

**А.А. Темичев, А.В. Кычкин**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

## **ПРОГРАММНЫЙ СИМУЛЯТОР ПЛК VIDA350 СИСТЕМЫ ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТА**

*Рассмотрены проблемы тестирования информационной системы энергоменеджмента на основе концепций Envidatec. Предложен оригинальный программный симулятор программируемого логического контроллера (ПЛК) VIDA350, используемого при сборе энергопоказателей. Приведены структурная схема симулятора, описаны принципы построения алгоритмического и программного обеспечения. Проведены результаты экспериментальных исследований работы симулятора в системе Mu-JEVis.*

В современном мире необходимым условием сохранения жизни стало обеспечение деятельности человека достаточным количеством энергии и топлива [1]. Специалисты выделяют проблему ограниченных запасов природных топливно-энергетических ресурсов, к которым относятся невозобновляемые источники энергии (торф, уголь, нефть, природный газ), что заставило мировое сообщество задуматься об энергосбережении. В связи с этим энергосбережение стало основным и самым эффективным способом развития современной мировой энергетики.

Сегодня для определения путей энергосбережения проводятся энергетический аудит и менеджмент исследуемых объектов с целью выявления параметров энергопотребления и перспектив экономии средств.

Проведением энергетического аудита и менеджмента занимаются различные отечественные и зарубежные компании, в обязанности которых входит: осмотр объекта аудита; установка специального оборудования для слежения за энергопотреблением; документирование и выдача отчетности. Компания Envidatec GmbH (Германия) является доминантным представителем подобных организаций, а ее ин-

формационная система Му-JEVis предоставляет полный инструментарий для выполнения различных операций с энергоданными. Несмотря на гибкость и универсальность, широкое распространение на отечественном рынке системы Му-JEVis пока затруднительно. Это обуславливается рядом факторов. Во-первых, административный аппарат крупных производственных предприятий не всегда допускает какой-либо отладки информационной системы «на месте». Также затрудняет адаптацию компонентов Му-JEVis под российские условия и сложность технологических процессов, требующих полную работоспособность системы в течение длительного времени. Во-вторых, необходимость соответствия новым требованиям, предъявляемым к системам энергетического менеджмента в рамках стандарта ISO 50001, в частности, обеспечения показателей широкой масштабируемости, тиражируемости, контроля качества работы и самодиагностики системы. В связи с этим крайне важным является обеспечение контроля расширения архитектуры Му-JEVis при многих источниках энергоданных (до  $10^5$  для одного участка) в режиме реального времени, без использования внешнего оборудования и инсталляций на предприятиях.

В практике проектирования и разработки крупных информационных систем для решения подобных вопросов часто применяют различные программные симуляторы. Поскольку сбор и передача данных в систему Му-JEVis организованы с использованием программируемых логических контроллеров (ПЛК) линейки VIDA, например VIDA 350, то разработка его программного симулятора представляется актуальной задачей.

Практическая значимость программного симулятора ПЛК VIDA350 подчеркивается возможностью тестирования процедур передачи энергоданных в систему Му-JEVis, оценки реакции системы на ошибочные, некорректные данные и на стресс-устойчивость перед запуском на реальном оборудовании.

**Архитектура системы Му-JEVis.** Центральной частью системы энергоменеджмента является модуль автоматизации сбора данных на основе применения сложных программно-аппаратных комплексов VIDA, позволяющих повысить эффективность обработки информации с объекта наблюдения.

ПЛК линейки VIDA гарантируют получение данных в режиме реального времени, что позволяет своевременно вводить коррективы и реагировать на аварийные ситуации на объектах. Как правило, производится опрос датчиков температуры, давления, потребления электроэнергии, расхода, затем осуществляется пересылка данных в программную систему аудитора, осуществляющую анализ, визуализацию и регистрацию нестандартных ситуаций по состоянию принятых данных. На рис. 1 приведена архитектура системы My-JEVis [5].

На рисунке показано место ПЛК VIDA350 в общей архитектуре системы. Очевидно, что программный симулятор должен полностью обеспечить имитацию работы данного ПЛК. При этом количество подключаемых симуляторов VIDA350 не должно быть ограничено. В качестве дополнительных требований предъявляются следующие:

1. Кроссплатформенность, т.е. возможность запускаться в различных операционных системах, в частности, системах семейств Microsoft Windows, UNIX.
2. Юзабельность графического интерфейса пользователя.
3. Формирование эталонных данных без ошибок.
4. Формирование данных с различными видами эталонных ошибок.

