

УДК 621.311.24 : 629.4.051.2

Д.И. ВОЛКОВ<sup>1</sup>, Н.С. ГОЛУБЕНКО<sup>2</sup>, В.В. ДАНИЛОВ<sup>1</sup>, С.В. ПОДДУБНЫЙ<sup>2</sup>,  
Г.С. РАНЧЕНКО<sup>1</sup>, П.Р. СЕПОЯН<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ОАО «Элемент», Одесса, Украина

<sup>2</sup>ООО «ПКТБ «Конкорд»», Днепропетровск, Украина

<sup>3</sup>«National Instruments», Москва, Россия

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Предложена структура информационно-управляющей системы ветроэлектрической установкой (ВЭУ) мощностью 750 кВт на базе программных и технических средств National Instruments, а также рассмотрены некоторые вопросы управления ВЭУ с генераторами на вращающихся лопастях. Выполнен сравнительный анализ вариантов построения этих систем.

**ветроэлектрическая установка, информационно-управляющая система, National Instruments, LabView**

### Введение

В настоящей статье приведены результаты анализа многолетнего опыта ОАО "Элемент" и других разработчиков в области встраиваемых (embedded) информационно-управляющих систем.

Встраиваемые системы и, в особенности, программное обеспечение (software) для встраиваемых систем является одним из наиболее динамично развивающихся направлений.

Встраиваемые системы применяются для управления, контроля, (мониторинга) и диагностики технического состояния ветроэлектрических установок, газотурбинных двигателей и других сложных технических объектов. В большинстве случаев эти системы являются системами реального времени (real-time), к которым предъявляются высокие требования по надёжности и ресурсу.

В данной статье рассматривается вариант построения автоматизированной системы управления (АСУ) ВЭУ ТГ-750 мощностью 750 кВт с генераторами на вращающихся лопастях. ВЭУ ТГ-750 разработана ООО «ПКТБ «Конкорд»» [5], АСУ – ОАО «Элемент» [1, 2]. Конструкция ВЭУ с размещением генераторов на вращающихся лопастях обеспечива-

ет снижение нижней границы «рабочего ветра», то есть повышение эффективности использования ветрового потенциала местности. ВЭУ преимущественно эксплуатируются в районах с большим ветровым потенциалом или в районах с отсутствием традиционных источников электрической энергии, но удалённых территориально и малонаселённых. Поэтому требуется обеспечить максимальную автономность системы управления, то есть работу при минимальном вмешательстве оператора.

### 1. Формулирование проблемы

При технико-экономическом обосновании выбора варианта построения системы необходимо учитывать не только стоимость её разработки и производства, но также стоимость её обслуживания, возможность последующего наращивания и модернизации.

Несмотря на актуальность данной проблемы в настоящее время на украинском рынке не сформирована единая концепция построения информационно-управляющих систем ветроэлектрических станций. При этом в большинстве случаев вопрос стоимости эксплуатации, наращивания и модернизации систем практически не принимается во внимание. Однако ведущими специалистами определе-

ны основные требования к информационно-управляющим системам, при выполнении которых обеспечивается снижение их стоимости:

- модульное построение системы;
- использование стандартизованных аппаратных средств и программного обеспечения;
- наличие системы встроенного контроля и пользовательской поддержки.

## 2. Решение проблемы

Структура информационно-управляющей системы ВЭУ [3] с генераторами на вращающихся лопастях имеет некоторые отличительные особенности (рис. 1).

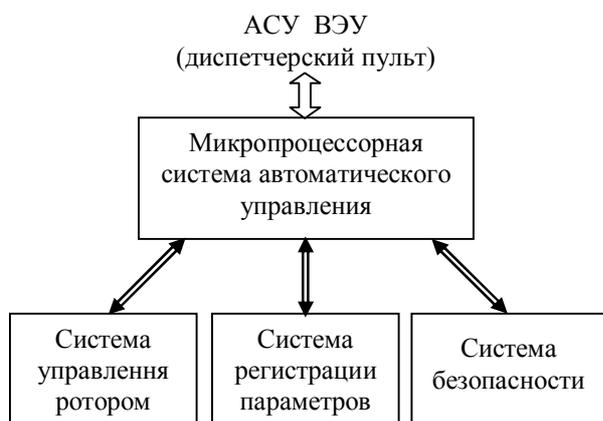


Рис. 1. Структура информационно-управляющей системы ВЭУ с генераторами на вращающихся лопастях

Структура информационно-управляющей системы ВЭУ является распределённой (distributed).

