

ТРАНСПОРТ И ЭНЕРГЕТИКА

*Жидков В. А., инженер
Служба внедрения ЦУС. Отдел разработки и внедрения. Департамент АСТУ
ООО "ЭнергоСтройТелеком"*

УСТРАНЕНИЕ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ОТКАЗОВ В РАБОТЕ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

vitaluga@inbox.ru

В статье производится анализ технологических нарушений в работе информационно-технологического оборудования, применяемого в электроэнергетике. Рассматриваются различные способы, программные и аппаратные средства для устранения и предотвращения отказов. В рамках концепции «Умных сетей» (Smart Grid) обосновывается направление дальнейшего развития системы управления сбоями (OMS).

***Ключевые слова:** технологическое нарушение, электроэнергетика, информационные технологии, система управления сбоями, «Умные сети», средство мониторинга.*

Современный мир невозможно представить без информационных технологий. Важную роль они играют и в отрасли электроэнергетики. Задачи, которые решаются информационными технологиями в данной сфере, это - снижение потерь при передаче электроэнергии, увеличение пропускной способности, повышение управляемости и надежность энергосистем [1].

Можно сделать вывод, что надежность энергосистем во многом зависит от надежности самих информационных технологий (аппаратных систем и программного обеспечения), применяемых в данной отрасли.

Информационные системы в электросетевом хозяйстве являются основой для создания оперативно-информационного управляющего комплекса (ОИУК). Поэтому сбой в работе или выход из строя информационно-технологического оборудования (ИТ-оборудования) на энергообъекте зачастую приводит к потере управления этим энергообъектом, что само по себе является серьезным технологическим нарушением (ТН).

Каковы основные виды технологических нарушений на информационно-технологическом оборудовании электроэнергетики? По каким причинам они возникают? Как их можно предотвратить и устранить? Рассмотрим различные способы решения данной проблемы и выберем наиболее эффективные из них. На их основе постараемся выработать централизованный подход по предотвращению и устранению технологических нарушений, возникающих на ИТ-оборудовании в электроэнергетике.

Широкое применение информационных технологий в электроэнергетике в последние

десять лет привело к появлению так называемых «Умных сетей» (Smart grid). «Умные сети» – это концепция интеллектуальной системы передачи и распределения электроэнергии, которая реагирует на потребности клиентов посредством прямой передачи информации по линиям коммуникации [2]. Основными преимуществами умной сети перед обычной являются более эффективное управление нагрузками и качеством электропитания потребителей, реализация более полного взаимодействия между поставщиками и потребителями ресурсов и обеспечение значительно большей автоматизации во время восстановления после сбоя. На последнем пункте остановимся более подробно.

Стремление поставщика электроэнергии предотвратить возникновение перебоев в электроснабжении потребителей по причине выхода оборудования из строя либо ошибочных действий персонала привело к появлению систем OMS, которые являются одной из обязательных составляющих концепции «Умных сетей».

OMS (outage management systems) – система управления отключениями. Это программный комплекс, в котором применяются современные методы прогноза, основанные на телефонных звонках клиентов и сетевых моделях для определения мест аварий. Система OMS предназначена для эффективного управления сетями и работами при аварийных отключениях энергии. Отечественный аналог названия: СУС – система управления сбоями.

Рассмотрим основные функции системы управления отключениями (сбоями):

1) Сбор и анализ данных с диагностических систем. Достигается за счет интеграции OMS с

системой управления распределительной сетью DMS и позволяет принимать решения об авариях в сети, основанные на данных о нагрузках, информации поступающей с сети датчиков и автоматических счетчиков.

2) Паспортизация оборудования электрических сетей. Позволяет быстро найти описание вышедшего из строя оборудования для его своевременной замены.

3) Учет и анализ технического состояния оборудования электрических сетей (ЛЭП, выключателей, трансформаторов, РЗА, ПА). На этом и предыдущем пункте основано прогнозирование потребности в ресурсах и оптимизация складских запасов.

4) Управление простоями и отключениями. Включает выполнение следующего перечня мероприятий:

- Учет и анализ аварийных отключений, повреждений элементов линий и подстанций
- Подготовка списка мероприятий и необходимого ресурсного обеспечения для устранения аварий и инцидентов
- Составление планов-графиков профилактических испытаний оборудования, его модернизации, технического перевооружения
- Составление графиков переключений с учетом текущего потокораспределения, географического положения объектов сетей

5) Управление рабочими бригадами. Отслеживание местонахождения мобильных рабочих бригад в режиме реального времени.

6) Приложение для автоматического приема и регистрации звонков. Автоматизация call-центра для обратной связи с потребителями.

