



УДК 621.31, 62-83, 621.313.33

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И РЕШЕНИЯ ПО УТИЛИЗАЦИИ ЛОПАСТЕЙ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

MODERN METHODS AND SOLUTIONS FOR UTILIZATION OF WINDMILL BLADES

Ляшенко Андрей Михайлович

Кубанский государственный технологический университет

Афанасьев Виктор Леонидович

Кубанский государственный технологический университет

Махинько Владислав Сергеевич

Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В статье показан анализ современных методов и решений по утилизации лопастей ветроэлектрических установок.

Ключевые слова: моделирование, электроприемник, электрический генератор, электрическая машина, ветроэлектрические установки, экология.

Lyashenko Andrey Mikhaylovich

Kuban State Technological University

Afanasiev Viktor Leonidovich

Kuban State Technological University

Mahinko Vladislav Sergeyeovich

Kuban State Technological University

Annotation. The article shows the analysis of problems of creation and ecological operation of electric receivers using the example of wind power plants.

Keywords: simulation, electric receiver, electric generator, electric machine, wind-electric plants, ecology.

Для ветроэнергетики в выработке мировой электроэнергии постепенно возрастает [1]. Для успешного развития ветроэнергетики необходимо создание новых типов электрических комплексов [2, 3] и электромеханических систем [4, 5]. Для этого необходимы новые подходы [6, 7] и методы [8, 9] для расчета параметров [10]: электромагнитной системы [11, 12] и электромагнитных величин [13, 14], электромагнитную энергию [15, 16] и момент [17, 18]. Аналитически такая задача решается довольно трудно. Для этого разрабатывают программы расчета параметров и моделирования электромагнитных процессов [19].

На сегодняшний день во всем мире люди сталкиваются с проблемой утилизации ветроэлектрических установок. Из чего же они выполнены, что их так сложно и проблемно утилизировать? Лопастей ветроэлектрических установок выполнены из волокнисто-полимерного композита, который способен выдерживать сильнейшие порывы ветра и не разрушаться под его воздействием.

В естественной среде материал, из которого изготавливают лопасти ветроэлектрических установок, практически не подвержен разложению в естественной среде. На сегодняшний день есть несколько способов утилизации лопастей.

Первый и самый «грязный» способ – это захоронение лопастей ветроэлектрических установок под землей. В США из эксплуатации ежегодно выводится около 8000 лопастей. По окончании срока службы ветряных турбин лопасти необходимо разрезать промышленными пилами на маленькие куски, чтобы их можно было разместить на прицепе с плоской платформой, и вывезти на мусорную свалку. Кроме свалки мусора в Каспере, выброшенные лопасти принимают еще в Лейк-Миллсе, Айове и Су-Фолсе, Южной Дакоте. Как только лопасти оказываются в земле, они остаются там практически навсегда, так как не разлагаются со временем.

Второй способ – это измельчение лопастей в мелкие гранулы – так называемый рециклят. То есть лопасти разрезают на все более мелкие части, потом и их дробят, и полученный продукт служит наполнителем при производстве пластмасс или новых волокнистых композиционных материалов. Правда, это едва ли сможет полностью решить проблему утилизации лопастей, поскольку доля рециклята в новых продуктах не должна превышать 40 процентов. Возможно, именно это побудило одного из швейцарских производителей цемента предложить технологию, в которой термическая утилизация сочетается с рециклингом материала. Процесс производства цемента предполагает нагрев сырья до температуры в 1400 градусов Цельсия, и измельченные лопасти могут заменить уголь или мазут в качестве топлива, пусть и низкокалорийного. А из золы, остающейся после сгорания, можно извлечь еще и ряд материалов, обычно используемых в производстве цемента – например, песок.

Возможно, выходом из ситуации станет развитие стартапа, предложенного компанией Global Fibreglass Solutions. Его суть заключается в применении сверхвысоких температур, трансформирующих исходный материал в волокна. На втором этапе переработки они могут быть спрессованы в плиты и превращены, например, в напольные покрытия. По словам разработчиков, таким способом можно ути-



лизировать 99,9 % стандартной лопасти, а мощности одного завода хватит на то, чтобы переработать от 6 до 7 тысяч лопастей в год. Однако это лишь теория, а жители тех регионов мира, где в общем объеме генерации велика доля ветра, нуждаются в практическом воплощении подобного рода идей.