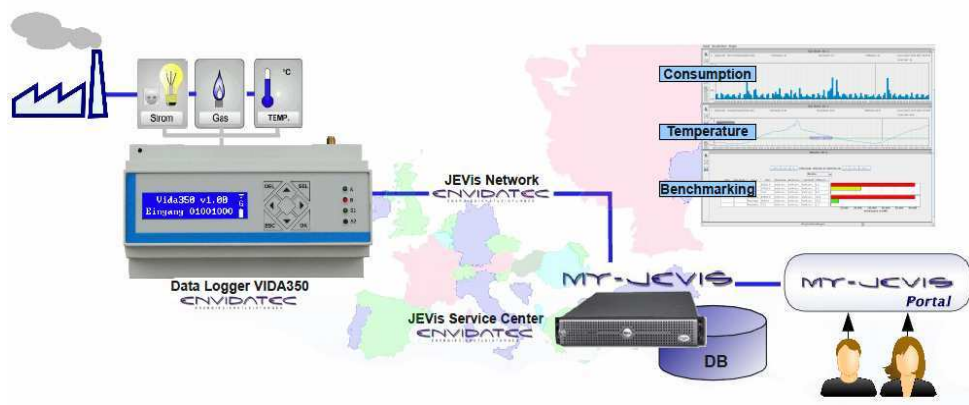


Рис. 1. Архитектура системы энергоменеджмента My-JEVis

**Коммуникация ПЛК VIDA350.** Для дальнейшей проработки программного симулятора был проведен анализ документации и текущего сетевого взаимодействия реального устройства с системой My-JEVis.

ПЛК VIDA350 контролируется системой по стандартному протоколу HTTP/1.0. Для запроса данных используется метод GET протокола HTTP [2]. Составлена табл. 1, иллюстрирующая HTTP-запросы устройству VIDA350 от системы Му-JEVis.

Таблица 1

Форматы запросов системы Му-JEVis устройству VIDA350

Функция (описание)	HTTP-запрос
Запрос одиночной точки данных из флэш-памяти, без учета временного диапазона	<i>/DPx</i> , где <i>x</i> конкретная точка данных
Запрос одиночной точки данных из флэш-памяти, с учетом временного диапазона	<i>/DPx-&lt;starttime&gt;-&lt;endtime&gt;</i> , где <i>x</i> – конкретная точка данных
Запрос всех имеющихся точек данных из флэш-памяти, без учета временного диапазона	<i>/DPall</i>
Запрос всех имеющихся точек данных из флэш-памяти, с учетом временного диапазона	<i>/DPall-&lt;start time&gt;-&lt;end time&gt;</i>
Запрос всех имеющихся точек данных с SD карты памяти, без учета временного диапазона	<i>/SD</i>
Запрос всех имеющихся точек данных с SD карты памяти, с учетом временного диапазона	<i>/SD-&lt;start time&gt;-&lt;end time&gt;</i>

Время форматируется без разделителей в формате: ДДММГГГГччммсс, например, дата 2009-12-21 и время 11:12:13 будут сохранены как 21122009111213.

Составлены примеры запросов:

1. *DP9*
2. *DP9-120620112000000-12062011235959*
3. *DPall*
4. *DPall-120620112000000-12062011235959*
5. *SD*
6. *SD-120620112000000-12062011235959*

Выходные данные ПЛК, отправляемые на сервер, представляют собой последовательность следующей структуры:

*<description line>*  
*<caption 1>;<caption 2>;<caption 3>*

Файл данных состоит из произвольного числа строк данных, представленных в виде:

*<value>;<time>;<date>*

Пример законченного файла с данными:

*EnvHQ - MeteringStation 1*

*Value;Time;Date*

*219,2;20:45:00;05.06.2009*

*207,6;21:00:00;05.06.2009*

*208,8;21:15:00;05.06.2009*

**Структурная схема симулятора ПЛК VIDA350.** По результатам проведенного анализа работы реального ПЛК и с учетом требований к программному симулятору VIDA350 в составе системы Му-JEVis разработана его структура (рис. 2). Черными стрелками показаны информационные потоки. Цифрами 1, 2, 3, 4 обозначены основные программные компоненты симулятора.