Как мы видим, система OMS является мощным средством для предотвращения и ликвидации технологических нарушений на объектах электроэнергетики в целом. Однако её функционал очень мало затрагивает устранение технологических нарушений, возникающих на оборудовании, образующем оперативно-информационный управляющий комплекс (ОИУК). Иначе говоря, система управления отключениями умеет устранять сбои на «силовом» электроэнергетическом оборудовании, но прак-

тически не умеет этого делать в отношении информационно-технологического оборудования, через которое осуществляется управление всей энергосистемой.

Для анализа причин возникновения технологических нарушений, возникающих на ИТ-оборудовании, рассмотрим статистику, собранную в диспетчерских центрах энергокомпаний по 11 регионам за 2011 год. Всю ИТ-инфраструктуру можно разделить на оборудование автоматизированной системы технологического управления (АСТУ), к которому относятся контролируемые пункты телемеханики (КП ТМ), центральные приемо-передающие станции (ЦППС), сервера ОИУК (SCADA-систем), автоматизированные рабочие места (АРМ) диспетчеров, средства коллективного отображения - ДЩ (диспетчерский щит) и т.д.; оборудование автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ), к которому относятся, например, устройства сбора и передачи данных со счетчиков; телекоммуникационное (ТК) оборудование связи (маршрутизаторы, коммутаторы, мультиплексоры и т.д.). Кроме того, есть инженерные системы (источники бесперебойного питания, кондиционеры), то есть устройства, устанавливаемые в непосредственной близости от ИТ-оборудования, и предназначенные для обеспечения нормального режима работы последнего. Помимо этого существует еще много ИТ-оборудования, которое невозможно четко отнести к одному из перечисленных классов (например, регистраторы диспетчерских переговоров, конвертеры интерфейсов и т.д.).

Статистика показывает (табл. 1), что наибольшее количество отказов происходит на оборудовании АСТУ и телекоммуникационном оборудовании связи (до 41,4 %). Также довольно много сбоев в работе происходит по вине сторонних поставщиков услуг, то есть компаний, каналы связи которых используются для передачи телеметрии с объектов энергетики («Ростелеком», «Транстелеком», «Стек.ком» и другие).

Таблица 1

Распределение технологических нарушений по классам ИТ-оборудования

Кол-во ТН по разным регионам	Оборудование АСТУ	АИИС КУЭ	Телекоммуникационное оборудование	Другое ИТ-оборудование	Оборудование сторонних поставщиков	Инженерные системы
Минимальное	8,5%	2,0%	10,5%	4,3%	3,0%	2,6%
Максимальное	30,6%	4,4%	41,4%	11,5%	44,1%	13,2%
Среднее	13,8%	3,2%	17,1%	7,9%	12,8%	5,9%

Среди отказов в работе оборудования АСТУ (табл. 2) чаще всего происходят сбои ста-

рых моделей контролируемых пунктов телеметрии (ТМ-120, ТМ-512, ТМ-800, и т.п.). Однако

сбои в работе современных КП ТМ (например, МТК-30, МТК-40) тоже не редкость. Также до-

вольно большой процент технологических нарушений связан с диспетчерскими АРМ.

Таблица 2

Распределение технологических нарушений на оборудовании АСТУ

Количество ТН по разным регионам	КП ТМ		ЦППС	ОИУК	АРМ	ДЩ
	Современные	Морально устаревшие				
Минимальное	8,8%	10,0%	0,0%	0,0%	11,8%	0,0%
Максимальное	35,7%	67,6%	14,1%	8,3%	38,9%	2,8%
Среднее	25,4%	28,6%	5,3%	3,4%	16,1%	2,2%

Теперь попробуем разобраться более подробно, по каким причинам происходят эти отказы (табл. 3). Прежде всего, это сбой в работе программного обеспечения, что характерно для современных моделей КП ТМ, ОИУК и АРМ (сбой в работе SCADA-системы на сервере или в

клиентской части, сбой серверов передачи данных и т.д.). Почти в два раза реже возникают аппаратные сбои оборудования. В среднем около 3% отказов связано со сбоями по электропитанию оборудования АСТУ.

Таблица 3

Причины технологических нарушений на оборудовании АСТУ

Количество ТН по разным регионам	Сбой программного обеспечения	Аппаратный сбой оборудования	Естественный износ	Воздействие окружающей среды	Сбой по электропитанию	Прочие причины
Минимальное	5,1%	14,3%	2,4%	0,4%	0,4%	4,1%
Максимальное	73,8%	50,0%	46,2%	7,8%	16,7%	18,2%
Среднее	53,0%	29,7%	6,3%	1,7%	3,0%	2,6%

Среди отказов в работе оборудования связи (табл. 4) лидирует высокочастотная связь, чувствительная к сезонным изменениям (повышение или понижение температуры, налипание

снега на провода и прочее). Остальные классы телекоммуникационного оборудования сбоят практически с одинаковой частотой.

