

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 4 (2022)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/UJEG4973>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.
к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *д.т.н., профессор*
Алиферов А.И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Кошеков К.Т., *д.т.н., профессор*
Приходько Е.В., *к.т.н., профессор*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD*
Омарова А.Р., *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

***К. С. Шоланов¹, А. С. Омаров²**

^{1,2}Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Республика Казахстан, г. Караганда

ИССЛЕДОВАНИЕ И ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ВЕТРОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С ЗОНТОВЫМ ПАРУСОМ

Цель исследования: повысить эффективность преобразования ветровой энергии в электрическую путем выбора конструкции и основных параметров актуаторов манипуляторного преобразователя (МП) парусной ветровой электростанции (ПВЭС). Представлена модифицированная ПВЭС, в которой разработана конструкция актуатора МП, объединяющего полуактивную пружинно-демпферную подвеску (ПДП), систему отбора мощности (СОМ) и генератор электрического тока. Показаны преимущества модифицированного ПВЭС при реализации технологии преобразования энергии ветра в электрическую энергию. Проведено исследование и выбор параметров полуактивной подвески актуатора путем анализа созданной динамической модели. Проведен синтез системы управления преднатягом пружины актуатора. Составлена структурная схема системы управления, по которой с помощью Simulink MatLab была построена компьютерная модель и проанализировано поведение системы при различных жесткостях пружины ПДП. На основе параметров опытного образца проведен анализ эффективности ПВЭС. Расчеты энергетического баланса показали, что результаты изменения конструкции ПВЭС, выбор параметров и структуры системы управления подвески позволили создать управляемый возобновляемый источник электрической энергии, имеющий возможность работать с номинальной мощностью при скоростях ветра от 2.5 м/с и выше, независимо от изменения скорости и направления ветра.

Ключевые слова: возобновляемый источник энергии, парусная ветровая электростанция, зонтовой парус, параллельный манипулятор, актуатор, пружинно-демпферная подвеска.

Введение

С ростом цен на исчерпаемые виды энергии и ухудшением экологической обстановки в мире, все большее внимание уделяется устойчиво возобновляемым источникам энергии, бесспорным лидером в которых к настоящему времени по энергоёмкости является гидроэнергетика. Из источников устойчивого энергоснабжения второе место по энергоёмкости занимает ветровая энергия [1], благодаря своей высокой эффективности и низкому уровню загрязнения окружающей среды.

При этом эффективность современных систем преобразования энергии ветра в электрическую энергию меняется в зависимости от метеорологии окружающей среды и скорости ветра [2-3]. Так как КПД таких установок недостаточно эффективен при низких скоростях и резкопорывистости ветра, разрабатываются альтернативные методы и конструкции преобразования ветровой энергии.

Одними из таких разработок стали ПВЭС с качающимся рабочим органом на основе параллельного манипулятора Sholkor [4,5], а также ПВЭС, модифицированные с целью повышения энергоэффективности [6].

На Рис. 1, а представлена модель модифицированного ПВЭС для демонстрации её функционирования. Актуаторы МП 3 связаны с платформами посредством многозвенных соединений [7]. На Рис.1, б представлен опытный образец актуатора [8] Актуатор составлен из ПДП, СОМ и электрического генератора.



Рисунок 1 – ПВЭС с качающимся зонтовым парусом: а) демонстрационная модель (1: парус; 2: мачта; 3: МП; 4: измерительный прибор); б) опытный образец (76 кг)

ПДП традиционно применяются в транспортных средствах для гашения вибрации. Существующие ПДП подразделяются на пассивные [9], активные [10,11], полуактивные [12]. Причем использование полуактивной подвески требует меньших эксплуатационных расходов и энергии по сравнению с активной подвеской [13]. Введение в конструкции актуаторов полуактивных ПДП имеет целью обеспечить стабильное функционирование ПВЭС вне зависимости от изменения скорости и направления ветра. К особенности конструкции актуатора относится также то, что в каждый из шести подвижных актуаторов МП встроен генератор электрического тока, что исключает применение дополнительных механических передач.

