

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ВЕТРЯНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА «ANYLOGIC»

Семина Д. И. – магистрант,  
Научный руководитель – Гибадуллин Р. Р., к. т. н., доцент кафедры  
электроснабжения промышленных предприятий,  
Казанский государственный энергетический университет,  
г. Казань, Российская Федерация

**Аннотация:** в данной работе описан процесс создания цифрового двойника ветряной электростанции в программном продукте «AnyLogic» с целью имитации технического обслуживания ветряных турбин по состоянию. Разработана логика отказов ветряных турбин в зависимости от разновидности дефектов, а также логика сервисного центра, выполняющего ремонтные работы, учитывая срочность этих работ. Модель состоит из десяти ветряных турбин, в работе которых возможны три состояния: нормальное, предотказное и состояние отказа, а так же сервисного центра, включающего в себя два типа ремонтных бригад.

**Ключевые слова:** цифровой двойник, имитационная модель, возобновляемые источники энергии, цифровизация, техническое обслуживание, ветряная турбина.

### DESIGNING A DIGITAL TWIN OF A WIND FARM USING THE "ANYLOGIC" SOFTWARE PRODUCT

**Abstract:** this paper describes the process of creating a digital twin of a wind farm in the "AnyLogic" software product in order to simulate the maintenance of wind turbines by condition. The logic of failures of wind turbines has been developed depending on the type of defects, as well as the logic of the service center that performs repair work, taking into account the urgency of these works. The model consists of ten wind turbines, in which three states are possible: normal, pre-failure and failure, as well as a service center, which includes two types of repair teams.

**Keywords:** digital twin, simulation model, renewable energy sources, digitalization, maintenance, wind turbine.

Цифровая трансформация – важный этап в развитии энергетики.

Была поставлена задача проектирования цифрового двойника ветряной электростанции, функция которого – имитация технического обслуживания ветряных турбин по состоянию.

Модель состоит из десяти турбин. Возможны три состояния турбин: нормальное, предотказное и состояние отказа. Изначально турбины работают

в нормальном режиме, затем по истечении заданного интервала времени, переходят в одно из двух ненормальных состояний.

В модели предусмотрены различные упрощенные виды дефектов турбины в зависимости от ее конструкции. Основа работы логики отказов – функциональные диаграммы. У конструктивных элементов турбин есть два вида дефектов – критические и некритические. Например, для лопастей ветряной турбины – это отказ вала и деформация лопастей соответственно (рис. 1).

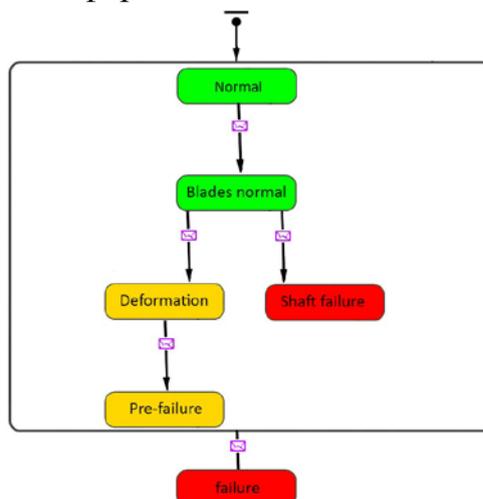


Рисунок 1 – Функциональная диаграмма дефектов лопастей ветряной турбины

Эти дефекты в свою очередь влияют на техническое состояние всей турбины. Каждый вид дефекта предусматривает определенное время устранения дефекта. В зависимости от того, вышла турбина из строя полностью (есть перерыв в электроснабжении, необходимо быстрое восстановление) или же находится в предотказном состоянии (нет перерыва в электроснабжении), из сервисного центра направляется нужная ремонтная бригада.

#### Список литературы

1. Кораблев, А. В. Ключевые функциональность и преимущества использования цифровых двойников в промышленности [Электронный ресурс] / А. В. Кораблев // Журнал «Цифровая экономика». – Режим доступа: [http://digital-economy.ru/images/easy-blog\\_articles/481/DE-2019-02-01.pdf](http://digital-economy.ru/images/easy-blog_articles/481/DE-2019-02-01.pdf). – Дата доступа: 15.10.2022.

2. Усанов, Д. И. Имитационная модель оценки производственных мощностей Аксуского завода ферросплавов [Электронный ресурс] / Д. И. Усанов // КиберЛенинка: научная электронная библиотека. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/imi-tatsionnaya-model-otsenki-proizvodstvennyh-moschnostey-aksuskogo-zavoda-ferrosplavov/viewer>. – Дата доступа: 16.10.2022.

3. Григорьев, И. AnyLogic за три дня. Практическое пособие по имитационному моделированию [Электронный ресурс] / И. Григорьев // Практическое пособие. – Режим доступа: <https://www.anylogic.ru/resources/books/free-simulation-book-and-modeling-tutorials/>. – Дата доступа: 10.10.2022.

4. Woopathi, K., Mishnaevsky, L., Woopathi, K., Mishnaevsky, L., Premkumar, S.A.; Thamodharan, K.; Balaraman, K. Failure mechanisms of wind turbine blades in India: Climatic, regional and seasonal variability [Электронный ресурс] / К. Woopathi, L. Mishnaevsky, K. Woopathi, L. Mishnaevsky, S.A. Premkumar / DTU Orbit Journal. – Режим доступа: <https://orbit.dtu.dk/en/publications/failure-mechanisms-of-wind-turbine-blades-in-india-climatic-regio>. – Дата доступа: 15.10.2022.