Таблица 4

Распределение технологических нарушений на оборудовании ТК

Количество ТН по разным регионам	ВЧ-связь	Радиосвязь	АТС и телефония	СПД (switch, router, hub, mc)	РРС/БШД	XDSL (модемы для физических пар)	КЛС (медные кабели, кроссы)	Прочее оборудование
Минимальное	7,5%	6,9%	5,9%	4,8%	1,3%	0,9%	1,2%	2,5%
Максимальное	53,2%	35,3%	30,4%	38,5%	42,5%	39,2%	13,0%	23,1%
Среднее	34,1%	15,7%	11,1%	11,0%	10,6%	6,9%	3,6%	2,8%

Очень часто каналы связи, по которым идет передача телеметрической информации, например, с отдаленной подстанции в диспетчерский центр, проложены через телекоммуникационное оборудование сторонних организаций (операторов связи). Оказание такого рода услуг зачастую не является основным источником дохода оператора. Этим можно объяснить столь высокий процент технологических нарушений, вызван-

ных непредоставлением услуг сторонними поставщиками (табл. 5).

Ещё оборудование ТК в отличие от оборудования АСТУ в большей степени подвержено аппаратным сбоям, чем программным. Есть классы телекоммуникационного оборудования, подверженные сильному воздействию окружающей среды (например, уже упоминавшаяся выше ВЧ-связь).

Таблица 5

Причины технологических нарушений на оборудовании ТК

Количество ТН по разным регионам	Непредоставление услуг сторонними поставщиками	Аппаратный сбой оборудования	Естественный износ	Воздействие окружающей среды	Сбой программного обеспечения	Воздействие посторонних лиц и организаций	Прочие причины
Минимальное	15,1%	7,9%	3,3%	1,2%	1,2%	0,7%	0,7%
Максимальное	65,7%	35,3%	25,9%	35,8%	10,0%	4,4%	7,7%
Среднее	40,3%	23,0%	13,6%	9,0%	4,6%	2,0%	4,4%

Инженерные системы - это комплекс элементов, с помощью которых в зданиях (сооружениях) поддерживаются параметры среды, необходимые для нормальной работы технологического оборудования (температура, влажность, бесперебойное питание и т.д.). Если происходит сбой в работе инженерных систем, то это влечет

за собой и сбой в работе самого технологического оборудования. Как можно видеть из табл. 6, для устройств ИТ-инфраструктуры наиболее характерны отказы инженерных систем с пропаданием электропитания (отключение или выход из строя трансформатора собственных нужд, моржки напряжения).

Таблица 6

Распределение технологических нарушений на оборудовании инженерных систем

Количество ТН по разным регионам	Оборудование электропитания		Система отопления	Системы кондиционирования и вентиляции
	Отключение электропитания	Выход из строя ИБП		
Минимальное	19,8%	4,8%	2,1%	2,3%
Максимальное	88,9%	33,3%	11,1%	16,7%
Среднее	30,4%	16,7%	3,6%	4,0%

Здесь отдельно можно выделить отказы с выходом из строя устройств ИБП, предназначенных для предотвращения сбоев в электропитании ИТ-оборудования. Как правило, такие отказы происходят из-за истощения временного ресурса аккумуляторных батарей.

Какими способами устраняются отказы в работе ИТ-оборудования? Если произошёл сбой программного обеспечения, то единственным способом восстановления является перезагрузка.

Рассмотрим, например, следующую ситуацию. Произошёл сбой программного обеспечения КП ТМ на одной из узловых подстанций. Телеметрия в диспетчерский центр не передается, наблюдаемости и управления подстанцией нет. Чтобы перезагрузить зависшую программу, диспетчер должен уметь удаленно зайти на КП ТМ. Также он должен знать, какую именно программу нужно перезагрузить. Конечно, в реальности всю указанную работу будет выполнять не сам диспетчер, а телемеханик, которому диспетчер сообщит о возникшей проблеме.

Ну а если сбой произошёл в нерабочее время, например, ночью? Дозвониться до телемеханика будет сложнее. Возможно, понадобится выход человека на работу в сверхурочное время.

А если до подстанции, на которой произошёл программный сбой КП, вообще отсутствуют IP-каналы связи? Потребуется ночной выезд специалиста на объект.

В последних указанных случаях время и стоимость аварийно-восстановительных работ значительно возрастают.

Совсем недавно некоторые производители КП ТМ стали снабжать своё оборудование встроенными GSM-модемами. Это позволяет выполнить удаленную перезагрузку КП с помощью SMS-команды. Программное обеспечение, отвечающее за сбор и передачу телеметрии, при этом ставится в автозагрузку.

