Заметки о COMTRADE.

> *Под камнем преткновения, по мнению некоторых, (от церковно-славянского «преткнуться» — споткнуться) понимается символический камень установленный в Сионе, о который спотыкались все неверующие* ***и не соблюдающие законы****. Wkipedia*

Аннотация: В статье рассмотрены некоторые ошибки в формировании файлов COMTRADE различными разработчиками оборудования, поддерживающего функции РАС (регистратор аварийных событий).

Ключевые слова: Формат COMTRADE регистраторы аварийных событий, анализ аварийных осциллограмм.

Поводом для написания статьи послужило приглашение к обсуждению данной темы Е.Г.Дорохиным в его статье[6]. Автор получил от него файлы, участвовавшие в тестировании.

Не соответствие стандарту COMTRADE файлов («не соблюдение закона»), сгенерированных устройством или программой производителя устройства явилось «камнем преткновения» о который «споткнулись» некоторые программы просмотра рассмотренные в [6].

Хотелось бы обратить внимание на те ошибки в файлах COMTRADE, которые оказали влияние на результаты тестирования.

Статья не описывает подробно сам стандарт и рассчитана на читателя знакомого с ним [1]..[3]. Частично описание стандарта на русском языке можно найти в [4][5]. Выдержки стандарта в статье приведены на английском и русском языках. Если читатели обнаружат неточность перевода, прошу высказаться на форуме www.rzia.ru

Автор не делает никаких оценок в отношении производителей упоминаемых в статье – «хороший» или «плохой», а только приводит файлы данного производителя в качестве примера, который может служить тестом для разрабатываемых программ просмотра (тем более что оборудование уже установлено и находится в работе, явно справляясь с возложенными на него задачами).

Кириллица.

Формат COMTRADE определяется набором двух основных файлов обмена информацией: конфигурационным файл (.cfg) и файлом данных (.dat). Оба файла могут быть либо текстовыми, либо файл данных - бинарным. Опционально (необязательно) предусматриваются еще два текстовых файла с расширениями .hdr (заголовок или описание) и .inf (информационный). Текстовые файлы должны быть в формате ASCII.

> ***ASCII*** *(англ. American Standard Code for Information Interchange) — американская стандартная кодировочная таблица для печатных символов и некоторых специальных кодов. ASCII представляет собой кодировку для представления десятичных цифр, латинского и национального алфавитов, знаков препинания и управляющих символов. Изначально разработанная как 7-битная, с широким распространением 8-битного байта ASCII стала восприниматься как половина 8-битной. В компьютерах обычно используют расширения ASCII с задействованным 8-м битом и второй половиной кодовой таблицы.*

Вторая половина кодовой таблицы используется для размещения символов национальных алфавитов. Так вот единого стандарта размещения кириллических символов в таблице ASCII нет (CP866, КОИ-8, Windows-1251).

Отсюда проблемы с кириллицей при разборе файлов COMTRADE. Старые версии (со времен DOS) использовали CP866 кодировку, боле свежие Windows-1251. Программа просмотра файлов с кириллицей может попытаться автоматически определить кодировку, например по первой строке конфигурационного файла, который часто содержит длинное название объекта установки РАС. Однако поскольку стандарт допускает отсутствие информации в этих полях и во многих файлах они пустые, то единственный способ менять кодировку соответствующей командой. Это, как правило, реализовано практически во всех отечественных программах просмотра.

Год ревизии.

Формат разработан институтом IEEE и имеет две ревизии 1991(IEEE Std 111-1991) и 1999 (IEEE Std C37.111-1999) годов (далее будет упоминаться как версия 1991 и версия 1999).

> ***Институт инженеров по электротехнике и электронике*** *—* ***IEEE*** *(англ. Institute of Electrical and Electronics Engineers) (I triple E — «Ай трипл и») — международная некоммерческая ассоциация специалистов в области техники, мировой лидер в области разработки стандартов по радиоэлектронике и электротехнике.*
>
> *Эта общественная некоммерческая ассоциация профессионалов появилась в 1963 году, в результате слияния Института радиотехников (англ. Institute of Radio Engineers, IRE) созданном в 1912 году и Американского института инженеров-электриков (англ. American Institute of Electrical Engineers, AIEE) созданном в 1884 году. IEEE объединяет более 400000 индивидуальных членов из 170 стран, в том числе более 100000 студентов, издаёт третью часть мировой технической литературы, касающейся применения радиоэлектроники, компьютеров, систем управления, электротехники, в том числе (январь 2011) 122 реферируемых научных журнала и 36 отраслевых журналов для специалистов, проводит в год более 300 крупных конференций, принимала участие в разработке около 900 действующих стандартов.*
>
> *Главная цель IEEE — информационная и материальная поддержка специалистов для организации и развития научной деятельности в электротехнике, электронике, компьютерной технике и информатике, приложение их результатов для пользы общества, а также профессиональный рост членов IEEE. Получение бесценной информации о новейших исследованиях и разработках в радиоэлектронике и электротехнике возможно только благодаря IEEE.*

