СИМВОЛ - АВТОМАТИКА

# *Необходимость в Ethernet коммутаторах для работы на энергетических подстанциях (‘Substation Hardened’)*

Пичуев Иван Александрович

Начальник научно-технического отдела (НТО)
Компании Символ-Автоматика

# Введение

Ход развития автоматизации энергетики, особенно автоматизации энергетических подстанций, выставляет общие требования к архитектуре коммуникаций и, вместе с тем, ставит задачу функциональной совместимости между различными логическими электронными устройствами (***Intelligent Electronic Device – IED***), находящимися на подстанциях.

Начало данному движению положено в конце 80-х годов основными предприятиями Северной Америки под техническим руководством **EPRI (Electric Power Research Institute)** – Электроэнергетическим научно-исследовательским институтом. Результатом работы стал стандарт, известный под именем **Utility Communications Architecture 2.0 (UCA2.0).** Отныне эта архитектура используется на предприятиях по всему миру и производителями IED устройств, также как и основная сетевая технология – Ethernet.

# Ethernet на подстанциях

Распространение логических электронных устройств (***Intelligent Electronic Device – IED***), работающих в среде Ethernet, заметно возросло в последние несколько лет. В настоящее время существует достаточно большое количество производителей, предлагающих свои устройства релейной защиты, работающие в Ethernet по оптоволоконному кабелю.

Производители измерительной техники, RTU и PLC, дублируют этот курс. Однако сдерживающим обстоятельством является наличие Ethernet устройств для подстанций (например, коммутаторов), необходимых для обеспечения связи между конечными IED устройствами в сети Ethernet.

# Что значит быть ‘Substation Hardened’

*Если вы собираетесь подключать критически важные устройства, работающие на подстанциях, к локальной Ethernet сети подстанции – разве не должна сеть обладать той же надёжностью, что и устройства, к ней подключенные?”*

Это было основным вопросом, который можно было услышать от инженеров, вовлечённых в автоматизацию подстанций.

?

# Оптика вместо меди

Вернёмся в 1997 год. Электроэнергетический научно-исследовательским институт (EPRI) поручает инженерам из American Electric Power провести серию тестов с целью выявления возможности использования экранированного и неэкранированного кабеля категории 5 (CAT-5) для связи в сетях Ethernet на подстанциях.

Кабель (CAT-5) был подвергнут кратковременным электрическим помехам в соответствии со стандартом IEC 1000-4-4 (предшествующим 61000-4-4). Это было сделано с целью имитации реальных условий, возникающих при неисправностях на подстанции (например, в результате короткого замыкания энергосистемы), когда качество «критически важной системы реального времени» выходит на первый план.

Результат теста показал, что медный кабель, экранированный или неэкранированный, совершенно непригоден для систем контроля реального времени в локальных сетях подстанций.

***Оптоволоконная среда – единственная надёжная среда для сетевых устройств на подстанциях***

# Слишком горячо, слишком холодно …и никаких вентиляторов!

Экстремальные условия окружающей среды на подстанциях могут существенно превосходить окружающие погодные условия. Как часто бывает, диспетчерская подстанции или шкаф с оборудованием может быть надёжно укрыт от внешних воздействий (например, ветер, дождь или снег), но при этом не имеет никакого контроля над влажностью или температурой. Таким образом, устройства, находящиеся в этой среде, должны выдерживать широкие перепады влажности и температуры.

Прибавим к этому нежелательность использования вентиляторов ввиду малой надёжности подвижных частей. Несмотря на то, что вентиляторы используются в офисном оборудовании, их применение в сетях подстанций совершенно недопустимо, поскольку эти сети являются стержнем чувствительной системы контроля и управления.

IED Устройства на подстанциях, как и устройства релейной защиты, имеют следующий рабочий температурный диапазон:

1. -25 to 55°C в соответствии с IEC 60255-6 (1988) или
2. -40 to 85°C в соответствии с IEC 60068-2-1&2.

