

УДК 620.9

Герас Е. О., Макшанцев В. Г.

ДИАГНОСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ FL-2500

В настоящее время в мировой энергетике получило широкое развитие использование возобновляемых источников энергии [1–2]. В Краматорске на базе завода КЗТС создано совместное предприятие «Фурлендер Виндтехнолоджи». Оно производит ветроэнергетические установки (ВЭУ) модели FL-2500. Данная установка обеспечивает номинальную мощность 2,5 МВт при скорости ветра от 11,5 м/с до 25 м/с, скорость запуска ВЭУ 3,5 м/с.

Проверка оборудования на работоспособность является важным этапом при сборке ветроэнергетической установки. Такие системы как тормозные и система главного редуктора ВЭУ, является ответственными узлами, которое отвечает за правильное функционирование и работоспособность установки в целом. Правильное функционирование данных систем должно проверяться в цеховых условиях, когда оборудование еще не установлено в гондолу (верхняя часть ВЭУ которая устанавливается на башне). В противном случае, если обнаружиться какие либо неисправности то ремонт на установке будет затруднен, а снимать оборудование даже экономически не выгодно, так как излишние работы (демонтаж и монтаж) и простой установки.

Целью данной работы является повышение надежности установки, посредством определения и устранения возможных неисправностей систем ВЭУ в цеховых условиях на этапе сборки, и также повышение эффективности работ по тестированию систем.

Для проведения диагностики систем установки разработан стенд. К нему подключаются проверяемые системы ВЭУ. Данный стенд позволяет определять возможные неисправности оборудования и также имеет возможность по выдаче рекомендаций для устранения поломок.

Выполнены предпроектные исследования:

- проведен литературный обзор по вопросам диагностики оборудования;
- выбран метод диагностики;
- выполнено моделирование процесса функционального диагностирования оборудования установки.

Литературный обзор показывает, что изменение интенсивности отказов по времени для большинства узлов и оборудования имеет три характерных периода (рис. 1): период приработки I с повышенной интенсивностью отказов, период нормальной эксплуатации II с минимальной интенсивностью и период изношенной эксплуатации III с увеличенной интенсивностью отказов из-за усиленного износа, старения, усталости материала и других причин, связанных с длительной эксплуатацией [2]. Тестирование оборудования необходимо выполнять на начальном этапе, на котором происходит повышенная интенсивность отказов.

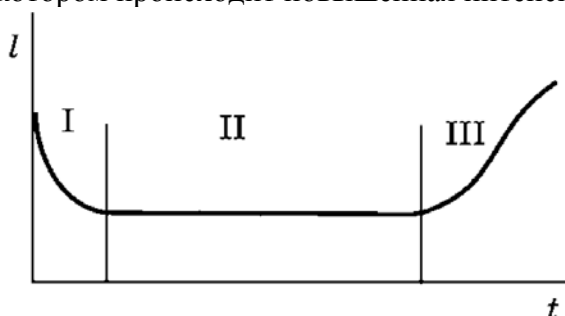


Рис. 1. Зависимость интенсивности отказов от времени эксплуатации оборудования

Диагностирование является неотъемлемой частью настройки и сборки оборудования и должно обеспечивать следующее: определение вида технического состояния оборудования; определение причин появления дефектов и выдача рекомендаций по их устранению; контроль работоспособности оборудования [3].

Наиболее эффективным методом проверки систем является функциональное диагностирование [4]. На тестируемые системы подаются рабочие воздействия, которые воздействуют на тестируемый объект непосредственно при его эксплуатации, и по рабочим откликам определяются возможные неисправности оборудования. Это позволяет производить проверку правильности функционирования систем и осуществлять поиск дефектов, нарушающих правильную работу объекта.

На основании теоретических исследований было установлено, что тестирование целесообразно реализовать в виде анализа сигнала рассогласования измеряемых и эталонных значений, которые будут определяться специальным программным модулем. Степень работоспособности контролируемого объекта характеризуется величиной относительного отклонения характеристики $c_i(t)$.

$$c_i(t) = \frac{f(t) - f_{i\text{эт}}(t)}{\Delta_i}, \quad (1)$$

где $f_i(t)$ и $f_{i\text{эт}}(t)$ – действительное и эталонное значение временной характеристики; Δ_i – допуск в i -й точке.

Для моделирования процесса диагностирования систем ВЭУ применен программный пакет MATLAB Simulink. Пакет расширения Simulink системы MATLAB является ядром интерактивного программного комплекса, предназначенного для математического моделирования линейных и нелинейных динамических систем и устройств, представленных своей функциональной блок-схемой.

Для того чтобы выполнить моделирование системы функционального диагностирования, построены математические модели объекта диагностирования (ОД) и устройства функционального диагностирования (УФД) [5].

Схема системы функционального диагностирования показана на рис. 2.

