



Столыпинский

вестник

Научная статья

Original article

УДК 004.67

DOI 10.55186/27131424_2023_5_3_13

**МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ И АНАЛИЗА ОШИБОК ОБОРУДОВАНИЯ
КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЭК**
METHODOLOGY FOR DETECTING AND ANALYZING EQUIPMENT
ERRORS OF CYBER-PHYSICAL SYSTEMS OF FUEL AND ENERGY
ENTERPRISES

Плахотников Дмитрий Петрович, аспирант, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Россия, г. Санкт-Петербург

Plakhotnikov Dmitrii, Postgraduate, Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI» ETU, e-mail: dimapl21@yandex.ru

Аннотация

При работе оборудования киберфизических систем предприятий топливно-энергетического комплекса формируются большое количество информации о состоянии и возникающих ошибках во время работы. Поскольку объем такой информации значителен, она может быть обработана только с помощью информационно-аналитических средств, позволяющих обрабатывать большие данные. Анализ таких ошибок дает возможность увеличить отказоустойчивость оборудования и выявить нарушения.

Summary

During the operation of the equipment of cyber-physical systems of enterprises of the fuel and energy complex, a large amount of information is generated about the state and the occurrence of their errors during operation. Such a volume of information is important, it can only be processed with the help of information and analytical tools that allow processing big data. The analysis of such errors makes it possible to increase the fault tolerance of the equipment and identify violations.

Ключевые слова: киберфизические системы, большие данные, аналитика данных, информационно-аналитические средства, топливно-энергетический комплекс.

Keywords: cyber-physical systems, big data, data analytics, information and analytical tools, fuel and energy complex.

Основная особенность киберфизических систем заключается в тесной интеграции между физическим и цифровым миром [1, с. 590]. Одним из способов выполнения данной интеграции является использование контроллеров управления оборудованием. Они преобразовывают данные с датчиков оборудования предприятий топливно-энергетического комплекса в текстовые отчеты. Данные отчеты хранятся локально на каждом из объектов предприятия.

Эти объекты соединены между собой через корпоративную сеть. Для получения цифровых адресов данных объектов необходимо получить информацию из службы каталогов [2, с. 46]. Пример такой команды, выполняемой внутри корпоративной сети с помощью командного интерпретатора:

```
Get-ADComputer -filter '(Name=*object*)' -Properties
"DistinguishedName","DNSHostName","Enabled" | Export-Csv -NoTypeInfoation
Objects.csv
```

После выполнения данной команды создается текстовый файл «Objects.csv» содержащий список всех объектов предприятия и их виртуальный адрес.

Следующим этапом является распаковка текстовых отчетов с объектов предприятия. Для этого необходимо развернуть информационно-аналитические

средства для подготовки и обработки текстовых отчетов. Примером таких средств являются системы бизнес-аналитики. Они предназначены для получения, обработки и визуализации данных полученных из различных систем [3, с. 21].

На рисунке 1 представлен скрипт распаковки текстовых отчетов.

```
Let vUnpackRows=Alt(NoOfRows('UNPACK')-1,0);
if ($(vUnpackRows)>0) then
For tmp=0 to $(vUnpackRows)
Let vFilePath=Peek('FilePath', $(tmp), 'UNPACK');
Let vUnpackPath=Peek('UnpackPath', $(tmp), 'UNPACK');
Execute $(vArchivator) e $(vFilePath) -o$(vUnpackPath) $(vMask) $(vKey);
Next tmp
End If;
STORE UnpackPeriod into [(vCsvPath)_UnpackPeriod.csv] (txt);
End Sub;
```

Рисунок 1. Скрипт распаковки текстовых отчетов оборудования

В результате были получены текстовые отчеты с контроллеров управления оборудования предприятий, представленные на рисунке 2.