# Слишком горячо, слишком холодно …и никаких вентиляторов!

В большинстве своём выпускаемые Ethernet коммутаторы имеют рабочий температурный диапазон от 0 до 45°C и охлаждаются с вентилятором. Это более чем удовлетворительно для офисного использования, но крайне недостаточно для подстанций.

***Ethernet коммутаторы для подстанций должны работать в том же температурном диапазоне, что и логические электронные устройства релейной защиты.***

# Сила электромагнитного излучения способна поджарить яйцо!

Устройства, работающие на подстанциях, должны противостоять различным проявлениям электромагнитного излучения. Стандарты ANSI/IEEE C37.90.1&2 и IEC 60255 определяют множество тестов на устойчивость, таких как работа на индуктивную нагрузку, удары молнии, электростатические разряды от контакта с людьми, радиочастотные помехи от используемых портативных радиоустройств, повышение земляного потенциала вследствие отказа высоковольтного оборудования подстанций и различных других проявлений действия электромагнитного излучения, встречаемых устройствами релейной защиты подстанций. Эти устройства должны противостоять электромагнитным полям до 35 В/м без нарушения функциональности.

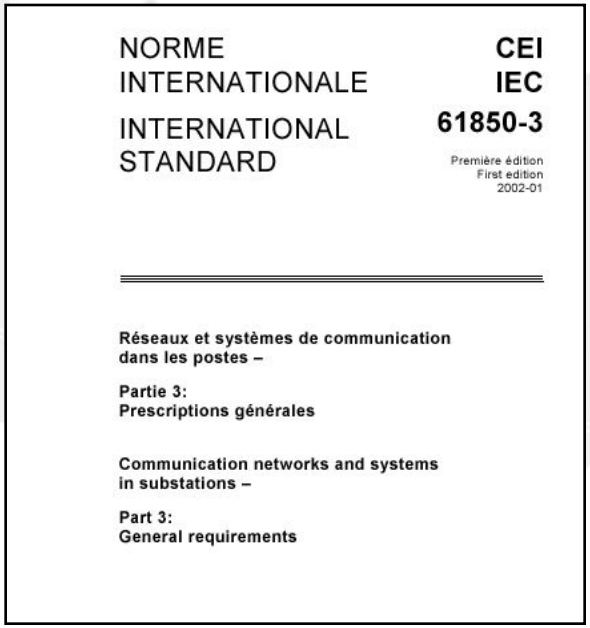
Сравните со стандартом IEC 61000-4-6 (устойчивость устройств к наведённым радиопомехам) для «промышленной» среды, который ограничен лишь величиной в 10 В/м! Коммерческие Ethernet коммутаторы не удовлетворяют даже промышленным условиям, не говоря уже о подстанциях.

***Ethernet коммутаторы должны проходить те же тесты на устойчивость к EMI, что и IED устройства релейной защиты.***

# Принятие стандарта IEC 61850-3

В январе 2002 Международная Электротехническая Комиссия (IEC) выпустила новый стандарт, озаглавленный IEC 61850-3 *“Communications networks and systems in substations”*, специально адресованный невосприимчивости к действию окружающей среды и электромагнитных помех устройствами, используемыми на подстанциях.

В частности, параграф 5.7 гласит, что *“основные требования к устойчивости оборудования в промышленной среде не достаточны для подстанций. Вследствие этого, выделенные требования были определены в IEC 61000-6-5…”*



NORME INTERNATIONALE
INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
61850-3

Première édition
First edition
2002-01

Réseaux et systèmes de communication dans les postes –

Partie 3:
Prescriptions générales

Communication networks and systems in substations –

Part 3:
General requirements

# Принятие стандарта IEC 61850-3

IEC 61000-6-5: “Основные стандарты – защищённость в среде электростанций и подстанций” очерчивают требования к невосприимчивости действия электромагнитных излучений. Подробные требования и проводимые тесты даны в частях серии 61000-4-x. Рисунок 1 показывает связь между IEC 61850-3, IEC 61000-6-5, серией IEC 61000-4-x и другими опорными стандартами.