Рис. 2. Структура программного симулятора ПЛК VIDA350 в составе системы Му-JEVis

Охарактеризуем назначение основных элементов программного симулятора VIDA350:

1. «HTTP-сервер» используется для приема HTTP-запросов, поступающих в симулятор устройства VIDA350 от системы My-JEVis, и генерации HTTP-ответов.

2. «Графический интерфейс пользователя» – для взаимодействия пользователя с программным симулятором: установка параметров симуляции, управление процессом симуляции, ведение лога симуляции.

3. «Модуль обработки HTTP-запросов» – входит в состав HTTP-сервера, используется для разбора поступивших HTTP-запросов, выделения из них компонентов запроса системы My-JEVis и передачи их модулю обработки запросов системы My-JEVis.

4. «Модуль обработки запросов системы My-JEVis» – для обработки различных типов запросов от системы My-JEVis.

5. «Модуль симуляции выходных данных устройства VIDA350» – для генерации данных, отправляемых в систему My-JEVis.

**Алгоритм работы диспетчера симулятора ПЛК VIDA350.** Программное обеспечение, реализующее функционал симулятора, должно быть сравнительно простым и не требовать больших вычислительных ресурсов. В качестве основного программного компонента симулятора предлагается использовать диспетчер, осуществляющий управление модулями 1, 2, 3, 4 структуры, приведенной на рис. 2. Предлагается простейший алгоритм работы диспетчера программного симулятора устройства VIDA350, изображенный на рис. 3.

Важной особенностью диспетчера является возможность предварительной установки пользователем параметров симуляции энергоданных и настройки параметров связи симулятора с системой My-JEVis. Под параметрами симуляции будем понимать тип симулируемых данных (с ошибками, без ошибок), а под параметрами связи – выбор сетевого порта для идентификации и анализа запросов от системы My-JEVis.

Для повышения эффективности работы программы диспетчер производит запуск HTTP-сервера, осуществляющего прием запросов от системы My-JEVis, в фоновом режиме. При поступлении HTTP-запроса производится выделение из него анализируемых параметров. Далее осуществляется анализ параметров запроса, в соответствии с которыми генерируются данные. На следующем шаге формируется HTTP-заголовок и тело, включающее сгенерированные данные, и происходит отправка данных в систему My-JEVis.

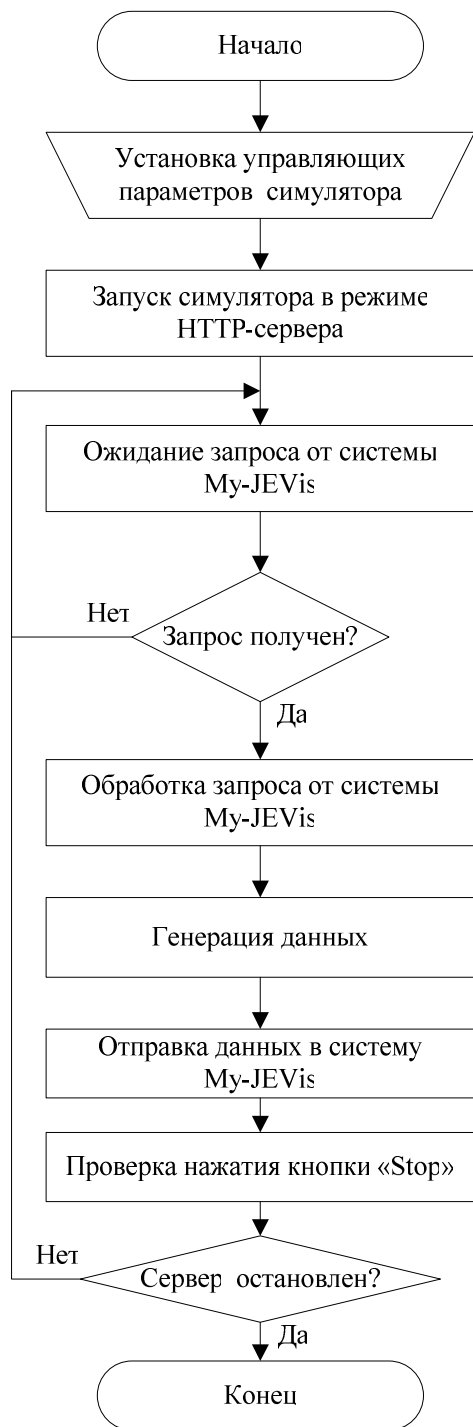


Рис. 3. Алгоритм работы диспетчера программного симулятора ПЛК VID350

## Алгоритмы симуляции выходных данных ПЛК VIDA350.

Важнейшим программным компонентом симулятора является обозначенный курсивом на рис. 2 модуль № 4, используемый для формирования выходных данных, имитирующих энергетические показатели с реальных датчиков.