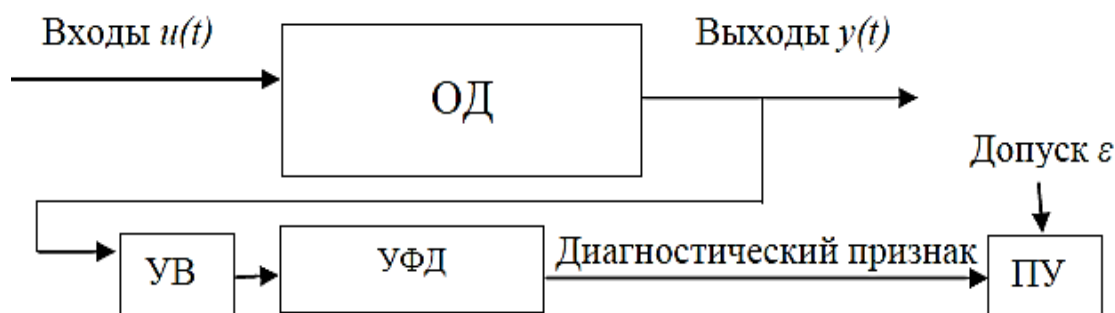


Рис. 2. Структурная схема функционального диагностирования

Объект диагностирования находится в рабочем режиме, на его вход поступают рабочие сигналы $u(t)$. Одновременно через устройство ввода (УВ) они поступают и на вход устройства функционального диагностирования. Диагностический признак непрерывно с помощью порогового устройства (ПУ) проверяется на выполнение следующего неравенства, формула (2).

$$\Delta(t) \leq \varepsilon. \quad (2)$$

где $\Delta(t)$ – разница между измеряемым и эталонным значением; ε – допуск в данной точке.

Превышение допуска ε говорит о появлении дефектов. В этом случае ПУ должно прекратить работу ОД, так как в нем возникли дефекты.

Модель проверки тормозных систем представлена на рис. 3.

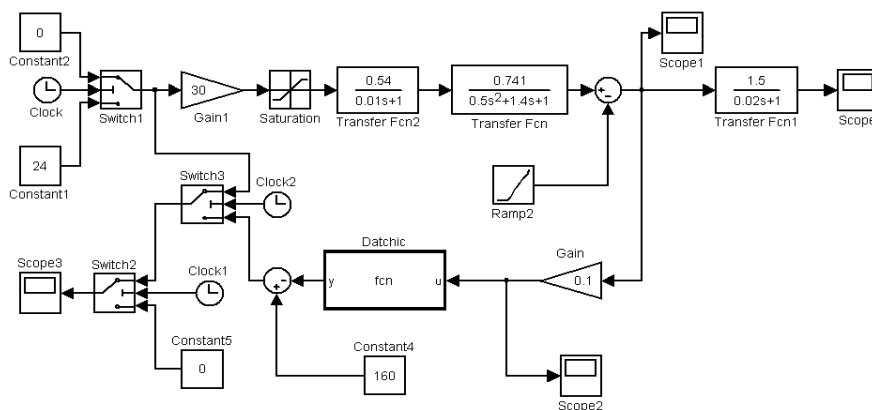


Рис. 3. Моделирование проверки тормозных систем

Значения давления, во время выдержки системы под давлением, автоматически сравниваются с эталонным значением давления, и в результате этого получаем сигнал рассогласования ($\Delta(t)$) характеристик (рис. 4), по величине которого определяется работоспособность систем. С данной характеристики в период выдержки системы под давлением, видно, что разница между эталонным и измеряемым значением $\Delta(t)$ приблизительно равняется 0,074 (Ат) (достигается за счет введение дополнительного коэффициента), это свидетельствует о наличии небольших утечек в системе. Если значение этого сигнала меньше допуска, то система работоспособна, в противном случае делается вывод о дефектах тормозной системы, и возможных способах их устранения.

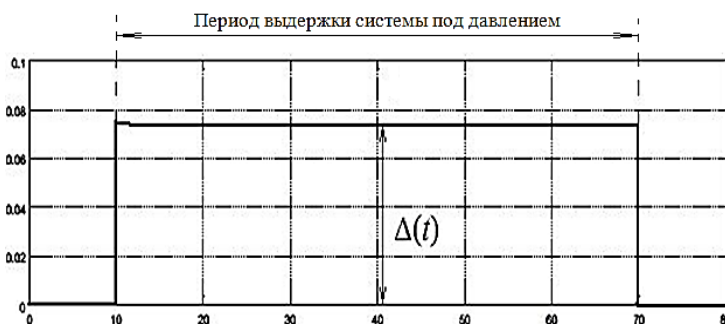


Рис. 4. Полученный сигнал рассогласования

Проверка редуктора производится по аналогии с тормозными системами. При тестировании происходит сравнения давления и температуры с эталонными значениями, затем разница этих значений ($\Delta(t)$) сравнивается с допуском ϵ , и затем ставиться диагноз системы на работоспособность. Тестирование редуктора будет происходить по структурной схеме, представленной выше на рис. 2.