В стандарте 1999 года в первой строке файла конфигурации было добавлено поле года ревизии и в его описании указывалось на его критичность (обязательность). Отсутствие поля указывало на соответствие версии файла конфигурации 1991 году, наличие – году пересмотра (ввода изменений) стандарта. В разделе приложений стандарта приведен пример файла конфигурации, где указан год ревизии.

SAMPLE.CFG

Condie,518,1999<CR/LF>

В 2001 году появляется стандарт IEC 60255-24 First edition 2001-05 принятый МЭК.

Международная электротехническая комиссия *(МЭК; англ. International Electrotechnical Commission, IEC; фр. Commission électrotechnique internationale, CEI) — международная некоммерческая организация по стандартизации в области электрических, электронных и смежных технологий. Некоторые из стандартов МЭК разрабатываются совместно с Международной организацией по стандартизации (ISO).*

МЭК составлена из представителей национальных служб стандартов. МЭК была основана в 1906 году и в настоящее время в её состав входят более 76 стран. Первоначально комиссия располагалась в Лондоне, с 1948 года по настоящее время штаб-квартира находится в Женеве, Швейцария. В настоящее время имеет региональные центры в Юго-восточной Азии (Сингапур), Латинской Америке (Сан-Пауло, Бразилия) и Северной Америке (Бостон, США).

МЭК способствовала развитию и распространению стандартов для единиц измерения, особенно гаусса, герца, и вебера. Также МЭК предложила систему стандартов которая, в конечном счёте стала единицами СИ. В 1938 году был издан международный словарь с целью объединить электрическую терминологию. Эти усилия продолжаются, и Международный электротехнический словарь остаётся важной работой в электрических и электронных отраслях промышленности.

Стандарты МЭК имеют номера в диапазоне 60 000 — 79 999, и их названия имеют вид типа МЭК 60411 Графические символы. Номера старых стандартов МЭК были преобразованы в 1997 году путём добавления числа 60 000, например, стандарт МЭК 27 получил номер МЭК 60027. Стандарты, развитые совместно с Международной организацией по стандартизации, имеют названия вида ISO/IEC 7498-1:1994 Open Systems Interconnection: Basic Reference Model.

IEC 60255 Electrical Relays
IEC 61850 Communication Networks and Systems in Substations
IEC 60870 Telecontrol equipment and systems
IEC 61588 Precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems

Сам стандарт практически слово в слово копирует документ IEEE Std C37.111-1999. Однако при описании года ревизии в качестве примера приводится 2000 год, а в разделе приложений указан 1997 год.

SAMPLE.CFG

Condie,518,1997 <CR/LF>

Тем не менее, и здесь данное поле определяется как год ревизии и определяет версию стандарта. Поэтому годом пересмотра стандарта является 1999, а не год его принятия МЭК-ом без изменений. Мне кажется, стандарт МЭК повлиял на то, что многие производители, имея в виду его, указывают год ревизии от 1997 до 2001. Как я уже говорил выше, поле является критическим и должно однозначно трактовать версию формата COMTRADE. Если программа жестко привязана к 1999 году, то возможно неверное понимание формата конфигурационного файла и соответственно проблемы с расшифровкой данных.

Сейчас можно найти ссылки на очередную ревизию C37.111-2013 IEEE (COMTRADE), которая трактуется как общая с IEC 60255-24 Ed.2.



Надеюсь, в этом документе год ревизии будет определен однозначно. А разработчикам программ просмотра из-за наличия факта разночтения года ревизии, придется самим определять, какой стандарт используется.

Отличие версии 1999 года в том, что при описании полей появились строгие требования к их заполнению:

- указана обязательность заполнения (критичность),
- ограничение на размер строки,
- максимальное и минимальное значения,
- формат значения целый, с плавающей точкой, чисто текстовый или смешанный, конкретные значения.

