбины. Это дает возможность, за счет отказа от механизмов поворота лопастей, значительно снизить капитальные и эксплуатационные затраты на ВЭУ. Суть моментного управления состоит в задании значений моментов на валу генераторов, обеспечивающих заданный режим отбора мощности ветрового потока первичной ветротурбины. Данный способ управления также обеспечивает работу ВЭУ как в зоне оптимального отбора мощности, так и в зоне ограничения мощности, при скорости ветра больше номинального значения.

Постановка проблемы. Для внедрения алгоритма моментного управления важным является вопрос об эффективности его применения с точки зрения выработки электроэнергии. Также, нужно отметить, что на величину выработки ВЭУ с АДМ могут оказывать влияние параметры распределения скорости ветрового потока как случайной величины. Таким образом, становится актуальной задача проведения сравнительного анализа эффективности применения для ВЭУ с АДМ алгоритма моментного управления и алгоритма с использованием поворота лопастей первичной ветротурбины, при различных параметрах ветрового потока.

Цель статьи. Целью данной работы является определение влияния параметров ветрового потока, соответствующих определенной местности, на эффективность применения моментного алгоритма управления ВЭУ с АДМ.

Материалы и результаты исследования. Для проведения сравнительного анализа эффективности моментного управления в работе была применена математическая модель ВЭУ с АДМ, построенная с использованием методики построения визуально-блочных моделей (ВБМ), которая изложена в [7, 8].

Реализация полученной модели в приложении Simulink среды программирования MATLAB приведена на рисунке 1.

Модель описывает трехканальную ВЭУ с АДМ в относительных величинах. Суть работы ВЭУ с АДМ при моментном управлении состоит в следующем. Первичный воздушный поток взаимодействует с первичной ветротурбиной. Мощность на ее валу преобразуется в мощность вторичного воздушного потока, который взаимодействует с тремя вторичными ветротурбинами, закрепленными на лопастях первичной. Вторичные ветротурбины напрямую соединены с валами синхронных генераторов. Мощность с выхода каждого генератора подается через трехфазный выпрямитель на вход импульсного преобразователя постоянного напряжения (ИППН) повышающего типа. Выходы

всех трех ИППН объединяются в общем звене постоянного тока.

В данной схеме ИППН используются для регулирования токов генераторов с целью задания моментов на их валах в соответствии с заданным алгоритмом управления [6]. Управляющим сигналом для системы является коэффициент заполнения ИППН, который формируется блоком управления.

Результаты совместного моделирования двух вариантов реализации алгоритма управления приведены на рисунке 2. Пунктирная линия соответствует графику мощности ВЭУ с моментным управлением. Сплошная линия соответствует графику мощности ВЭУ с фиксированной скоростью вращения вторичных ветротурбин и регулированием изменением угла установки лопастей первичной ветротурбины.

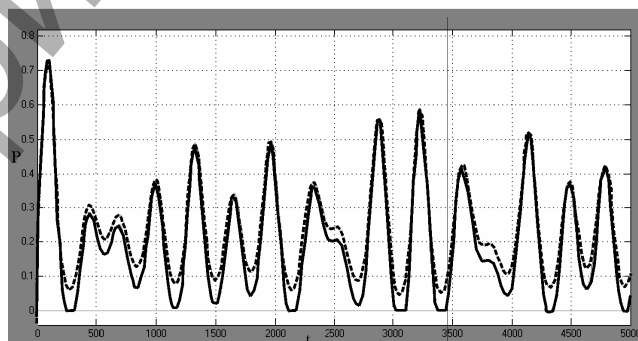


Рисунок 2 – Результаты моделирования трехканальной ВЭУ с АДМ

Входное воздействие на систему, в виде изменяющейся скорости первичного ветрового потока, моделировалось с помощью распределения Рэля [9]. В результате модельного эксперимента была получена зависимость, характеризующая влияние средней скорости ветрового потока на относительное увеличение выработки электроэнергии при использовании моментного алгоритма управления. График данной зависимости приведен на рисунке 3.