Материалы и методы

Анализ и выбор параметров полуактивной системы подвески актуатора манипуляторного преобразователя

Расчетная схема для динамической модели актуатора представлена на рис. 2. Здесь показана каретка 1, на которую действуют верхняя пружина 2 и нижняя пружина 3 с коэффициентами жесткости соответственно k_2 и k_1 . Δ_1 – управляемая предварительная деформация пружины 2. Для исключения вибрации каретки с её нижней стороны дополнительно установлен гидравлический демпфер 5 с коэффициентом вязкого сопротивления демпфера – b . Ниже ставится задача определить параметры k_1 , k_2 , b актуатора и исследовать влияние этих параметров на генерирование электрической энергии с применением динамической модели. Известно, что в результате воздействия ветра возникают периодические составляющие сил, действующих на актуаторы. Используя разложение Фурье, эти периодические составляющие сил могут быть представлены в виде суммы сил, изменяющихся по гармонической закономерности.

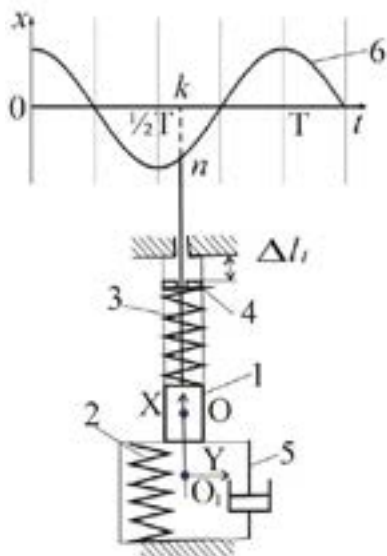


Рисунок 2 – Расчетная схема актуатора

В этой связи при формировании динамической модели, действие на актуатор движущей составляющей силы представлена в виде кинематического воздействия 6, изменяющейся по гармонической закономерности с максимальной амплитудой $A_a = h/2$ (ход каретки $h = 384$ мм) и круговой частотой движения рабочего органа (РО) ($\omega_c = 0.25$ с⁻¹).

$$x = A_a \cos(\omega_c t). \quad (1)$$

Следует отметить, что максимальная амплитуда соответствует реальной конструкции МП, а круговая частота определена на основе экспериментального анализа воздействия ветра.

В равновесном положении (точка O), составляющие силы от действия веса РО на актуатор уравновешиваются силой упругости F_0 нижней пружины, сжатой на величину l_0 , т.е.

$$F_0 = k_1 l_0. \quad (2)$$

Из этого равенства при заданной величине сжатия нижней пружины 10 и веса РО определяется её жесткость $k_1=35.73.10^3\text{Н/м}$. При этом учитывается, что максимальное сжатие пружины 1 должно равняться сумме $l_0+h/2$. Суммарное воздействие сил упругости нижней и верхней пружин с жесткостью соответственно k_1 и k_2 при перемещении каретки x равно

$$F_k = x(k_1 + k_2), \quad (3)$$

где $k=k_1 + k_2$. Сила воздействия демпфера пропорциональна скорости перемещения x и устанавливается по зависимости

$$F_b = b\dot{x}. \quad (4)$$

С учетом выражений (1–4) для сил, действующих на каретку массой m (18 кг), составлено уравнение динамики в проекции на ось ОХ в виде

$$m\ddot{x} = A_0 k \text{Cos}(\omega_0 t) - b\dot{x} - kx. \quad (5)$$

Выражение (5) приведено к стандартному в теории колебаний виду

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = f_c \text{Cos}(\omega_0 t). \quad (6)$$

Здесь введены следующие обозначения:

$$2\beta = \frac{b}{m}, \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad f_c = \frac{A_0 k}{m}, \quad (7)$$