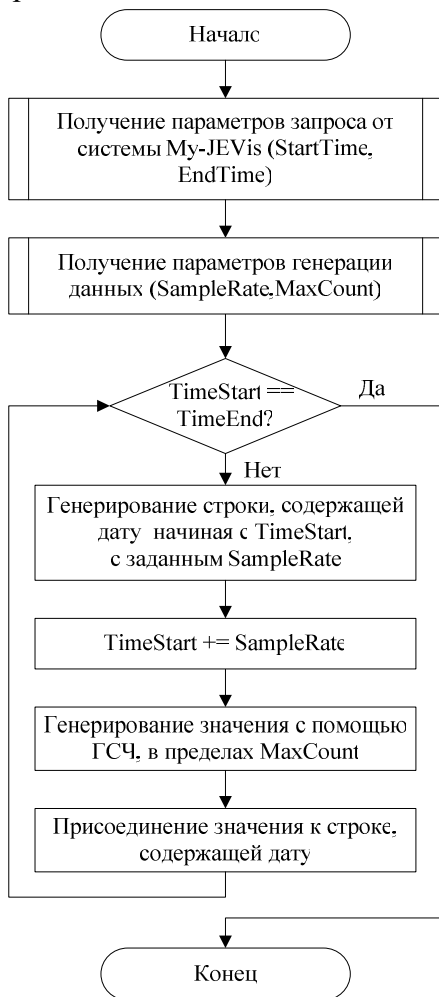


Рис. 4. Алгоритм генерирования безошибочных данных

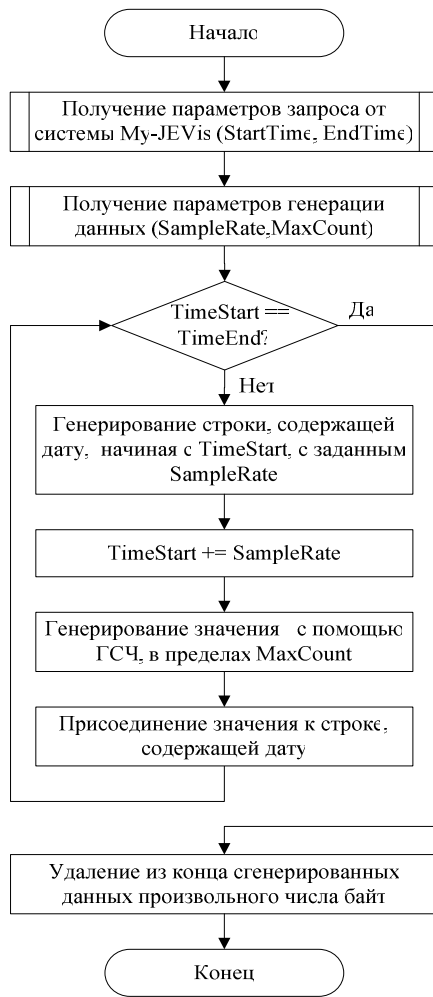


Рис. 5. Алгоритм генерирования данных с имитацией ошибки передачи

На основании результатов анализа процесса работы реального ПЛК, а также требований к симулируемым данным были разработаны основные алгоритмы формирования данных, передаваемых системе Му-JEVis, (рис. 4 и 5). На схемах алгоритмов введены следующие обозначения:



- StartTime – время, начиная с которого нужно получить данные;
- EndTime – время, обозначающее дату получения данных;
- MaxCount – максимальное значение измеряемого параметра;
- SampleRate – период отсчета времени в минутах (расстояние между ближайшими временными отчетами).

В составе модуля № 4 структурной схемы симулятора ПЛК были дополнительно разработаны алгоритмы формирования данных с непостоянным временным периодом, алгоритм формирования данных с невыровненным временем, с недопустимым значением.