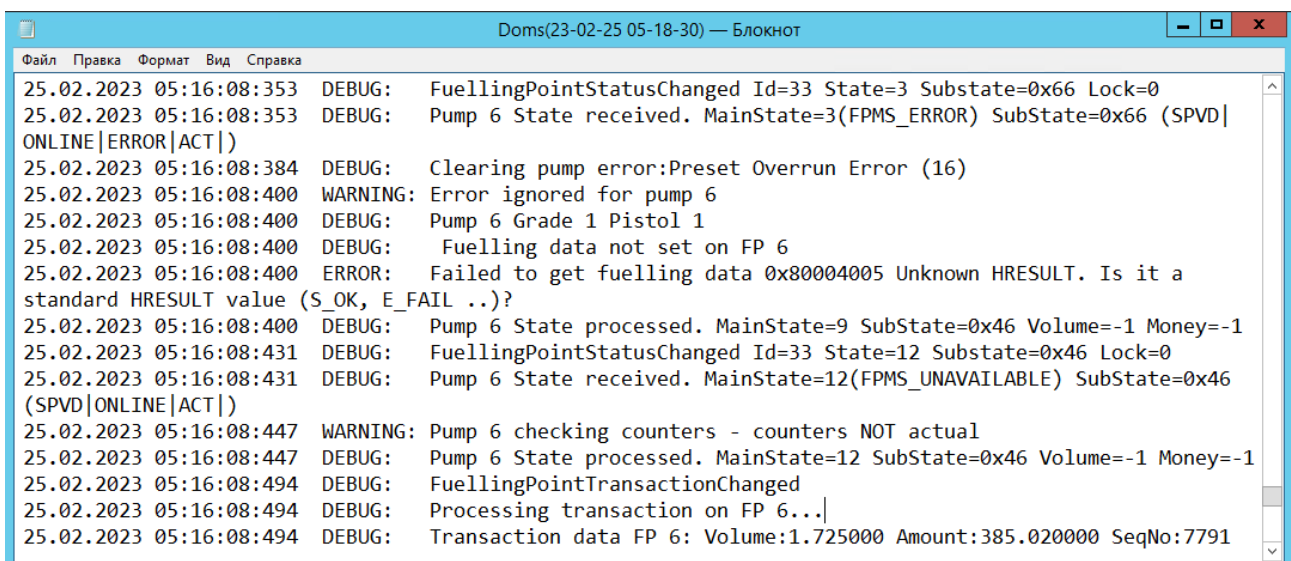


Рисунок 2. Текстовые отчеты с контроллеров управления предприятий

Такого рода текстовых отчетов в день создается более 10 тысяч штук по всему предприятию. Обработать такое количество файлов вручную не представляется возможным.

Для решения этой задачи с помощью обозначенного выше информационно-аналитического средства был разработан специальный скрипт обработки. В ходе изучения полученных отчетов было выяснено что все ошибки имеют подстроку формата "error:". Поэтому с помощью фильтра были выделены только такого рода

строки

```

[_ERRORS]:
LOAD
    '$(vFileName)'&'_'&RecNo() as RecNo,
    '$(vObjectId)' as ObjectId,
    Date#(SubField(@1,' ',1)) as Date,
    Time(Time#(Trim(SubField(@1,' ',2)), 'hh:mm:ss:fff')) as Time,
    Timestamp(Date#(SubField(@1,' ',1))&' '&Time(Time#(Trim(SubField(@1,' ',2)), 'hh:mm:ss:fff'))) as ErrorTS,
    TextBetween(@1,'error:', ' (') as ErrorText,
    TextBetween(@1,'(',')') as ErrorNum
FROM [$(vFile)]
(txt, utf8, no labels, delimiter is \x0, no quotes)
Where SubStringCount(@1,'error:');
[_Pump]:
LOAD
    '$(vFileName)'&'_'&(RecNo()-1) as RecNo,
    num(TextBetween(@1,'Error ignored for pump ', '')) as PumpNo
FROM [$(vFile)]
(txt, utf8, no labels, delimiter is \x0, no quotes)
Where Previous(SubStringCount(@1,'error:'));
End If;

```

Рисунок 3. Скрипт выявления ошибок оборудования

В скрипте определяется номер объекта предприятия, метка времени ошибки, номер ошибки и текст ошибки. Дополнительно определяется на каком именно насосе (pump) произошла ошибка. Так как строка с номером насоса в текстовом отчете идет следующей за строкой ошибки, то она определяется в отдельном блоке.

Среднее время на обработку одного файла текстовых отчетов составляет 0,18 секунд. Для выявления ошибок за день на более 1000 насосов киберфизической системы предприятия топливно-энергетического комплекса необходимо суммарно чуть менее 15 минут.