где β – коэффициент затухания колебания в следствии диссипативных воздействий демпфера; ω_0 – частота собственных колебаний подвески актуатора; f_c – текущее амплитудное значение ускорения, вызванного кинематическим возмущением. Дифференциальное уравнение (5) устанавливает связь между движением подвески актуатора и силами, действующими на актуатор. Анализ уравнения (6) с применением теории прикладных колебаний [14], позволяет установить жесткость второй пружины подвески. Для этого используется выражение коэффициента динамичности и его связь с коэффициентом частотной расстройки

$$\mu = \frac{\omega}{\omega_0},$$

Следует отметить, что чем больше амплитуда колебаний каретки 1 (рис. 2), тем более производительней будет работа СОМ. В этой связи сформулируем следующее условие: текущая амплитуда колебания каретки A_c должна быть не менее 0.8 амплитуды вызванного постоянным кинематическим воздействием ветра. Таким образом коэффициент динамичности должен удовлетворять условию

$$\eta = \frac{A_c}{A_s} \geq 0.8. \quad (8)$$

Используя зависимость между η , μ имеем

$$\eta = \frac{1}{1 + \mu^2} = \frac{1}{1 + \left(\frac{c_1}{a_1}\right)^2} = \frac{1}{1 + \frac{c_1^2}{k}} \geq 0.8.$$

Теперь коэффициент жесткости второй пружины определяется из условия

$$k_2 \geq 4m\omega_s^2 - k_1. \quad (9)$$

Принимаем $k_2 = 22.45 \cdot 10^3$ Н/м. Для того, чтобы определить коэффициент вязкого сопротивления b демпфера рассмотрим выражение резонансной амплитуды A_{res} для системы, описываемой уравнением (6), как функцию переменной β [14]

$$A_{res} = \frac{f_0}{2\beta\sqrt{\alpha\alpha_s^2 - \beta^2}}. \quad (10)$$

Определим значение β из условия максимума знаменателя выражения (10), при котором резонансная амплитуда достигает минимального значения

$$\frac{dA_{res}}{d\beta} = \left(2\beta\sqrt{\alpha\alpha_s^2 - \beta^2}\right)' = 0 \Rightarrow \beta = \pm \frac{c_1}{\sqrt{2}} \Rightarrow b = m\omega_s\sqrt{2}. \quad (11)$$

Для гидравлического амортизатора принимаем $b = 80.4$ Нс/м.

Эффективность демпфирования системы ПДП может быть определена по коэффициенту амортизации, определяемой зависимостью (11)

$$\alpha = \frac{\sqrt{1 + 4\beta^2 \mu^2}}{\sqrt{(1 - \beta^2)^2 + 4\beta^2 \mu^2}}$$

Известно, что демпфирование возможно при $\alpha < 1$, т.е. при условии, что в выражении $(1 - \beta^2)^2 > 1$ это возможно при $\beta > \sqrt{2}$ или с учетом (11) получим $\omega_0 > 2$. Это свидетельствует о том, что в случае малых значений собственных частот каретки, система демпфирования не эффективна.

Результаты и обсуждение

Синтез структуры системы управления преднатягом пружины актуатора

С тем, чтобы управлять преднатягом Δl верхней пружины ПДП каждого актуатора и тем самым обеспечить требуемый ход каретки с амплитудой $s_{Max} > s \geq s_{Min}$ предусмотрена система регулирования преднатягом верхней пружины. В конструкции актуатора предусмотрен ход каретки на величину $h=384$ мм. Исходя из этого принимаем $s_{Max}=0.8Aa$, $s_{Min}=0.2Aa$. Для того, чтобы синтезировать систему управления преднатягом пружины актуатора уравнение (6) приведено к виду

$$\ddot{x} = f_c \cos(\omega_e t) - 2\beta \dot{x} - \omega_0^2 x + c_c(s). \quad (11)$$

