

пьютер MINI6410, который дополнен следующими элементами:

- преобразователем параллельного интерфейса в LVDS интерфейс, выполненным на интегральной схеме сериализатора DS90C187 (Texas Instruments);

- USB хабом, в качестве которого используется специализированный чип TUSB2046 (Texas Instruments);

- CAN-трансивером с гальванической изоляцией ISO1050.

Поскольку демонстрационный образ ОС поставляется только в виде загрузочного файла потребовалось создать новый образ ОС. Для его разработки использовались программные средства Windows Embedded CE 6.0 Platform Builder и Visual Studio 2005 Professional. Выбор необходимых компонентов осуществлялся исходя из требований, предъявляемых к контролерам промышленной системы сбора данных.

Технические характеристики контроллера:

- Интерфейсы:

- слот для SD-карты до 32 Гб включительно;

- USB Hub – 4 канала USB 1.1;

- miniUSB OTG 2.0;

- CAN с гальванической развязкой до 4000В;

- RS-485, RS-232 - два порта;

- SPI, I2C;

- Ethernet 10/100M;

- GPIO;

- видеоинтерфейс LVDS 18/24 бит;

- питания - +5 В, 0,25 А;

- программные средства контроллера:

- загрузчики образа ОС с SD-карты и NANDFlash памяти;

- HID драйвер манипулятора “мышь” и пользовательской клавиатуры с поддержкой ввода кириллицы;

- драйверы TFT ЖК панелей с разрешением 640x480 или 1024x768 пиксель;

- HTTP и FTP серверы;

- Internet Explorer;

- Windows Explorer;

- Remote Desktop Connection;

- WordPad, NotePad;

- WinCEPaint;

- NET Compact Framework;

- ActiveSync Client;

- размер загружаемого файла образа ОС – 32 Мбайта.

Применение недорогого одноплатного компьютера MINI6410 позволяет с минимальными затратами создать высокопроизводительный и экономичный контроллер встраиваемых систем, который может найти применение для различных систем автоматизации и промышленных системах сбора данных.

УДК 621.311.24

ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИ РАБОТЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Цветков Г.А., Хлюпин А.С.

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Пермь, Российская Федерация*

Эксплуатация ветроустановок сопряжена с рядом опасных и вредных факторов, воздействующих на человека и окружающую среду: шум, вибрация, вероятность поломки лопасти и попадание в человека и т.п. Для снижения уровня опасных воздействий необходимо произвести оценку безопасности эксплуатации ВЭУ с учетом интенсивности отказов элементов установки. Элементы конструкции ВЭУ с ротором Дарье показаны на рис.1. Оценка позволит определить наиболее уязвимые места в конструкции ВЭУ и разработать соответствующие технологические решения и конструкторские доработки.

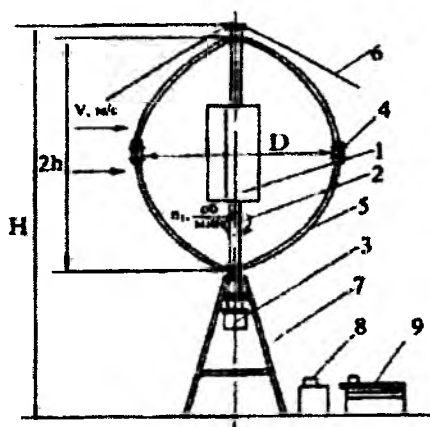
Один и тот же отказ в ВЭУ может привести к различным последствиям и представлять различные опасности. Последствия, к которым приводит отказ можно охарактеризовать величи-

ной ущерба и оценить его в денежном эквиваленте в относительных единицах. С точки зрения опасности, отказы характеризуются двумя случайными величинами – наработкой, определяющей надежность и ущербом, который определяет опасность из-за отказа.

Для определения отказа с точки зрения безопасности по методике [1] вводится двумерная случайная величина $\xi = (\xi_1, \xi_2)$, где $\xi_1 = t$ – случайная наработка изделия до отказа, $\xi_2 = c$ – случайная величина ущерба, к которому приводит отказ. Считают, что известная функция распределения $F(\xi) = F(t, c)$, где $F(t, c)$ – функция распределения вероятности того, что отказ появится за время t , и величина ущерба при этом не превысит величину c .

Для определения вероятности безотказной работы - $F(t)$ всей ВЭУ необходимо определить значение этой функции для каждого i -го

элемента системы с учетом интенсивности их отказов (табл.1).



1 - статор (ротор Савониуса); 2 - вал; 3 - электрогенератор; 4 - тормозное устройство; 5 - лопасть; 6 - растяжки; 7 - рама; 8 - инвертор; 9 - аккумуляторные батареи.

Рисунок 1 – Схема ветрогенератора с вертикальной осью вращения типа Дарье

Расчет произведен на примере ветрогенератора малой мощности, выполненного в виде ротора Дарье (рис.1).

Пусть $\lambda_i = \text{const}$, где λ_i – интенсивность отказа i -го элемента. Тогда вероятность безотказной работы ВЭУ определяется как экспоненциальная функция, зависящая от времени работы системы и от количества ее элементов[2]:

$$F(t) = e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i t} \quad (1)$$

где n – количество элементов системы
 t – расчетный период, лет; расчет производился.

Расчет основных показателей безопасности ВЭУ выполнен на примере лопасти ветроколеса Дарье для периода в 1 год и для всего срока службы в 25 лет; показатели безопасности по другим элементам ВЭУ рассчитаны аналогично и сведены в таблицу 1.