Микропроцессорная система автоматического управления выполняет:

- логическое управление и аварийную защиту ВЭУ;
- управление ориентацией гондолы;
- техническую диагностику ВЭУ;
- обеспечение информационного обмена между системами ВЭУ.

Система управления ротором предназначена для регулирования (ограничения) параметров работы ВЭУ:

- частоты вращения ротора ветроколеса;
- частот вращения турбогенераторов;
- интегрального тока нагрузки.

Система регистрации параметров предназначена для измерения и регистрации параметров турбогенератора вращающейся части ВЭУ: уровня вибрации; частоты вращения; температуры обмоток и подшипников генератора.

Система безопасности предназначена для аварийной защиты ВЭУ по параметрам:

- предельным частотам вращения турбогенераторов и ветроколеса;
- предельным уровням вибрации.

Специалистами ОАО «Элемент» были проанализированы три основных варианта построения АСУ ВЭУ:

- на базе процессорных плат управления и модулей ввода-вывода собственной разработки;
- на базе одноплатных промышленных контроллеров и модулей ввода-вывода;
- с использованием комплексных программно-технических решений.

Рассмотрим достоинства и недостатки этих вариантов (табл. 1).

Итак, при использовании процессорных модулей собственного и промышленного исполнения проблемным является уже аппаратная преемственность. В частности последующие модификации процессорных модулей могут отличаться количеством и назначением контактов, назначением регистров портов ввода-вывода, контроллера прерываний и т.д. Кроме того, возможна программная несовместимость на уровне системы команд. Средства разработки программного обеспечения также претерпевают изменения. У некоторых производителей процессоров средства разработки программного обеспечения платные, то есть переход на следующую версию процессора может сопровождаться дополнительными финансовыми затратами.

Однако следует отметить, что многие современные средства разработки программного обеспечения для процессоров обеспечивают на высоком уровне

Таблица 1

Сравнительный анализ вариантов построения информационно-управляющих систем ВЭУ

Критерий	Вариант построения информационно-управляющих систем ВЭУ		
	на базе процессорных плат управления собственной разработки	на базе одноплатных промышленных контроллеров	с использованием решений комплексной автоматизации*
Уровень преемственности:			
- аппаратных средств	Минимальный	Обеспечивается на программном уровне операционной системой (драйверы устройств)	Обеспечивается на уровне средства разработки программного обеспечения (LabView)
- разработки программного обеспечения	Минимальный	Средний	Максимальный
- операционных систем	-	Минимальный	Максимальный. Обеспечивается переносимость специального программного изделия между операционными системами за исключением системных вызовов
Объём специального программного изделия	Максимальный	Средний	Минимальный
Объём конструкторской документации	Максимальный	Средний	Минимальный
Уровень средств симуляции и удалённой отладки специального программного изделия	Средний	Минимальный	Максимальный
Надёжность, ресурс	Минимальный	Средний	Максимальный
Независимость от разработчика	Максимальный	Средний	Минимальный
* – рассматривается на примере технических средств National Instruments и среды разработки LabView			

программную симуляцию и удалённую отладку.

При использовании одноплатных промышленных контроллеров преемственность обеспечивается лучше за счёт использования для взаимодействия с периферийными устройствами драйверов со стандартизированными программными интерфейсами.

Однако при переходе на новую версию операционной системы совместимость реально не всегда обеспечивается, несмотря на увещания разработчиков на совместимость «сверху вниз». Например, от версии к версии изменяется состав и спецификация системных функций, драйверов и др. Кроме того, претерпевают изменение и средства разработки. Это происходит в частности по той причине, что разработка операционных систем, средств разработки и программных стандартов зачастую выполняется независимыми фирмами или организациями.