Здесь $c_c(s)$ – управляющее воздействие, реализуемое с помощью трехпозиционного реле как описано в работе [5] чтобы обеспечить выполнение условия $s_{Max} > s \geq s_{Min}$. $f_c \cos(\omega_e t)$ – возмущающее воздействие с частотой качения РО (ω_e). На основании уравнения динамики (12) строится структурная схема нелинейной системы управления ПДП актуатора (рис. 3, а). Здесь x_0, p, x_0 – начальные условия для интеграторов. Каждое динамическое звено представлено в виде операторных передаточных функций. При этом нелинейные звенья, представляющие управляющее воздействие и возмущающее воздействие обозначены двойными прямоугольниками. На основании структурной схемы создана модель системы (рис. 3, б) с применением библиотеки Simulink MatLab

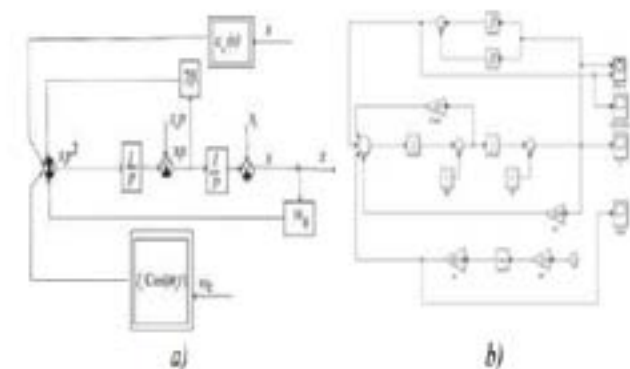


Рисунок 3 – Синтез системы управления:
а) структурная схема системы управления актуатора;
б) компьютерная модель

Полученная компьютерная модель позволяет выбрать жесткость пружин из условия получения требуемой амплитуды движения каретки ПДП. Действительно на рис. 6 приведены полученные законы движения каретки при различных суммарных жесткостях пружин $k = 56180$ Н/м (рис. 6, а) и $k = 116360$ Н/м (рис.6, б).

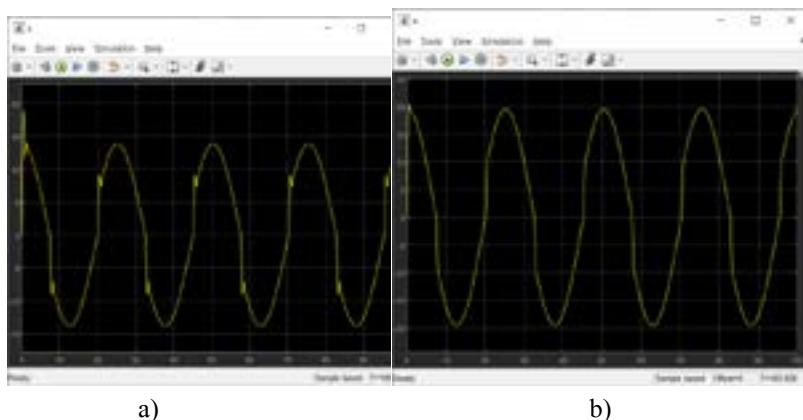


Рисунок 4 – Ход каретки при различных жесткостях пружины

Результаты моделирования показывают, что увеличение жесткости пружин ПДП вызывает увеличение амплитуды хода каретки, что увеличивает производительность ПВЭС.

Анализ эффективности модифицированной ПВЭС

Основываясь на процессе преобразования энергии ветра в электрическую энергию можно исследовать движение энергетических потоков в ПВЭС. Действительно энергия ветра воспринимается зонтовым парусом с аэродинамическим профилем NASA-0024 [14] жестко связанным с мачтой и верхней платформой манипулятора (образующие вместе РО) и через платформу передается на шесть актуаторов, в которые встроены генераторы электрического тока, преобразующие механическую энергию в электрическую. Ниже предлагается оценить эффективность модифицированного ПВЭС путем расчета энергетического баланса. Для этого на примере конструкции опытного образца ПВЭС с реальными параметрами (Табл.1), используя результаты экспериментального анализа динамических характеристик ветра, производится вычисление механических характеристик с помощью программы Mathcad по алгоритму, предложенному в работах [4, 7]. При этом определяется сумма энергии от источника (ветра) за время поворота мачты на угол 100 с шагом в 10.