На основании предложенных алгоритмов разработано программное обеспечение симулятора на языке JAVA [3].

**Экспериментальные испытания.** Тестирование работы симулятора заключалось, прежде всего, в проверке работоспособности базовой функциональности: генерирования данных без ошибок. На рис. 6 представлен результат вывода стека данных, полученных системой Му-JEVis от программного симулятора устройства VIDA350.

Timestamp	Value
2011-06-12 06:15:00	100.0
2011-06-12 06:30:00	102.0
2011-06-12 06:45:00	104.0
2011-06-12 07:00:00	106.0
2011-06-12 07:15:00	108.0
2011-06-12 07:30:00	110.0
2011-06-12 07:45:00	112.0
2011-06-12 08:00:00	114.0
2011-06-12 08:15:00	116.0
2011-06-12 08:30:00	118.0
2011-06-12 08:45:00	120.0
2011-06-12 09:00:00	122.0
2011-06-12 09:15:00	124.0
2011-06-12 09:30:00	126.0

Рис. 6. Визуализация в системе Му-JEVis результата приема данных от программного симулятора VIDA350

Сравнив данные, переданные программным симулятором устройства VIDA350, и данные, полученные системой Му-JEVis, была выявлена их полная идентичность, что подтвердило работу программного симулятора в режиме формирования безошибочных данных.

Аналогичным образом была проведена оценка работоспособности симулятора в режиме формирования ошибок. Результат проверки

приведен в табл. 2. Введены следующие обозначения:  $N_1$  – количество пакетов данных, сформированных симулятором;  $N_2$  – количество принятых пакетов в Му-JEVis;  $N_3$  – количество сформированных симулятором ошибок;  $N_4$  – количество распознанных ошибок системой Му-JEVis;  $P$  – процент обнаружения ошибок,  $P = N_4 / N_3 \cdot 100 \%$ . Количество выборок принято кратным количеству регистрируемых данных с интервалом 15 мин за сутки, то есть 96.

Таблица 2

Результаты идентификации системой Му-JEVis ошибок, сформированных симулятором

№ п/п	Наименование теста	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_4$	$P, \%$
1	Проверка ошибок связи	960	912	48	48	100
2	Отправка данных с непостоянным временным периодом	960	960	480	480	100
3	Отправка данных с неотформатированным временем	960	960	240	240	100
4	Отправка данных с недопустимым значением	480	480	96	96	100

**Заключение.** Разработан программный симулятор данных ПЛК VIDA350, который успешно интегрирован в состав эксплуатируемой за рубежом системы энергоменеджмента Му-JEVis компании ENVIDATEC GmbH. Проведены испытания симулятора с целью формирования эталонных (правильных) энергоданных, а также данных с ошибками, заданными различными шаблонами.

Исследованы функции сбора данных с симулятора и обнаружения ошибок системой Му-JEVis при различном числе регистрируемых параметров. Функции системы показали 100 %-ное обнаружение ошибок при заданных условиях проверки. В перспективе планируется проведение тестов при большем количестве программных симуляторов (от 10000), расположенных на различных территориально распределенных рабочих станциях.

Применение разработанного симулятора в составе Му-JEVis в значительной степени повышает оперативность адаптации системы к российским условиям. Использование симулятора программистами позволит проводить отладку уже на ранних стадиях создания программных процедур, необходимых информационной системе энергоменеджмента Му-JEVis для соответствия стандарту ISO 50001.

Наличие симулятора ПЛК VIDA350 в составе встроенной в Му-JEVis подсистемы контроля качества выгодно отличает ее от аналогичных систем. В результате этого условия внедрения рассматриваемой системы, соответствующей ISO 50001, на крупных отечественных предприятиях становятся более благоприятными, формируя предпосылки для экономии энергии, экологического и экономического роста регионов.

### **Библиографический список**

1. Энергосберегающие технологии. – URL: <http://www.energytechno.ru/>.
2. Документация к библиотеке Sun.HttpServer. – URL: <http://download.oracle.com/javase/6/docs/jre/api/net/httpserver/spec/index-all.html>.
3. Интегрированная среда разработки NetBeans, описание, руководство пользователя и разработчика. – URL: <http://www.netbeans.com/index.html>.
4. Документация компании «ENVIDATEC» GmbH. – URL: [envidatec.com](http://envidatec.com).

Получено 05.09.2011