На это не все разработчики устройств обратили внимание, тогда как стандарт предписывает в случае ошибки в критически важном поле считать файлы не соответствующими стандарту. Поэтому и важно чтобы программа просмотра правильно определила год ревизии и выполнила дополнительную проверку заполнения поля, если это требует стандарт.

Описание каналов.

Файл «АУРА». 19июль2012_14ч05м18.745с_ПС-220кВ Афипская[826]_(Пуск_по_9_каналу(U2)).cfg

В перечне каналов указано

223,47A,176D

т.е. 47 аналоговых и 176 дискретных каналов.

Поля аналоговых и дискретных каналов в стандарте имеют индекс канала. К индексу канала предъявляются следующие требования:

An,ch_id,ph,ccbm,uu,a,b,skew,min,max,primary,secondary,PS <CR/LF>

где

An *is the analog channel index number. Critical, numeric, integer, minimum length = 1 character, maximum length = 6 characters, minimum value = 1, maximum value = 999999. Leading zeroes or spaces are not required. Sequential counter from 1 to total number of analog channels (##A) without regard to recording device channel number.*

число является индексом аналогово канала. ***Критично****, число, минимальная длина = 1 символ, максимальная длина = 6 символов, минимальное значение = 1, максимальное значение = 999999. Выравнивающих по длине символов нулей или пробелов не требуется.* ***Последовательный перебор от 1 до общего количества аналоговых каналов вне зависимости от номера канала записывающего устройства.***

В данном файле аналоговые и дискретные каналы имеют порядковые индексы, согласно привязке к аппаратуре, а не последовательного перебора. Поскольку формат COMTRADE – формат ОБМЕНА, то он может содержать не все записываемые параметры, а выборочные. Поэтому он отвязан от нумерации каналов в аппаратуре.

Однако в строке есть поле:

ccbm *is the circuit component being monitored. Non-critical, alphanumeric, minimum length = 0 characters, maximum length = 64 characters.*

Контролируемый компонент схемы (цепи). Точка измерения. Не критично, буквенно-цифровое, минимальная длина = 0 символов, ***максимальная = 64 символа***

Вот здесь, наверно, и нужно сделать привязку точек измерения к описываемому каналу.

Далее поле идентификатор канала (название канала).

ch_id *is the channel identifier. Non-critical, alphanumeric, minimum length = 0 characters, maximum length = 64 characters*

идентификатор канала. Не критично, буквенно-цифровое, минимальная длина = 0 символов, ***максимальная = 64 символа***

Если объявлен формат 1999, то вступают в силу ограничения на максимальную длину в символах. В данном файле, как в некоторых других, это игнорируется. Возможно, что данное поле получено из названия параметра устройства, где нет таких ограничений. Но при формировании файла COMTRADE необходимо следовать стандарту и вводить ограничения.

Выборки и частоты.

Файлы «ПАРМА», A1M8S5AY.cfg, A1M8S5AY.dat

Стандарт файла конфигурации строка частоты дискретизации и числа выборок с данной частотой должна иметь вид:

samp,endsamp <CR/LF>

где

samp *is the sample rate in Hertz (Hz). Critical, real, numeric, minimum length = 1 character, maximum length = 32 characters. Standard floating point notation may be used (Kreyszig [B7]).*
Частота дискретизации в Hz. ***Критическое****, реальное число,* ***минимальная длина = 1 символ****, максимальная длина = 32 символа. Может быть использован стандарт с плавающей точкой (Kreyszig [B7]).*

endsamp *is the last sample number at sample rate. Critical, integer, numeric, minimum length = 1 character, maximum length = 10 characters, minimum value = 1, maximum value = 9999999999.*
Номер последней выборки (отсчета). ***Критическое****, целое число, минимальная длина = 1 символ, максимальная длина = 10 символов, минимальное значение = 1, максимальное значение = 9999999999.*

Файл данные в текстовом виде содержит строки:

n, timestamp, A1, A2 …Ak, D1, D2…Dm<CR/LF>

где

n *is the sample number. Critical, integer, numeric, minimum length = 1 character, maximum length = 10 characters, minimum value = 1, maximum value = 9999999999.*

Номер выборки. ***Критическое****, целое число, минимальная длина = 1 символ, максимальная длина = 10 символов, минимальное значение = 1, максимальное значение = 9999999999.*

В файле конфигурации указано:

1800, **9530**

В текстовом файле данных последняя строка

9528, 5292778,3380,-3240,-213,-27,3,14,-1,-14,837,-681,-126,0,3,-15,0,851,-516,-349,0,0,1,0,0,0,0,0

Налицо нарушение требований стандарта.