Таблица 1. Исходные данные для энергетического расчета

№	Наименование параметра	Величина	№	Наименование параметра	Величина
1	Мощность	5 кВт	8	Вес рабочего органа	1290 Н
2	Скорость ветра	2.5 м/с	9	Аэродин. коэф. подъема профиль NASA-0024	0.3
3	Высота мачты	10 м	10	Аэродин. коэф. сопр. профиль NASA-0024	0.09
4	Высота манипулятора	2 м	11	Макс. амплитуда РО	10°
5	Длина сторон верхней платформы	$\sqrt{3}$ м	12	Высота каретки	484 мм
6	Длина сторон нижней платформы	$\sqrt{3}$ м	13	Масса каретки	18 кг
7	Площадь поверхности паруса	46,478 м ²	14	Диаметр барабана	99 мм

В результате расчетов получены значения усилий, скорости перемещения штоков в актуаторах.

Чтобы оценить количественно энергию, передаваемую рабочим органом актуаторам, определена мгновенная мощность РО при прямом ходе по формуле

$$Q_w = \sum_{i=1}^n F_i v_i, \quad (12)$$

здесь F_{ii} , v_{ii} – соответственно усилия на актуаторах и скорости штоков актуаторов. С помощью выражения (12) вычислена энергия источника при повороте РО на 100 (при прямом ходе) $QW = 5073.587$ Вт. Эта энергия в шести актуаторах расходуется на деформацию пружин Q_S и преодоление Q_A сил вязкого сопротивления гидравлического амортизатора. Причем

$$Q_S = k \sum_{i=1}^n \Delta l_i \cdot v_i, \quad Q_A = b \sum_{i=1}^n v_i^2. \quad (13)$$

Для вычисления энергии затраченной в актуаторах по (13) используются параметры актуаторов, $k = k_1 + k_2 = 58180$ Н/м и $b = 80.4$ Нс/м вычисленные ранее перемещения в актуаторах при прямом ходе

Вычисленные по зависимостям (13) суммарная энергия, затраченная в актуаторах, равна $Q_S + Q_A = 2396.475$ Вт. Полезная энергия ПВЭС на прямом ходе определяется из условия энергетического баланса зависимостью $Q_D = Q_w - Q_S - Q_A$, т.е. $QD = 2677.112$ Вт.

Коэффициент полезного действия (КПД) модифицированного ПВЭС с зонтовым парусом на рабочем ходе равен

$$\eta = \frac{Q_D}{Q_w} = 0.528.$$

Полученный при низкой скорости ветра (2.5 м/с) КПД модифицированного ПВЭС доказывает эффективность введенных в конструкцию актуаторов МП изменений и обоснованность выбора параметров актуатора. Следует отметить, что для случая обратного хода РО анализ энергетического баланса производится по подобному алгоритму. Однако при этом следует принять во внимание, что в этом случае движение происходит из-за рекуперации энергии упругой деформации пружин актуаторов.