Модель проверки главного редуктора представлена на рис. 5.

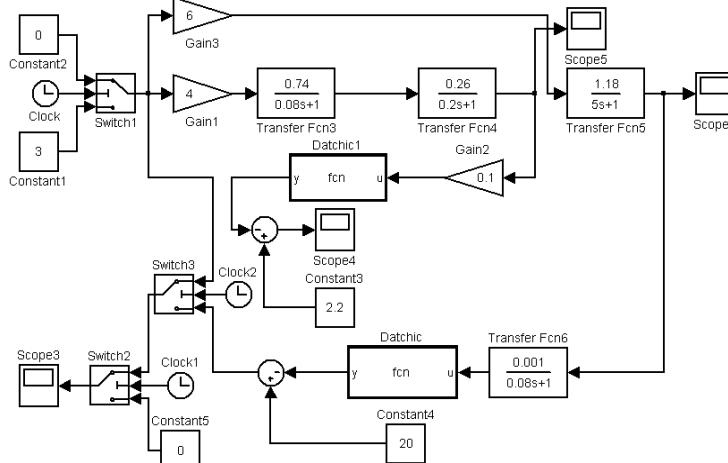


Рис. 5. Моделирование проверки системы главного редуктора

Значения давления и температуры сравнивается с эталонным значением, и в результате этого получаем сигналы рассогласования $\Delta(t)$ (рис. 6 и 7). Анализируя и сравнивая данные сигналы с допустимым допуском ставиться диагноз системы на работоспособность.

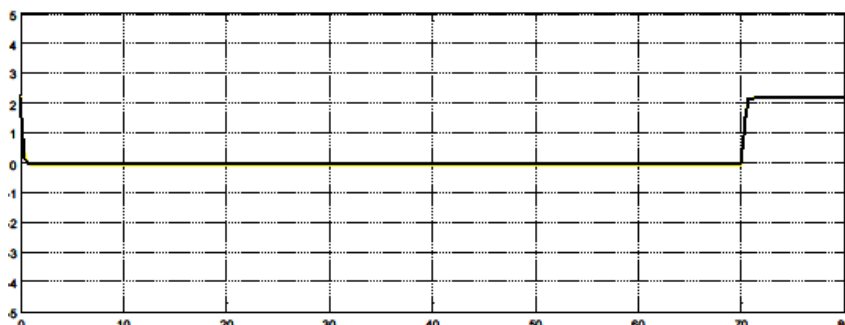


Рис. 6. Полученный сигнал рассогласования по давлению

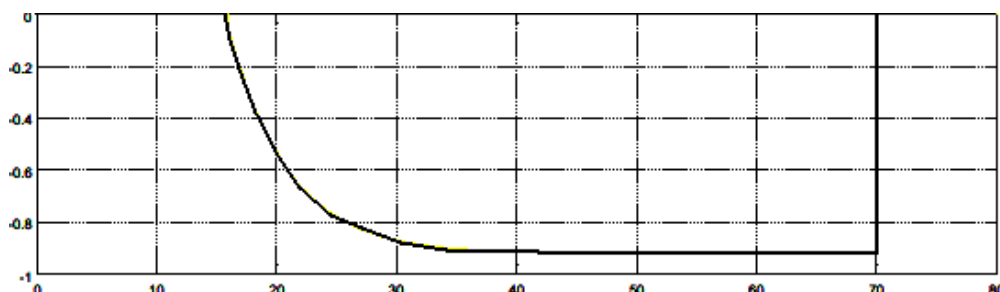


Рис. 7. Полученный сигнал рассогласования по температуре

ВЫВОДЫ

Для проведения диагностирования систем ВЭУ выбран метод функционального диагностирования. Тестирования систем организовано на основе сравнения кривых (эталонной и измеряемой) в определенных точках, что позволяет ставить правильный диагноз системы на работоспособность. Разработана математическая модель процесса проведения проверки тормозных систем и системы главного редуктора.

На основании проведенных экспериментов по моделированию разработан стенд диагностирования тормозных систем и главного редуктора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Перспективы мировой ветроэнергетики* / А. Кристин, А. Пуллен, А. Зервос, С. Теске. – Амстердам. : Гринпис, – 2006.
2. *Носов В. В. Диагностика машин и оборудования : Учебное пособие* / В. В. Носов. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Издательство «Лань», 2012. — 384 с. : ил. –(Учебники для вузов. Специальная литература).
3. *Артоболевский И. И. Введение в техническую диагностику машин* / И. И. Артоболевский, Ю. И. Болицкий, М. Д. Генкин. – М. – 1979. – 296 с.
4. *Остафьев В. А. Диагностика процесса металлообработки : Учебное пособие* / В. А. Остафьев, В. С. Антонюк, Г. С. Тымчик. – К. : Тэхника, 1991. – 152 с/
5. *Бритов Г. С. «Моделирование системы функционального диагностирования»* / Г. С. Бритов, Л. А. Мироновский – Статья 2009. – 6 с