Рисунок 1 – Лопасти ветроэлектрических установок

Вдобавок к этому, специалисты работают над альтернативными технологиями переработки композитных лопастей, такими как: механическая рециркуляция, сольволиз и пиролиз. Успешные исследования в этих направлениях дадут возможность создавать безотходные ветровые турбины. Так, компания Vestas обещает наладить безотходное производство ветрогенераторов к 2040 году. Не осталась в стороне химическая и композитная промышленность – совместно с ветроэнергетическими корпорациями создана межотраслевая площадка, основой которой является ветроэнергетическое объединение WindEurope, Европейский совет химической промышленности Cefic и ассоциация EUCIA, производящая композитные материалы. Совместными усилиями корпорации ведут поиск новых способов утилизации и переработки лопастей ветряков.

Литература:

1. URL : <https://forpost-sz.ru/a/2020-10-13/vetroehnergetiku-nazvali-v-ssha-nepredvidennym-ehkologicheskim-koshmarom>
2. Карандей В.Ю., Попов Б.К. Управляемый каскадный электрический привод с жидкостным токосъемом // Патент на изобретение № 2461947 зарегистрировано 20.09.2012 г.
3. Афанасьев В.Л., Карандей В.Ю., Попов Б.К. Управляемый каскадный электрический привод // Патент на полезную модель RU 191959 U1, 28.08.2019, заявка № 2019111630 от 16.04.2019.
4. Карандей В.Ю., Попов Б.К. Токосъемное устройство // Патент на изобретение № 2370869 зарегистрировано 30.06.2008 г.
5. Сигнализирующее токосъемное устройство / В.Ю. Карандей [и др.] // Патент на изобретение № 2601958 от 27 июля 2015 г, зарегистрировано 18.10.2016 г.
6. Popova O.B., Popov B.K., Karandey V.Yu. Intelligence amplification in distance learning through the binary tree of question-answer system // *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. – 2015. – Vol. 214. – P. 75–85. Doi: 10.1016/j.sbspro.2015.11.597.
7. Theoretical propositions and practical implementation of the formalization of structured knowledge of the subject area for exploratory research / O.B. Popova [et al.] // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2018. – Vol. 722. – P. 432–437. Doi: 10.1007/978-3-319-73888-8_67.
8. New Methods and Evaluation Criteria of Research Efficiency / O.B. Popova [et al.] // *Mediterranean journal of social sciences*. – 2015. – Vol 6. – № 6 S5. – P. 212–217.
9. Analysis of forecasting methods as a tool for information structuring in science research / O.B. Popova [et al.] // *British Journal of Applied Science & Technology*. – 2016. – Vol. 17. – P. 9–19. Doi: 10.9734/BJAST/2016/26353.
10. Intelligence amplification via language of choice description as a mathematical object (binary tree of question-answer system) / V.Yu. Karandey [et al.] // *Procedia-social and behavioral science*. – 2015. – Vol. 214. – P. 897–905.
11. Подход к определению магнитных параметров компонента управляемого каскадного асинхронного электрического привода / В.Ю. Карандей [и др.] // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]*. – 2015. – № 10 (114). – С. 182–201.
12. Разработка алгоритма расчета электромагнитных параметров статора компонента управляемого асинхронного каскадного электрического привода / В.Ю. Карандей [и др.] // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]*. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – № 06 (120). – С. 587–605. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/41.pdf>
13. Карандей В.Ю., Афанасьев В.Л. Mathematical modeling of special electric drives for the equipment of oil and gas branch // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]*. – 2017. – № 08 (132). – С. 926–940., Doi: 10.21515/1990-4665-132-072.
14. Определение магнитных параметров модели статора компонента управляемого асинхронного каскадного электрического привода цилиндрической конструкции / В.Ю. Карандей [и др.] // *Политематический сетевой*



электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2017. – № 09 (133). – С. 1231–1248. Doi: 10.21515/1990-4665-133-105.

15. Karandey V.Yu., Popov B.K., Afanasyev V.L. Research of change of parameters of a magnetic flux of the stator and rotor of special electric drives // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). – 2018. – P. 8602911. Doi: 10.1109/FarEastCon.2018.8602911.

16. Research of electromagnetic parameters for improvement of efficiency of special electric drives and components / V.Yu. Karandey [et al.] // 5th International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies. – 2019. – P. 69–74. Doi: 10.1109/PGSRET.2019.8882689.

17. Determination of power and moment on shaft of special asynchronous electric drives / V.Yu. Karandey [et al.] // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 327. – P. 052003. Doi:10.1088/1757-899X/327/5/052003.

18. Research dynamics of change of electromagnetic parameters of controlled special electric drives / V.Yu. Karandey [et al.] // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon-2019). – 2019. – P. 8934751. Doi: 10.1109/FarEastCon.2019.8934751.