Несколько иная проблема с выборками и частотами, указанными в файле конфигурации, и значениями меток времени в фале данных описывается на одной из веток форума[1]. Просто процитирую некоторые сообщения буквально. За подробностями и файлом отсылаю на ветку [1]: *Советы бывалого релейщика -> Как проводить анализ осциллограмм аварийных регистраторов -> Что на осциллограмме*

Если обратимся к стандарту (*IEEE Std C37.111-1999*), то там указано следующее:

*"Note that, if **nrates** and **samp** are zero, the **timestamp** in the data file becomes critical and **endsamp** must be set to the number of the last sample in the file. When both the **nrates** and **samp** variable information and the **timestamp** information is available, use of **nrates** and **samp** variables is preferred for precise timing"*

Если **nrates** and **samp** равны нулю, то **timestamp** в файле данных становится критичным (то есть необходимым для построения осциллограммы - прим. Ред.) и значение **endsamp** должно равняться номеру последнего отчета в файле данных.

При наличии **nrates** и **samp** (находятся в .cfg файле - прим. Ред), и **timestamp** (находятся в .dat файле - прим. Ред), предпочтительнее использовать **nrates** и **samp** для точного времени (точной синхронизации).

nrates – кол-во различных частот дискретизации в файле данных

samp - частота дискретизации [Гц]

endsamp – номер последнего отсчета

timestamp – время в микросекундах от начала записи осциллограммы.

В файле "31-03-13.cfg" указана частота сети - 48 Гц и частота дискретизации 1536 Гц, то есть 32 выборки на период, с шагом 1/(1536 Гц) = 651,04 мкс.

В файле "31-03-13.dat" шаг равен 624 мкс, то есть частота дискретизации должна быть равна 1600 Гц, что при 32 выборках на период даёт частоту сети 50 Гц.

Вывод: файлы осциллограмм не корректны.

Данное несоответствие влияет на измерение временных интервалов программой просмотра, что и вызвало обсуждение.

Показателен файл General Electric (GE), D60 1.cfg

В нем значения число различных частот и частота дискретизации равны 0.

0

0, 1568

В этом случае, согласно версии 1999, при построении осциллограмм нужно ориентироваться на метку времени выборки в файле данных. Но производитель указал число выборок на период в заголовочном файле D60 1.hdr

[Oscillography]

triggerNumber=54

samplesPerCycle=16

Этот файл вызвал сообщения программа АУРА «Частота дискретизации = 0, Стр.85 – 0, 1568. Исправлено на 2000», но программа выполнила собственный расчет частоты преобразования.

А программа ***BBView*** выдала сообщение «Файлы с непостоянной частотой дискретизации не поддерживаются» и не открыла файл.

Не знаю, что помешало GE указать частоту дискретизации в файле конфигурации (ведь косвенная ссылка на нее есть в заголовочном файле), но программы просмотра обязаны открывать подобные файлы, не противоречащие стандарту.

Множитель времени.

Все файлы «AREVA» созданы в формате 1999, в котором введено новое поле

timemult <CR/LF>

где

timemult *is the multiplication factor for the time differential (timestamp) field in the data file. Critical, real, numeric, minimum length = 1 character, maximum length = 32 characters. Standard floating point notation may be used (Kreyszig [B7]).*

коэффициент умножения для метки разницы по времени (timestamp) поля в файле данных. ***Критическое****, реальное число,* ***минимальная длина = 1 символ****, максимальная длина = 32 символа. Может быть использован стандарт с плавающей точкой (Kreyszig [B7]).*

Теперь время между отсчетами (выборками) считается как **timemult * timestamp**. Конечно, при его отсутствии можно принять его за 1, но в стандарте об этом ничего не сказано. Те программы просмотра, которые строят осциллограммы по **timestamp,** должны сообщить об ошибке.

Число каналов.