В соответствии с выражением (1) вероятность безотказной работы i -го элемента:

$$F(t) = e^{-(\lambda_i)t} \quad (2)$$

$$F(t) = 2,718^{-0,15 \times 1} = 0,8607$$

Если $\lambda = \text{const}$, то справедливо выражение для нахождения средней наработки до отказа [1]:

$$T_i = \frac{1}{\lambda_i} \quad (3)$$

$$T = \frac{1}{0,15} = 6,67 \text{ лет} = 58400 \text{ час.}$$

Значение мощности отказа ВЭУ в интегральной форме определяется по формуле [1]:

$$W = \int_0^{\infty} cdc \int_0^{\infty} tf(t, c)dt \quad (4)$$

$$W = 70000 \times 1 - 70000 \times 0,8607 = 9750,44 \text{ руб.}$$

Коэффициент средней опасности определяется как отношение среднего ущерба к средней наработке до отказа изделия:

$$D = \frac{C}{T} \quad (5)$$

где C – средний ущерб от отказа.

$$D = \frac{70000}{58400} = 1,20$$

Коэффициент безопасности изделия характеризует вероятность возникновения отказов, приводящих к значительному ущербу, и определяется по формуле [1]:

$$U = \frac{1}{1+D} \quad (6)$$

$$U = \frac{1}{1+1,20} = 0,45$$

Значение коэффициента U , близкое к единице, имеют изделия, где нанесение таких ущербов маловероятно.

Для определения вероятности безотказной работы ВЭУ найдем суммарную интенсивность отказов всех элементов системы:

$$\lambda_0 = \sum_{i=1}^6 \lambda_i \quad (7)$$

$$\lambda_0 = 0,15 + 2 \times 0,05 + 2 \times 0,1 + 0,08 + 0,01 = 0,54$$

тогда вероятность безотказной работы ВЭУ за год:

$$F(t) = e^{-0,54 \times 1} = 0,5827 \text{ год}^{-1};$$

Вероятность безотказной работы ВЭУ за весь срок службы 25лет:

$$F(t) = e^{-0,54 \times 25} = 0,000001 = 1 \times 10^{-6}$$

Выводы

По результатам расчета показателей безопасности ВЭУ можно определить ее наиболее «уязвимые» элементы, приводящие к наибольшему ущербу. Наихудшие показатели безопасности имеет лопасть ветроколеса. Отказы лопасти, как правило, возникают в результате превышения значения сил аэродинамических и инерционных сил некоторого критического уровня. В результате отказа системы торможения высока вероятность поломки лопасти при действии высоких инерционных нагрузок.

Исходя из расчета, также важно решить проблему износа радиально-упорных подшипников. Кроме того, требуется увеличить вероятность безотказной работы электрических компонентов ВЭУ.

Наименьшие показатели по мощности отказа имеют мачта и мультипликатор. Однако у

мультипликатора есть такие существенные недостатки как шумовое воздействие, снижение КПД установки, увеличение массогабаритных характеристик ротора.

Рассмотренные проблемы решаются выполнением ряда мероприятий, среди которых:

1. Создание автоматической и ручной системы торможения;
2. Выставка оптимальных углов атаки лопастей;
3. Точная балансировка ротора с помощью средств инерционной навигации [3];

4. Использование магнитного подвеса, снижающего нагрузки на опорный узел;

5. Обеспечение соответствия рабочих параметров электрических элементов друг другу;

6. Переход на более современный, безопасный и эффективный генератор на постоянных магнитах.

Выполнение таких мероприятий позволит снизить риски возникновения отказов ВЭУ и повысить КПД.

Таблица 1 – Показатели безопасности элементов ветроустановки малой мощности за 1 год и за установленный срок службы - 25 лет.

№ п/п	Наименование отказа	Интенсивность отказов	Средний ущерб от отказа, руб.	Средняя наработка на отказ, час	Вероятность безотказной работы за год	Вероятность безотказной работы за весь срок	Мощность от-каза, руб.	Коэффициент средней опасности	Коэффициент безопасности
1	Поломка лопасти	0,15	70000	58400	0,8607	0,0235	9750,44	1,20	0,45
2	Выход из строя электрических компонентов	0,05	52000	175200	0,9512	0,2865	2536,07	0,30	0,77
3	Износ радиально-упорных подшипников	0,08	30000	109500	0,9231	0,1353	2306,51	0,27	0,78
4	Выход из строя системы торможения	0,1	45000	87600	0,9048	0,0821	4282,32	0,51	0,66
5	Износ элементов мультипл-ра	0,05	15000	175200	0,9512	0,2865	731,56	0,09	0,92
6	Поломка мачты	0,01	75000	876000	0,9900	0,7788	746,26	0,09	0,92
7	Другие поломки	0,1	10000	87600	0,9048	0,0821	951,63	0,11	0,90

1. Катулев А. Н., Северцев Н. А., Исследование операций: принципы принятия решений и обеспечение безопасности. Учеб. пособие для вузов/ под ред. академика РАН П.С. Краснощекова. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2000. - 320 с. - ISBN 5-9221-0041-6.
2. Информационный электронный портал «Надежность оборудования».[Электронный ресурс] URL: [http://www.prostoev.net/modules/myarticles/ar-](http://www.prostoev.net/modules/myarticles/article.php?storyid=86)

icle.php?storyid=86 (дата обращения: 10.05.2013)

3. Цветков Г.А. «Автоматизированный измерительно-вычислительный комплекс для определения массово-инерциальных характеристик КЛА». Сборник трудов академии навигации и управления движением. X-я Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам. г. Санкт-Петербург, 2003г.