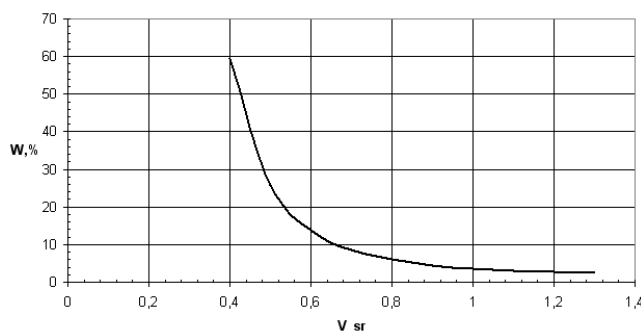


Рисунок 3 – Зависимость приращения выработки электроэнергии трехканальной ВЭУ с АДМ от средней скорости ветрового потока

Как видно из представленного графика, наибольшее приращение выработки приходится на малые значения скорости ветрового потока. Объясняется это тем, что при малых скоростях ветра для способа с фиксированным значением скорости вращения вторичных ветротурбин в диаграмме выработки электроэнергии наблюдается некоторое снижение по отношению к оптимальному отбору мощности [3]. Этот режим ВЭУ с АДМ в работе [5] определяется как квази-автооптимизационный. В то же время алгоритм моментного управления реализует действительно автооптимизационный режим [5].

Заключение. Проведенный в работе анализ эффективности применения моментного управления ВЭУ с АДМ показал увеличение выработки электроэнергии по сравнению с используемым в настоящее время способом управления при фиксированной скорости вращения вторичных ветротурбин. С уменьшением средней скорости ветрового потока приращение выработки увеличивается. Однако нужно отметить, что при малых скоростях ветрового потока снижается выработка электроэнергии, что уменьшает прирост в абсолютном выражении. Тем не менее, результаты подтвердили эффективность предложенного алгоритма моментного управления ВЭУ.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Голубенко, Н. С. Тенденции развития ветроэнергетики и безмультипликаторные ветровые установки / Н. С. Голубенко, С. И. Довгалюк, А. М. Фельдман, В. А. Цыганов // Нетрадиционная энергетика XXI века: материалы IV Международной конференции. – Крым, Гурзуф. – 2003. – С. 68–74.
2. Голубенко, Н. С. Аэродинамические способности безмультипликаторной турбогенераторной схемы ветроэнергетической установки большой мощности / Н. С. Голубенко // Нетрадиционная энергетика XXI века: матер. 4-й Междунар. конф. – Гурзуф. – 2003. – С. 123–132.
3. Голубенко, Н. С. Моделирование электромеханической системы ВЭУ с аэродинамическим мультипликатором в режиме стабилизации скорости ветровых турбин / Н. С. Голубенко, П. Д. Андриенко, И. Ю. Немудрый, Д. Г. Алексеевский // Эл. техника и эл. энергетика. – 2011. – № 1. – С. 70–73.
4. Миргород, В. Ф. Управление ветроэнергетической установкой большой мощности по запасам аэродинамической устойчивости // Вестник двигателестроения. – 2009. – № 3. – С. 67–70.
5. Алексеевский, Д. Г. Объяснение эффекта автооптимизации электромеханической системы ВЭУ с аэродинамическим мультиплицированием // Технічні науки та технології. Науковий журнал. – Серія: Технічні науки. – Чернівці: ЧДТУ, 2015. – № 1 (1). – С. 170–176.
6. Алексієвський, Д. Г. Моментне управління ВЕУ з аеродинамічним мультиплікуванням // Вісник КНУТД. – Серія: Технічні науки. – К.: КНУТД, 2015. – № 5 (90). – С. 32–36.
7. Алексеевский, Д. Г. Визуальное моделирование многоканальных ветроэлектрогенерирующих систем / Д. Г. Алексеевский // Вісник національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – 2017. – № 27(1249). – С. 332–336.
8. Алексеевский, Д. Г. Визуальная модель трехфазного мостового выпрямителя / Д. Г. Алексеевский, А. Г. Алексеев, К. О. Турышев, О. О. Панкова // Вісник національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – 2017. – № 27(1249). – С. 309–312.
9. Твайдел, Дж. Возобновляемые источники энергии / Дж. Твайдел, А. Уэйр; пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.

Материал поступил в редакцию 20.11.2018

ALEKSEVSKIY D. G., PROKOPENIA O. N., PANKOVA O. O., MANAEV K. V. Analysis of the efficiency of control algorithms wind power plant with an aerodynamic multiplication

Comparative analysis of utilization efficiency of two control algorithms for a wind power system with aerodynamic multiplication was presented in the article. These are algorithm with fixed rotation speed of secondary wind turbines with the ability to control installation angle of the primary wind turbine, and the torque control algorithm with a variable rotation speed of secondary wind turbines. Dependence of capacity electricity ratio between the two control algorithms to the average speed of the wind flow was presented in the article too.