Фалы ИМФ-3, «Радиус Автоматика», imf3r-4483--12-08-29-02-06-15.cfg

Некоторые программы при оценке работы с файлами от ИМФ-3 получили 0 баллов за то, что не открыли файл и выдали сообщение «Сумма аналоговых и двоичных каналов не соответствует указанной». А ведь они поступили правильно в соответствии с требованиями стандарта. Дело в том, что хоть ИМФ-3 в статье[6] и отнесен к устройствам, выдающим готовый файл COMTRADE, на самом деле его не содержит. Файл формируется программой СТАРТ от «Радиус Автоматики». И, как оказалось, если он сформирован старой версией, то в нем ошибочно посчитана сумма аналоговых и дискретных каналов. Разработчики об этом знают и вместо исправления старой версии выпустили новую версию- Start2, доступную на сайте разработчика с исправленной ошибкой. Ну а в уже скачанных файлах, если важна информация, необходимо вручную в текстовом редакторе поправить значение этого поля и все будет прекрасно читаться. Т.к. данное поле является критическим в версии 1999, то программы отказавшиеся работать далее, но указавшие верную причину, действовали в соответствии стандарта и 0 не заслуженная оценка.

Экзотические ошибки.

К таким ошибкам я отнесу содержимое файла remis.cfg

Файл формата 1991. Строка описания аналоговых каналов.

nn,id,p,cccccc,uu,a,b,skew,min,max<CR,LF>

где

min *an integer equal to the minimum value (lover limit of sample range) for samples of this cannel.*

целое, равное минимальной величине (нижняя граница диапазона) для выборок этого канала.

max *an integer equal to the maximum value (upper limit of sample range) for samples of this cannel.*

целое, равное максимальной величине (верхняя граница диапазона) для выборок этого канала.

Строка из файла по внешнему виду не противоречит требованиям:

2,Сочи Ib,,,кА,0.002244,0.0,0.0,**–32768,32767**

Однако при разборе оказалось, что вместо символа «минус» используется символ «тире». Символ «минус» одинаков для всех кодовых таблиц и может быть применен к значению целое. А вот знак «тире» применим только визуально. Хотя более жесткие требования к полям появились в формате 1999, думаю лучше подобных интерпретаций избегать.

В некоторых файлах формата 1991 (РЕМИ, РЭС-3) встречаются поля даты вида

08/15/12,07:49:11.472

хотя в стандарте данная строка описывается как

mm/dd/yy,hh:mm:ss.ssssss<CR,LF>

где

ss.ssssss *= seconds (from 0 see to 59.999999)*

Т.е. формально требуется заполнении незначащими нулями. Это не приводит к каким либо ошибкам, но стандарт есть стандарт.

Выводы:

1. COMTRADE является, пока, единственным универсальным средством ОБМЕНА информацией, как и декларировано в преамбуле стандарта. Дополнительную информацию, отсутствующую в файле конфигурации, можно разместить в информационных файлах (.inf) или в файле заголовка (.hdr).
2. Приведенный в [6] обзор лишний раз подчеркивает важность точного соблюдения стандарта. Производители оборудования поставляют свои программы просмотра и преобразования COMTRADE файлов. Эти программы не замечают ошибок, сформированных своими программами преобразования в COMTRADE, но реагируют на ошибки других производителей. Не нужно требовать от программ просмотра «интеллекта» для исправления ошибок, однако при разборе файлов нужно не просто сообщать «синтаксическая ошибка», а указывать и номер строки, вызвавшей проблему.
3. Несмотря на ошибки в приведенных файлах, все они могут быть просмотрены любой из тестируемых программ, после соответствующей ручной корректировки файла конфигурации.
4. Отсюда следует, что необходимо найти возможность (совместно с производителем) скорректировать ошибочное формирование COMTRADE файлов устройствами, которые уже установлены и имеют ошибки формирования файлов.

Литература.

Standard Common Format for Transient Data Exchange (COMTRADE) for Power Systems.

[1] IEEE Std C37.111-1991

[2] IEEE Std C37.111-1999 (Revision of IEEE Std C37.111-1991)

[3] IEC INTERNATIONAL STANDARD 60255-24 First edition 2001 -05

[4] Пуляев В.И., Усачев Ю.В. Цифровая регистрация аварийных событий в энергосистемах. Библиотечка электротехника. Выпуск 2(5),1999г.

[5] Шмурьев В.А. Цифровая регистрация и анализ аварийных процессов в электроэнергетических системах. Библиотечка электротехника. Выпуск 2(62), 2004г.

[6] Дорохин Е.Г. Сравнительный анализ функциональности программ просмотра цифровых осциллограмм разных производителей. Релейная защита и автоматизация. – 2013(03) – с.52-60.

Ссылки:

[1] www.rzia.ru - сайт «Советы бывалого релейщика»

[2] www.dororz.ru – сайт Е.Г.Дорохина