Информация о финансировании

Данная научная работа является результатом, полученным в ходе реализации проекта ИРН № AP14869386 «Исследование, разработка совокупности конструкций и создание экспериментального образца автоматически управляемой парусной ветровой электростанции с качающимся рабочим органом», финансируемого в рамках грантового

финансирования от Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

Выводы

В статье составлена динамическая модель актуатора, разработан метод определения параметров актуатора. Также в работе составлена структурная схема системы управления актуатор и проведено компьютерное исследование влияния жесткости пружины на амплитуду движения каретки. С использованием известных алгоритмов для манипулятора Sholkor составлена программа в Mathcad и рассчитаны механические характеристики и на основе уравнения энергетического баланса определен КПД модифицированного ПВЭС. Вычисленный КПД равный 0.528 подтвердил возможность эффективного функционирования ПВЭС при малой скорости ветра равной 2.5 м/с. Тем самым подтверждена обоснованность введенных модификаций ПВЭС и метода выбора параметров актуатора, Научная новизна работы заключается в том, что разработан метод определения параметров актуаторов, получена программа энергетического расчета и определения КПД ПВЭС. Результаты работы могут быть использованы при создании малых автоматически управляемых ПВЭС, работающих на обширных территориях со скоростью ветра от 2.5 м/с и выше.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Wang, X. C., Guo, P., Huang, X. B.** A Review of Wind Power Forecasting Models // Vitality Procedia. – 2011. – Vol. 12. – P. 770–778. – DOI: 10.1016/j.egypro.2011.10.103.

2 **Zhao, D. M., Zhu, Y. C., Zhang, X.** Research on Wind Power Forecasting in Wind Farms // Procedures of the IEEE Power Engineering and Automation Conference. – 2011. – P. 175-178. – DOI: 10.1109/PEAM.2011.6134829.

3 **Sideratos, G., Hatziargyriou, N. D.** (2007) An Advanced Statistical Method for Wind Power Forecasting // IEEE Transactions on Power Systems. – 2007. – Vol. 22. – P. 258-265. – DOI: 10.1109/TPWRS.2006.889078.

4 **Sholanov, K. S., Kabanbayev, A., Abzhaparov, K. M.** Study and Selection of Parameters of Automatically Controlled Wind Power Station with Swaying Sails // International journal of renewable energy research. – 2020. – Vol. 11. – No. 2. – P. 723–737. DOI: 10.20508/ijrer.v10i2.10581.g7947.

5 **Sholanov, K. S., Mirzabayev, B. I., Ceccarelli, M.** Expansibility of Electric Power Production by Sail Wind Power Stations // International Journal of Mechanics and Control. – 2021. – Vol. 22. – No. 02. – P. 117–126.

6 **Omarov, A. S., Sholanov K. S.** Wind power plant with umbrella sail // Patent RK №35684. Published 27.05.2022.

- 7 **Sholanov, K. S.** Parallel Manipulators of Robots: Theory and Applications. – Springer, 2020. – P. 119–132. – DOI: 10.1007/978-3-030-56073-7_7.
- 8 **Sholanov, K. S.** Controlled underwater wave power plant // PCT KZ2021/000011. Published 21.04.2021.
- 9 **Bruni, S., Vinolas, J., Berg, M., Polach, O., Stichel, S.** Modelling of suspension components in a rail vehicle dynamics context // Vehicle System Dynamics. – 2011. – Vol. 49. – No. 7. – P. 1021–1072.
- 10 **Collette, C.** Review of Active Vibration Isolation Strategies // Bentham Science Publishers Ltd. – 2011. – Vol. 4. – P. 1050–1058.
- 11 **Metin, M., Guclu, R.** Vibrations control of light rail transportation vehicle via PID type fuzzy controller using parameters adaptive method // Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences. – 2011. – P. 807–816.
- 12 **He, J., Chen, Y., Zhao, C., Qi, Z., Ren, X.** Heavy truck suspension optimisation based on modified skyhook damping control // International Journal of Heavy Vehicle Systems. – 2011. – Vol. 18. – No. 2. – P. 161–178.
- 13 **Yerrawar, R. N., Arakerimath, R. R.** Development of Methodology for Semi Active Suspension System Using MR Damper // Materials Today: Proceedings. – 2017. – Vol. 4. – No. 8. – P. 9294–9303. – DOI: 10.1016/j.matpr.2017.07.289.
- 14 **Kelly, G. S.** [Mechanical Vibrations Theory and Applications.](#) –Gengage Learning, 2012.