19. Попов Б.К., Карандей В.Ю. Программа расчета токов статора и ротора в каскадном электрическом приводе // свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU № 2008614048, зарегистрировано 30.06.2008 г.

References:

1. URL : <https://forpost-sz.ru/a/2020-10-13/vetroehnergetiku-nazvali-v-ssha-nepredvidennym-ehkologicheskim-koshmarom>

2. Karandey V.Y., Popov B.K. Controlled cascade electric drive with liquid current collector // Invention patent № 2461947 registered 20.09.2012.

3. Afanasyev V.L., Karandey V.Y., Popov B.K. Controlled cascade electric drive // Utility model patent RU 191959 U1, 28.08.2019, application № 2019111630 dated 16.04.2019.

4. Karandey V.Y., Popov B.K. Current-carrying device // Patent for the invention № 2370869 registered 30.06.2008.

5. Signaling current-carrying device / V.Yu. Karandey [et al.] // Patent for invention № 2601958 dated July 27, 2015, registered 18.10.2016.

6. Popova O.B., Popov B.K., Karandey V.Yu. Intelligence amplification in distance learning through the binary tree of question-answer system // Procedia-Social and Behavioral Sciences. – 2015. – Vol. 214. – P. 75–85. Doi: 10.1016/j.sbspro.2015.11.597.

7. Theoretical propositions and practical implementation of the formalization of structured knowledge of the subject area for exploratory research / O.B. Popova [et al.] // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2018. – Vol. 722. – P. 432–437. Doi: 10.1007/978-3-319-73888-8_67.

8. New Methods and Evaluation Criteria of Research Efficiency / O.B. Popova [et al.] // Mediterranean journal of social sciences. – 2015. – Vol 6. – № 6 S5. – P. 212–217.

9. Analysis of forecasting methods as a tool for information structuring in science research / O.B. Popova [et al.] // British Journal of Applied Science & Technology. – 2016. – Vol. 17. – P. 9–19. Doi: 10.9734/BJAST/2016/26353.

10. Intelligence amplification via language of choice description as a mathematical object (binary tree of question-answer system) / V.Yu. Karandey [et al.] // Procedia-social and behavioral science. – 2015. – Vol. 214. – P. 897–905.

11. Approach to Determination of Magnetic Parameters of a Controlled Cascade Asynchronous Electric Drive Component / V.Yu. Karandey [et al.] // Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University [Electronic resource]. – 2015. – № 10 (114). – P. 182–201.

12. Development of an algorithm for calculating the electromagnetic parameters of the stator component of the controlled asynchronous cascade electric drive / V.Yu. Karandey [et al.] // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University (Scientific Journal of KubGAU) [Electronic resource]. – Krasnodar : KubGAU, 2016. – № 06 (120). – P. 587–605. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/41.pdf>

13. Karandey V.Y., Afanasyev V.L. Mathematical modeling of special electric drives for the equipment of oil and gas branch // Mathematical Network Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University [Electronic resource]. – 2017. – № 08 (132). – P. 926–940., Doi: 10.21515/1990-4665-132-072.

14. Determination of magnetic parameters of the stator model component of the controlled asynchronous cascade electric drive of cylindrical design / V.Yu. Karandey [et al.] // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University [Electronic resource]. – 2017. – № 09 (133). – P. 1231–1248. Doi: 10.21515/1990-4665-133-105.

15. Karandey V.Yu., Popov B.K., Afanasyev V.L. Research of change of parameters of a magnetic flux of the stator and rotor of special electric drives // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). – 2018. – P. 8602911. Doi: 10.1109/FarEastCon.2018.8602911.

16. Research of electromagnetic parameters for improvement of efficiency of special electric drives and components / V.Yu. Karandey [et al.] // 5th International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies. – 2019. – P. 69–74. Doi: 10.1109/PGSRET.2019.8882689.

17. Determination of power and moment on shaft of special asynchronous electric drives / V.Yu. Karandey [et al.] // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 327. – P. 052003. Doi:10.1088/1757-899X/327/5/052003.

18. Research dynamics of change of electromagnetic parameters of controlled special electric drives / V.Yu. Karandey [et al.] // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon-2019). – 2019. – P. 8934751. Doi: 10.1109/FarEastCon.2019.8934751.

19. Popov B.K., Karandey V.U. Software for Calculation of Stator and Rotor Currents in Cascade Electric Drive // Registration certificate for computer program RU № 2008614048, registered 30.06.2008.