| | |
|---|---|
| IEC 61850-3 (2002-01)<br>Коммуникационные сети и системы на подстанциях – часть 3:<br>Основные требования | |
| IEC TS 61000-6-5 (2001-07)<br>Электромагнитная совместимость (EMC) –<br>Часть 6-5: Основные стандарты – защищённость в среде электростанций и подстанций | IEC 870-2-2 (1996-08)<br>Оборудование и системы телеуправления –<br>Часть 2: Условия работы – Секция 2: Состояние окружающей среды (климатические, механические и другие воздействия неэлектрического характера) |
| Серия IEC 61000-4-x<br>Основный стандарты защищённости<br>• 61000-4-2 (ESD) – Электростатический разряд<br>• 61000-4-3 (Radiated RFI) – Излучаемые помехи<br>• 61000-4-4 (Electrical Burst Fast Transients) – Быстрый переходный режим<br>• 61000-4-5 (Surge) – Бросок тока<br>• 61000-4-6 (Conducted RFI) – Наведённые радиопомехи<br>• 61000-4-8 (Power Frequency Magnetic Field) – Магнитные поля промышленной частоты<br>• 61000-4-11 (Voltage Dips – a.c. Power Supplies) – Падение и пропадание напряжения, ИП переменного тока<br>• 61000-4-12 (Damped Oscillatory Transients)<br>• 61000-4-16 (Mains Frequency Voltage) – напряжение основной частоты<br>• 61000-4-17 (Ripple on d.c. Power Supplies) – пульсации ИП<br>• 61000-4-29 (Voltage Dips – d.c. Power Supplies) – Падение и пропадание напряжения, ИП постоянного тока | Рис. 1: IEC 61850-3 Опорные стандарты |

# IEC 61000-6-5

Стандарт IEC 61000-6-5 определяет категории портов и соответствующие им стандарты. ‘Порт’ означает *“специфический интерфейс на заданном оборудовании, подвергающийся внешнему электромагнитному воздействию”.*

Всего определено пять категорий портов:

1. Корпусные порты
2. Сигнальные порты
3. Низковольтные порты входного и выходного напряжения переменного тока
4. Низковольтные порты входного и выходного напряжения постоянного тока
5. Действующие порты заземления

Каждый порт имеет соответствующий список требований из списка IEC 61000-4-x, которые должны быть соблюдены.

# IEC 870-2-2

IEC 870-2-2 *“Оборудование и системы телеуправления – Часть 2: Условия работы – Секция 2: Состояние окружающей среды (климатические, механические и другие воздействия неэлектрического характера)”* адресовано атмосферному окружению, расположение которого разделено на четыре класса:

1. Класс A: места с воздушным охлаждением (внутри помещений)
2. Класс B: нагрев и/или охлаждение в условиях ограждения
3. Класс C: закрытые помещения
4. Класс D: территории под открытым небом

Большинство IED устройств расположены в локациях “Класса C”. Локации класса C далее подразделяются на 4 класса: C1, C2, C3 и Cx. Рабочий температурный диапазон для каждого их классов следующий:

1. Класс C1: от -5 до 45°C
2. Класс C2: от -25 до 55°C
3. Класс C3: от -40 до 70°C
4. Класс Cx: особый

Для IED устройств на подстанциях необходимы классы C2, C3 или Cx (от -40 до 85°C).