Материал поступил в редакцию 15.12.22

*Қ. С. Шоланов¹, А. С. Омаров²

^{1,2}Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.
Материал баспаға 15.12.22 түсті.

МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ЗОНТТЫҚ ЖЕЛКЕНДІ ЖЕЛ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯСЫНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ТАҢДАУ

Зерттеу мақсаты: желкенді жел электр станциясының (ЖЖЭС) манипулятор түрлендіргішінің (МТ) жетектерінің конструкциясы мен негізгі параметрлерін таңдау арқылы жел энергиясын электр энергиясына айналдыру тиімділігін арттыру. Жартылай белсенді серіппелі демпферлік аспасы (СДА), қуатты іріктеу жүйесін (ҚІЖ) және электр тогының генераторын біріктіретін МТ-інің жетегінің конструкциясы әзірленген модификацияланған ЖЖЭС сипатталған. Жел энергиясын электр энергиясына түрлендіру технологиясын енгізудегі модификацияланған ЖЖЭС-тің артықшылықтары

көрсетілген. Құрылған динамикалық модельді талдау арқылы жартылай белсенді СДА параметрлерін зерттеу және таңдау жүргізілді. Басқару жүйесінің құрылымдық схемасы жасалды, оған сәйкес Simulink MatLab көмегімен компьютерлік модель жасалды және СДА серіппесінің әртүрлі қаттылықтарындағы жүйенің әрекеті талданды. Прототиптің параметрлері негізінде ПВЭС тиімділігіне талдау жүргізілді. Энергия балансының есептеулері ЖЖЭС конструкциясын өзгерту нәтижелері, аспалы басқару жүйесінің параметрлері мен құрылымын таңдау жселдің жылдамдығы мен бағытының өзгеруіне қарамастан 2.5 м/с және одан жоғары жсел жылдамдығы номиналды қуатпен жұмыс істей алатын басқарылатын жаңартылатын электр энергия көзін құруға мүмкіндік бергенін көрсетті.

Кілтті сөздер: жаңартылатын энергия көзі, жселкенді жсел электрстанциясы, зонттық жселкені, параллельдік манипулятор, актуатор, серіппелі демпферлік аспасы.

*К. S. Sholanov¹, A. S. Omarov²

^{1,2}Abylkas Saginov Karaganda Technical University,

Republic of Kazakhstan, Karaganda

Material received on 15.12.22

STUDY AND SELECTION OF PARAMETERS OF THE MODIFIED WIND POWER STATION WITH AN UMBRELLA SAIL

The purpose of the study: to increase the efficiency of converting wind energy into electrical energy by choosing the design and basic parameters of the sailing wind power plant (SWPP). A modified SWPP is described, in which the design of the manipulator converter actuator has been developed, which combines a semi-active spring-damper suspension (SDP), a power take-off system (PTOS), and an electric current generator. The advantages of the modified SWPP in the implementation of the technology for converting wind energy into electrical energy are shown. A study and selection of parameters for a semi-active actuator suspension was carried out by analyzing the created dynamic model. A block diagram of the control system was compiled, according to which a computer model was built using Simulink MatLab and the behavior of the system was analyzed at various spring stiffness of the SDS. Based on the parameters of the prototype, an analysis of the efficiency of the PVES was carried out. Calculations of the energy balance showed that the results of the change in the design of

the SWPP, the choice of parameters and the structure of the suspension control system made it possible to create a controlled renewable source of electrical energy that can operate with rated power at wind speeds of 2.5 m/s and higher, regardless of changes in wind speed and direction.

Keywords: renewable energy sources, wind power plant, umbrella sail, parallel manipulator, actuator, spring-damper suspension.

Теруге 15.12.2022 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2022 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

3,44 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.59. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4019

Сдано в набор 15.12.2022 г. Подписано в печать 30.12.2022 г.

Электронное издание

3,44 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.59. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4019

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz