

DOI:

ПРИМЕР АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОВЕРКИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАБОЧИХ БАЗ ДАННЫХ АСУТП АЭС

Будынкova Е.Р.,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4

azeevaliza@mail.ru

Байбулатов А.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65

bajbulatov@mail.ru

Аннотация: Рассмотрена задача автоматизации проверки корректности заданий для проектирования рабочих баз данных верхнего уровня АСУТП АЭС. Представлен алгоритм решения в части проверки как структуры, так и содержимого заданий, включая полный разбор KKS-кода с исследованием всех его секторов. Приведен перечень наиболее часто встречающихся несоответствий.

Ключевые слова: автоматизация, рабочие базы данных, KKS, АЭС, АСУТП.

Введение

Современные автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) атомных электростанций (АЭС) имеют двухуровневую структуру: в основе лежат системы нижнего уровня, непосредственно связанные с технологическим процессом производства электроэнергии, содержащие датчики и контроллеры и передающие информацию в виде сигналов на верхний уровень, за которым работает оператор. По каждой из систем нижнего уровня на верхний уровень – систему верхнего блочного уровня (СВБУ) – может передаваться до нескольких тысяч сигналов. СВБУ также оперирует сигналами, которые составляют рабочие базы данных (РБД). Однако представление информации (сигналов) на верхнем и нижнем уровнях различно.

Для проектирования РБД СВБУ необходимы задания (исходные данные). Задания формируются в организациях-разработчиках систем нижнего уровня в виде специальных баз данных (БД). Кодирование информации в них производится на основе системы классификации и кодирования Kraftwerk Kennzeichen System (KKS), которая позволяет однозначно идентифицировать сооружения, установки, части установок и другие компоненты АЭС. Для того чтобы проектирование РБД СВБУ производилось корректно и без ошибок, задания должны удовлетворять требованиям к представлению исходных данных, содержащихся в специальных документах. Поскольку кодирование информации и формирование заданий производится отчасти вручную и связано с человеческим фактором, в заданиях возможно появление ошибок. В связи с большим объемом заданий для проверки соответствия их требованиям к исходным данным необходимы автоматизированные средства.

1 Роль рабочих баз данных в создании АСУТП АЭС

АСУТП промышленными объектами, в том числе АЭС – это сложные системы, в состав которых входят следующие крупные компоненты [1]:

- оперативный персонал,
- информационное обеспечение,
- организационное обеспечение,
- программное обеспечение,
- техническое обеспечение.

К основным компонентам АСУТП в части информационного обеспечения относится информационная база автоматизированной системы, под которой понимается совокупность упорядоченной взаимосвязанной информации, используемой при ее функционировании [2].

АСУТП АЭС состоит из ряда подсистем, выделенных по технологическому или функциональному признаку – систем нижнего уровня. СВБУ объединяет все подсистемы в единую систему, обеспечивая сбор и обмен информации, дистанционное управление оборудованием, а также реализовывая общеблочные задачи [3].

Основной частью информационной базы СВБУ является РБД – совокупность баз данных, содержащих описания автоматизируемого оборудования, точек контроля, диагностических и расчетных сигналов, мнемосхем для конкретного энергоблока АЭС.

Для взаимодействия СВБУ с различными системами нижнего уровня нужны разные РБД, для каждой из которых нужны свои исходные данные, отличающиеся структурой и содержанием. РБД формируется из исходных данных, составленных согласно требованиям. Проектирование РБД осуществляется согласно специальной методике [4]; схема взаимодействия организаций-разработчиков АСУТП при проектировании РБД представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема взаимодействия организаций-разработчиков АСУТП при проектировании РБД

Исходные данные для РБД формируют организации-разработчики систем нижнего уровня (поставляющие оборудование для АСУТП АЭС) на основе специальных требований.

2 Характеристика исходных данных для проектирования РБД

2.1 Структура исходных данных

Исходные данные представляют собой БД в формате MS Access, которая заполняется закодированным описанием компонентов АЭС, сигнализации, сигналов контроля и команд управления.

Рассмотрим один из документов, определяющий требования к представлению исходных данных в части входных и выходных аналоговых, дискретных сигналов, сигналов по оборудованию и сигналов диагностики АСУТП, которыми СВБУ обменивается с одной из подсистем нижнего уровня [5].

В данном документе указано, что исходные данные должны быть оформлены в виде файла БД MS Access в формате *.accdb, также приведен принцип формирования названия файла; приведены названия таблиц и полей с указанием наименований и типов данных, представлено описание содержимого для записи в каждой из таблиц.

Наиболее сложными для проверки являются поля, содержащие KKS-коды (коды, представленные в системе кодирования, необходимой для унификации технологических решений и представления информации о состоянии энергооборудования и протекающих в нем процессов).

2.2 Содержимое исходных данных

Исходные данные содержат таблицы с данными по аналоговым параметрам, по дискретным параметрам, справочник сокращений и единиц измерений, справочник кодов применения. В справочниках приведены аббревиатуры с расшифровками. KKS-коды представлены в соответствии с системой классификации [4].

Сложность проверки KKS-кода заключается в их структуре: код делится на сектора, а сектора на группы, см. рис 2. В первой строке указаны номера секторов 0, 1, 2, 3, 4:

0 – установка в целом, отвечает за номер энергоблока;

1 – функциональный код, отвечает за назначение кодируемого компонента (водоснабжение, сеть, здания, установки);

2 – агрегатный код, отвечает за классификацию агрегатов, аппаратов, оборудование;

3 – код частей агрегатов, отвечает за источник или приемник сигнала, за смешанный сигнал.

Под секторами находятся группы, которые разбивают сектора на информационные части. Под группами указано, из чего они могут состоять (цифры или буквы). На месте группы могут быть не любые сочетания цифр или букв, а только описанные в соглашении о применении системы кодирования.

Исходя из соглашения о применении системы кодирования можно выделить некоторые зависимости между значениями в различных группах.

При рассмотрении функционального кода можно увидеть зависимость между системной классификацией и системной нумерацией. Зависимость следующего вида: определенному значению системной классификации соответствует группа значений системной нумерации.

Подобная зависимость есть и у групп агрегатного кода: определенному значению агрегатной классификации соответствует группа значений агрегатной нумерации, а также может присутствовать или отсутствовать дополнительный код.

Для кода частей агрегатов и сигналов также существует зависимость сигнала от кода частей агрегата.

От группы предварительного кода системы функционального кода, как и от значения сектора установки в целом зависит содержимое всех остальных групп кодов.

Номер сектора кодов	0	1	2	3
Содержание сектора кодов	Установка в целом	Функциональный код	Агрегатный код	Код частей агрегатов
Название групп кодов	G	F ₀ F ₁ F ₂ F ₃ F _N	A ₁ A ₂ A _N A ₃	B ₁ B ₂ B _N
	N	N AAA NN	AA NNN (A)	AA NN

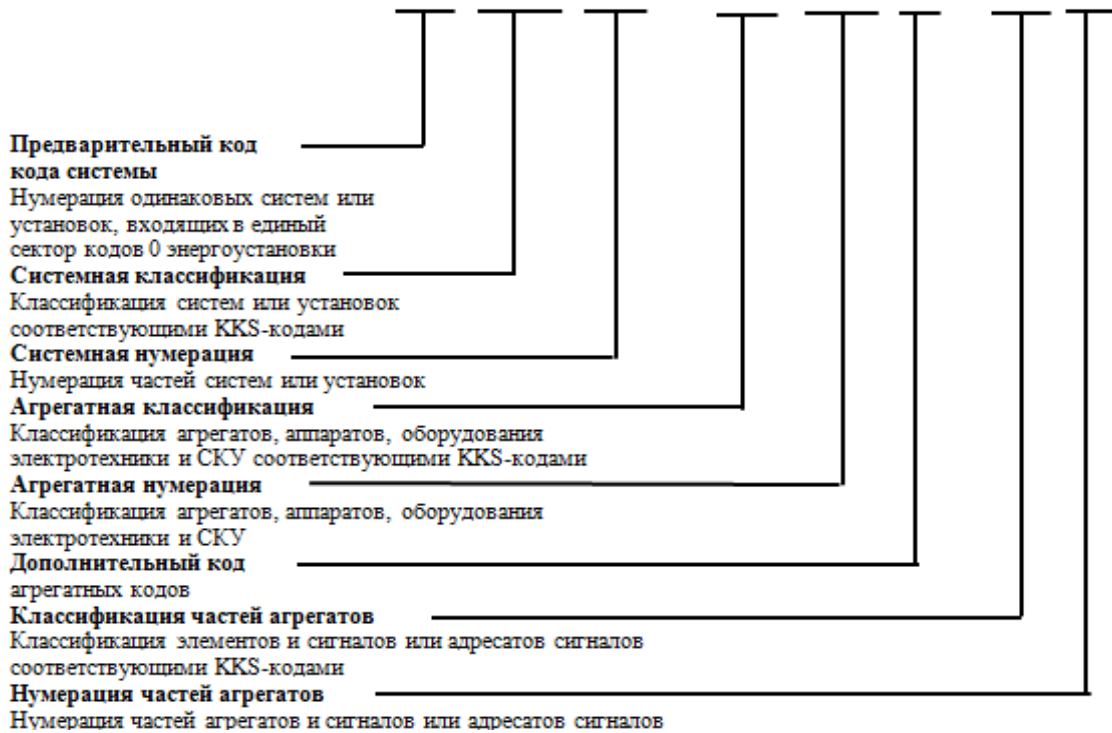


Рис. 2. Структура KKS-кода

3 Методика проверки исходных данных для РБД

3.1 Постановка задачи проверки исходных данных

Процесс проверки исходных данных можно разделить на следующие логические составляющие:

- ввод данных для проверки;
- ввод правил для проверки;
- проверка;
- вывод информации о проверке пользователю.



Рис. 3. Постановка задачи проверки исходных данных

Для ввода данных необходим проверяемый файл БД. Затем происходит проверка наименования БД, далее подключение к ней и проверка наличия необходимых таблиц и полей. Если наименование совпадает с требуемым и необходимые поля присутствуют, то происходит загрузка данных в память программы.

При проверке содержимого БД необходимо проверить на корректность построения KKS-код, для чего необходимы правила, определяющие эту корректность.

Для возможности полноценной работы с правилами построения KKS-кода необходимо предусмотреть возможность их добавления, удаления и редактирования, т.е. необходимо предусмотреть следующие подзадачи:

- возможность добавления, удаления, редактирования правил для группы, не зависимо от других групп;
- возможность добавления, удаления, редактирования правил для группы с зависимостью от других групп.

Проверка KKS-кода по введенным правилам необходима для выяснения корректности KKS-кода.

Для выполнения задачи проверки необходимо предусмотреть следующие подзадачи:

- получение правил;
- обработка правил.

Под получением правил понимается считывание в память программы правил построения KKS-кода.

Обработка правил включает в себя обход по всем правилам и проверку соответствия полученного исходного KKS-кода с правилами.

Задача хранения результатов необходима для возможности последующего исправления ошибок в исходной БД. Для выполнения задачи хранения результатов проверки полей KKS и SIGNAL необходимо задать структуру выходных файлов в следующем формате: номер записи в БД, значение ошибочного кода, позиция, на которой находится ошибка, сам ошибочный символ.

Также необходимо поместить информацию о полях KKS и SIGNAL в разные файлы и обеспечить хранение результатов всех проверенных файлов.

3.2 Алгоритм проверки исходных данных

Для решения поставленной задачи проверки исходных данных можно предложить следующую схему алгоритма, см. рис. 4.

Условие А содержит ветвление программы в случае корректного/некорректного названия файла исходных данных. В, G – показывают начало и завершение цикла прохода по таблицам.

Процесс С описывает действие проверки соответствия требованиям названия таблицы в БД.

D, F – показывают начало и завершение цикла прохода по полям в текущей таблице.

Условие E содержит проверку формата поля с ветвлением в случае корректного/некорректного формата.

Условие H описывает ветвление в случае, если в БД содержатся не все таблицы из требований.

I – показывает точку вызова программы проверки содержимого полей.

Проверка содержимого полей, в частности KKS-кода, происходит по следующим шагам:

- считывание правил, для проверки KKS-кодов, в случае ошибки вывод информационного сообщения пользователю, о невозможности продолжить проверку, с указанием ошибки,
- считывание KKS-кода,
- разбиение KKS-кода на группы, для последующего анализа на корректность,
- рекурсивная проверка групп кода по правилам, начиная с кода системной классификации, в случае отсутствия необходимого правила, формирование выходной строки с описанием ошибки,
- запись в файл всех некорректных случаев.

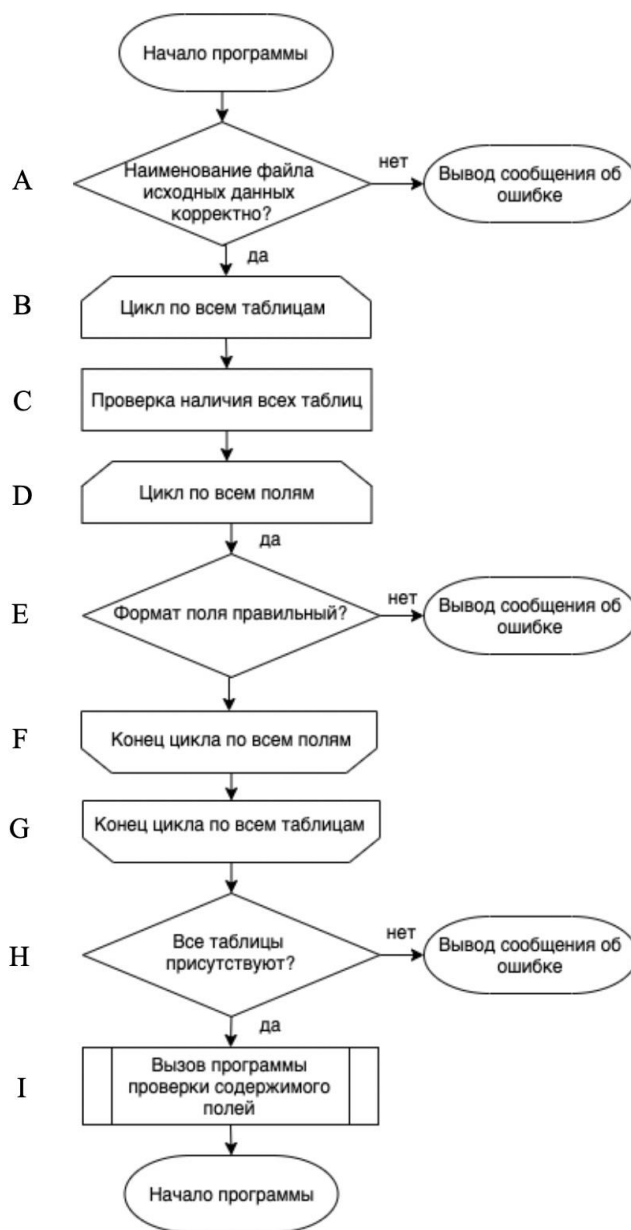


Рис. 4. Алгоритм проверки исходных данных

Проверка полей из алгоритма рис. 4 реализована следующим образом: сначала идет проверка групп кодов F1F2F3, если значение этой группы корректно, то далее по правилам проверяются те группы, которые зависят от этого конкретного значения F1F2F3, FN – всегда зависит от F1F2F3, поэтому эта группа проверяется следующей. Если дополнительных зависимых групп нет, то идет проверка групп в следующем порядке: G, F0, A1A2, AN, A3 по стандартным правилам. Под стандартными правилами понимаются общие правила для всех KKS-кодов.

Правила для проверки KKS-кода представляют собой файлы в формате *.json, в которых все ключевые слова и значения записаны в кавычках.

Например, в правиле рис. 5 описано следующее: в секторе 0 код группы «G» может принимать значения 0, 1 или 2, в секторе 1 код группы «F0» может принимать значения от 0, до 4 и так далее.

```

{"sector_0": {"G": {"range": ["0","2"]}},
"sector_1": {"F0": {"range": ["0","4"]},"F1F2F3": {"range": ["AAA","ZZZ"]}}, ...
..."AN": {"range": ["000","999"]}}

```

Рис. 5. Правило для проверки KKS-кода

3.3 Результаты проверки исходных данных

Результатом проверки является определение соответствия/несоответствия каждому из требований документов: требование к наименованию исходного файла, требование к структуре исходного файла, наличию всех указанных таблиц и соответствию формату полей для каждой из таблиц.

Структура результата выходных данных при проверке содержимого поля KKS показана на рис. 6.

Номер записи	KKS	Позиция ошибки	Ошибочные символы
<число>	NNXXNXXNNN	<число>	<число>

Рис. 6. Выходные данные

Для каждого кода информация записывается на новой строке таблицы. В этой строке указывается номер строки в БД, целиком ошибочный код, номер символа (диапазона символов) в коде, указывающий на ошибку (нумерация с единицы), непосредственно ошибочный символ (последовательность символов).

Для нулевого сектора строка ошибки выглядит следующим образом:

G	1	50ACA60CE041	1	5
---	---	--------------	---	---

Рис. 7. Выходные данные для сектора 0

Для первого сектора строка ошибки выглядит следующим образом:

F0	3021	05SAC47CR001W	2	5
F1F2F3	4104	10CPR01EK001	3-5	CPR
FN	4620	10JDY00EK001	6-7	00

Рис. 8. Выходные данные для сектора 1

Для второго сектора строка ошибки выглядит следующим образом:

A0	4922	10FAL72BA001	8-9	BA
A1A2A3	1	00ACA60CE000	10-12	000
AN	2	00UBJ60CE021	13	J

Рис. 9. Выходные данные для сектора 2

В случае наличия ошибок в формате представления данных и их содержании инициируется новый запрос на получение исходных данных.

4 Применение методики проверки исходных данных для РБД

Приведенная в предыдущем разделе методика проверки исходных данных для РБД была успешно применена при проектировании РБД СВБУ АСУТП АЭС «Куданкулам» (Индия). В KKS-кодах были выявлены следующие типы ошибок:

- в группе G ошибочно был записан номер несуществующего сектора, например, 5, см. рис.7;
- в функциональном коде ошибки встречались в разных группах: F0, F1F2F3, FN, см. рис.8, причем значения F0 и FN зависят от значения F1F2F3;
- в агрегатном коде ошибки были замечены также в разных группах: A0, A1A2A3, AN, см. рис. 9, причем AN может отсутствовать, что не является ошибкой;
- в коде сигнала ошибки были как в части классификации сигнала, так и в нумерации для этой классификации.

Заключение

Проверка исходных данных является важной задачей, поскольку от корректности исходных данных напрямую зависит возможность проектирования рабочих баз данных СВБУ АСУТП АЭС и соответствие полученных РБД технологическому процессу.

Для решения этой задачи были проанализированы требования к исходным данным и способы KKS-кодирования. При этом были выявлены зависимости в структуре KKS-кода, для которых была спроектирована структура данных правил в виде json-файла и разработан алгоритм обхода по этим правилам.

С помощью разработанной методики был автоматизирован процесс и сокращено время проверки большого объема исходных данных для проектирования РБД АСУТП АЭС.

Подобная методика может быть также применена для автоматизации проверки большого объема данных в других АСУТП.

Литература

1. Стефани Е.П. Основы построения АСУ ТП. – М.: Энергоиздат, 1982. – 352 с.
2. ГОСТ 34.003-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения. 2009. – 14 с.
3. Бывайков М.Е., Жарко Е.Ф., Менгазетдинов Н.Э., Полетыкин А.Г., Прангшвили И.В., Промыслов В.Г. Опыт проектирования и внедрения системы верхнего блочного уровня АСУ ТП АЭС // Автоматика и телемеханика. 2006. Т. 5. С. 65-79.
4. Бывайков М.Е., Акафьев К.В., Байбулатов А.А., Зуенкова И.Н. База данных системы верхнего блочного уровня АСУ ТП АЭС: структура и методика разработки // Ядерные измерительно-информационные технологии. 2014. № 4. С. 24-31.
5. Требования к представлению исходных данных для проектирования рабочих баз данных в части формирования протоколов текущих событий и организации интерфейса обмена данными с ПТК УСБТ R188.KK34.0.0.AP.TT.WD1000-01.4. ИПУ РАН. 2020. – 22 с.
6. Система кодирования для АЭС. Соглашение по применению системы кодирования KKS в Проекте АЭС «Куданкулам» в Индии. R01.KK36.0.0.OO.KKS.P002. АО «Атомэнергопроект». 2016. – 150 с.