# Насколько надёжен RuggedSwitch™?

RuggedSwitch™ – это семейство оптоволоконных Ethernet коммутаторов, разработанных для работы в условиях подстанций. Семейство спроектировано для удовлетворения жёстких требований IEC 61850-3 и способно работать в диапазоне от –40 до 85°C и выдерживать те же типы тестов, что и устройства релейной защиты IED. Тесты, определённые в ANSI/IEEE C37.90.1&2 и IEC 60255 для IED устройств релейной защиты, были адаптированы для сетевых устройств семейства RuggedSwitch™.

Таблица 2 показывает соответствие RuggedSwitch™ тестам IEC 61850-3 (IEC 61000-6-5). Фактически, спроектированные по тем же требованиям, что и IED устройства релейной защиты, семейство RuggedSwitch™ превосходит, в некоторых случаях, уровни, определённые в IEC 61000-6-5.

СИМВОЛ-АВТОМАТИКА

# Насколько надёжен RuggedSwitch™?

| Опорные стандарты | Уровни IEC-61000-6-5 Типы сигнальных портов | | | | | Уровни RuggedSwitch™ (все типы сигнальных портов) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Корпусные порты* | *Сигнальные порты (в поле)* | *Порты питания переменного тока* | *Порты питания постоянного тока* | *Порты заземления* | |
| IEC-61000-4-2 Электростатический разряд | 3 (8кВ воздушный, 6кВ контактный) | | | | | 4 (15кВ воздушный, 8кВ контактный) |
| IEC-61000-4-3 Излучаемые помехи | 3 (10 В/м) | | | | | X ( 35 В/м) IEEE C37.90.2 |
| IEC-61000-4-4 Быстрый переходный режим | | 4 (2кВ/1кВ) | 4 (2кВ/1кВ) | 4 (2кВ/1кВ) | 4 (2кВ/1кВ) | 4 (2кВ/1кВ) |
| IEC-61000-4-5 Бросок тока | | 3 (2кВ/1кВ) | 4 (4кВ/2кВ) | 3 (2кВ/1кВ) | | 4 (4кВ/2кВ) |
| IEC-61000-4-6 Наведённые радиопомехи | | 3 (10 В) | 3 (10 В) | 3 (10 В) | 3 (10 В) | 3 10 V = 140db(uB) |
| IEC-61000-4-8 Магнитные поля промышленной частоты | 2 (3 А/м) | | | | | 4 (40А/м Continuous) 1000 А/м for 1s |
| IEC-61000-4-11 Падение и пропадание напряжения, ИП переменного тока | | | 30% за 1 цикл | | | 30% for 1 cycle |
| IEC-61000-4-12 Затухающие колебания | | 2 (1кВ/0.5кВ) | 3 (2.5кВ/1кВ) | 3 (2.5кВ/1кВ) | | 3 (2.5кВ/1кВ) |
| IEC-61000-4-16 напряжение основной частоты | | 4 30V продолжительно; 300В в течение 1с | | 4 30V продолжительно; 300В в течение 1с | | 4 30V продолжительно; 300В в течение 1с |
| IEC-61000-4-17 пульсации ИП | | | | 10% | | 10% |
| IEC-61000-4-29 Падение и пропадание напряжения, ИП постоянного тока | | | | 30% и 60% В течение 100мс | | 30% & 60% for 100ms |

RuggedSwitch превышает уровни тестов 61850-3 (61000-6-5)

# Выводы

Ethernet устройства для подстанций должны быть настолько же "бесчувственны" к внешним воздействиям, как и IED устройства подстанций, к ним подключенные. Локальные Ethernet сети подстанций являются частью критически важной системы защиты и контроля и должны гарантировать надёжность в реальном времени при возникновении внештатных ситуаций.

Для обеспечения надёжной производительности Ethernet коммутаторы должны иметь следующие параметры:

- Оптоволоконную среду передачи для безопасности и устойчивой связи
- Рабочий температурный диапазон от –40 до 85°C для работы в экстремальных условиях
- Соответствие или превосходство тестов IEC 61850-3

СИМВОЛ - АВТОМАТИКА

*Спасибо за внимание!*