При использовании решений комплексной автоматизации большинство перечисленных проблем

отсутствует. Комплексная автоматизация предполагает обеспечение полного спектра технических средств, начиная от модулей ввода-вывода, контроллеров, рабочими станциями, терминалами и заканчивая интегрированными средствами разработки программного обеспечения. Одним из так мировых лидеров на рынке комплексной автоматизации является National Instruments [4].

Технические средства National Instruments предназначены для использования во встраиваемых системах реального времени, работающих в жёстких промышленных условиях.

Контроллеры и модули ввода-вывода National Instruments работают в диапазоне температур  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  ...  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$  и выполняют функции автоконфигурации, встроенной системы контроля и диагностики, а также отбраковка ложных данных при сбоях и отказах.

Среда программирования LabView обеспечивает прозрачную интеграцию разрабатываемых программ

и технических средств National Instruments и многих других производителей. Язык LabView является независимым от операционных систем, что обеспечивает высокую переносимость программ и, соответственно, минимальные финансовые затраты на его сопровождение. LabView, с одной стороны, имеет обширную библиотеку функций взаимодействия с периферийными устройствами, фильтрации и восстановления сигналов, анализа во временной и частотной области, статистической обработки, алгоритмов (законов) управления. С другой стороны, LabView позволяет с минимальной трудоёмкостью разрабатывать интерактивный пользовательский интерфейс на высоком техническом и эргономическом уровне.

Следующий этап развития средств разработки программного обеспечения является использование CASE-средств автоматизированного проектирования и создания программ (computer-aided software engineering) [4]. Эти средства базируются на использовании абстрактных языков моделирования, например, универсального языка моделирования UML (universal modeling language)/Realtime или языка объектно-ориентированного моделирования реального времени ROOM (real-time object-oriented modeling language). На основе созданных при помощи CASE-средств моделей должна выполняться автоматизированная генерация кода программы на соответствующем языке программирования, например, LabView. При этом значительно снижаются затраты на разработку и тестирование программного обеспечения, а также повышается его надёжность и прозрачность. В настоящее время наблюдается стремительное развитие CASE-средств во многих прикладных областях и для стратегического обеспечения конкурентоспособности на рынке встраиваемых информационно-управляющих систем необходимо оперативно отслеживать эти тенденции.

### Заключение

1. Приведена структура информационно-управляющей системы ветроэлектрической установки с турбогенераторами на лопастях ветроколеса.

2. Выполнен сравнительный анализ различных вариантов построения системы и показано, что оптимальным при разработке, эксплуатации и последующей модернизации и наращиванию является использование решений комплексной автоматизации на примере аппаратуры National Instruments.

3. Рассмотрены современные подходы и тенденции развития к разработке программного обеспечения встраиваемых информационно-управляющих систем реального времени.

### Литература

1. Разработка и создание комплексной информационно-управляющей системы для ветроэнергетической установки повышенной мощности / Д.И. Волков, В.В. Данилов, В.Ф. Миргород, Г.С. Ранченко, С.В. Поддубный // Современные информационные и электронные технологии: Сб. науч. тр. – Одесса, 2006. – Том. 1. – С. 314-317.
2. Миргород В.Ф., Волков Д.И., Ранченко Г.С., Голубенко Н.С. Моделирование динамики ветроэнергетической установки для задач управления // Моделирование-2006: Сб. тр. конф. – К. – 2006. – С. 327-330.
3. ДСТУ 4037-2001 Ветроэнергетика. Установки электрические ветровые. Общие технические требования.
4. Измерения и Автоматизация. Каталог National, 2006.
5. Голубенко Н.С., Аэродинамические особенности безмультипликаторной турбогенераторной схемы ветроэлектрической установки большой мощности // Материалы IV международной конференции «Нетрадиционная энергетика в XXI веке». – Крым, Гурзуф. – 2003. – С.125-132.

*Поступила в редакцию 29.05.2007*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.Д. Гогунский, Одесский национальный политехнический университет, Одесса.