Следующим этапом является определения соответствия времени возникновения ошибки оборудования и системой контроля рабочего времени сотрудников предприятия. Для этого с помощью функции сравнения дискретных числовых значений с одним или несколькими числовыми интервалами, а также сравнения значений с одним или несколькими дополнительными ключами была произведена интеграция между системой контроля времени и полученными данными об ошибках. В результате этого была создана сводная таблица включающая данные о ошибке и данных о смене когда она произошла. Полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Сводная таблица ошибок оборудования

Идентификатор объекта	Насос	Метка времени	Идентификатор сотрудника	Смена	Номер ошибки	Текст ошибки
...
AGN-3	3	25.02.2023 0:07:39	#1432	232	34	Несоответствие суммарных показателей насосов
AGN-3	3	25.02.2023 0:08:17	#1432	232	20	Неожиданный запуск насоса
AGN-4	1	10.02.2023 0:08:21	#214	24	2	Неуказанная ошибка ПО
...

Количество строк в таблице составляет 80 тысяч при выборе диапазона данных в 1 месяц. Представлены данные по 1091 насосу находящиеся в 176 объектах. Далее был произведён анализ получившихся данных.

В начале необходимо было устранить выбросы в данных связанные с техническими ошибками и настройками оборудования. Для поиска выброса был использован метод границ Тьюки, основанный на межквантильном диапазоне. Данный инструмент встроен в используемое информационно-аналитическое средство.

В результате было выявлено, что 87 насосов имеют аномально высокое число технических ошибок – более 200 за месяц. Эти насосы были помечены как предаварийные, выделены в отдельный список и исключены из дальнейшего анализа.

Далее были определены сотрудники с наибольшим числом ошибок

оборудования. Было выявлено 2 недобросовестных сотрудника с 729 ошибками и 281 ошибкой «Неожиданный запуск насоса» за месяц, что является признаком несанкционированных действий.

Аналогичный анализ был выполнен в разрезе станций. Было выявлено 2 объекта с 364 и 350 ошибками переполнения и 1 объект с 341 ошибкой ПО. На данных объектах после выполнения технического обслуживания оборудования и настройки программного обеспечения ошибки были устранены.

Остальное количество ошибок по каждому объекту не превышало выбранные критерии, но при необходимости их можно изменить.

Описанная методика выявления и анализа ошибок оборудования киберфизических систем предприятий ТЭК позволяет обнаруживать как некорректную работу оборудования, программного обеспечения, так и несанкционированные действия со стороны персонала. Благодаря автоматизированной обработки текстовых отчетов за короткий период времени можно выделить необходимые события и с помощью встроенных инструментов информационно-аналитических средств выделить те объекты и сотрудников на которых стоит обратить внимание. Так же данная методика может быть использована и для других типов киберфизических систем.

Литература

1. D. P. Plakhotnikov and E. E. Kotova, "Design and Analysis of Cyber-Physical Systems," 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus), 2021, pp. 589-593, doi: 10.1109/ElConRus51938.2021.9396364.
2. Плахотников Д.П. Построение информационно-аналитических средств киберфизических систем // Международная конференция «Проектирование и обеспечение качества информационных процессов и систем» (IPSDQA'22) (Санкт-Петербург, 15 марта - 17 марта 2022) – с. 45-49.
3. Плахотников Д. П. Методика выбора методов прогнозирования временных рядов киберфизических систем предприятий ТЭК // Изв. СПбГЭТУ

«ЛЭТИ». 2022. Т. 15, № 7. С. 20-27. doi: 10.32603/2071-8985-2022-15-7-20-27.

Literature

1. D. P. Plakhotnikov and E. E. Kotova, "Design and Analysis of Cyber-Physical Systems," 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus), 2021, pp. 589-593, doi: 10.1109/ElConRus51938.2021.9396364.
2. Plakhotnikov D.P. Building information and analytical tools for cyber-physical systems // International conference "Design and quality assurance of information processes and systems" (IPSDQA'22) (St. Petersburg, March 15 - March 17, 2022) – p. 45-49.
3. D. P. Plakhotnikov, "Methods for choosing methods for forecasting time series of cyber-physical systems of enterprises in the fuel and energy complex," Izv. St. Petersburg Electrotechnical University "LETI". 2022. V. 15, No. 7. S. 20-27. doi: 10.32603/2071-8985-2022-15-7-20-27.

© Плахотников Д.П., 2023 Научный сетевой журнал «Столтыпинский вестник» №3/2023

Для цитирования: Плахотников Д.П. МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ И АНАЛИЗА ОШИБОК ОБОРУДОВАНИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЭК// Научный сетевой журнал «Столтыпинский вестник» №3/2023