Более универсальным решением для автоматизации устранения как программных, так и аппаратных сбоев в работе оборудования АСТУ и ТК может стать применение специальных устройств, совмещающих в себе функции мониторинга, диагностики, удаленного управления и перезагрузки. Например, устройств типа Netping.

В автоматическом режиме работы такое устройство постоянно опрашивает указанные IP адреса и перезагружает нагрузку, если указанные адреса не доступны. Подключать можно нагрузку мощностью до 500 Вт (220 В).

Удаленное управление розетками через устройства типа Netping может осуществляться как по сети Ethernet/Inetnet (web, SNMP), так и при помощи SMS команд (имеется встроенный GSM-модем). Таким образом, появляется возможность перезапуска оборудования, не имеющего функции удаленного управления (КП ТМ устаревших моделей, телекоммуникационное оборудование без функций управления и т.д.)

Кроме того к отдельным моделям устройств можно подключать датчики температуры, влажности, дыма, протечки, открытия/закрытия двери, удара и т.д. Также реализовано ИК-управление инженерными системами (например, low-end кондиционерами).

Во всех современных SCADA-системах существует функционал определения пропадания передачи телеметрии или её недостоверности по конкретному каналу связи. По сути это тоже функционал системы OMS. Сигнал состояния канала связи является важным средством диагностики особенно для тех подстанций, где установлены устаревшие модели КП ТМ или до которых отсутствуют IP-каналы.

Как можно предотвратить возникновение технологических нарушений в работе ИТ-оборудования? Сбой в работе сервера ОИУК

долговременных архивов может произойти, если на жестком диске закончится все свободное место. ИБП может не сработать при отключении электропитания, если срок эксплуатации аккумуляторных батарей истек, но они не были своевременно заменены. Эти примеры показывают, что необходимо постоянно контролировать некоторые наиболее важные параметрами ИТ-оборудования (свободное место на диске сервера, дату очередной плановой замены батарей ИБП и т.д.) и оповещать ответственный персонал в случае достижения этими параметрами критических значений.

Универсальным решением для автоматического ведения такого контроля и оповещения является применение средств мониторинга, например, The Dude, Zabbix, Nagios и т.п. Во всех перечисленных системах реализован периодический опрос IP адресов контролируемых устройств, большинство поддерживают обмен данными по сетевым протоколам ICMP, IPMI, SNMP (в том числе и SNMP-трапы). Поддержка SNMP-протокола, который является стандартом для сетевого управления и поддерживается практически всеми производителями сетевых устройств, позволяет наблюдать за наиболее важными параметрами оборудования ИТ-инфраструктуры. Оповещение из средства мониторинга может выполняться по электронной почте, по средствам SMS-сообщений, с помощью Jabber.

Рассмотрим, как это работает на примере Zabbix [3]. Пусть, например, наша система мониторинга принимает по SNMP-протоколу значения трафика от центрального маршрутизатора, отвечающего за передачу данных из диспетчерского пункта РЭС в центр управления сетями. Как было показано выше, большое количество сбоев в передаче телеметрии происходит по вине сторонних поставщиков услуг. Предположим, что произошёл именно такой случай. Когда средство мониторинга «увидит», что на соответствующем порту маршрутизатора значение трафика упало до нуля, в Zabbix сработает триггер (аларм). Событие отобразится на карте мониторинга, а также будет занесено в журнал. После этого система автоматически произведет оповещение по SMS, электронной почте. Письма могут быть разосланы на официальные электронные адреса операторов связи, прервавших предоставление услуг, в их круглосуточные службы технической поддержки. Возможна также интеграция средства мониторинга с системой автодозвона.

Регистрация отказов, которая ведется Zabbix, также очень важна. Она позволяет производить последующий анализ произошедших

технологических нарушений, выявлять повторяющиеся отказы, обнаруживать часто сбоящее оборудование. Однако ни одно средство мониторинга, включая Zabbix, не может автоматически зарегистрировать всю хронологию событий, самостоятельно определить причину сбоя, записать ход аварийно-восстановительных работ. Для послеаварийного анализа отказов требуется продуманное средство регистрации технологических нарушений, информацию в которое должен заносить человек - диспетчер системы OMS.

Таким образом, учитывая всю важность надежной и безотказной работы оперативно-информационного управляющего комплекса в энергетике, можно сделать следующий вывод. Концепция «Умных сетей» должна включать в себя компонент для предотвращения и устранения технологических нарушений в работе ИТ-оборудования, отсутствующий в настоящее время. Его создание может стать как дальнейшим шагом развития систем OMS, так и привести к появлению системы нового класса в составе концепции Smart Grid, то есть в составе SCADA/EMS/DMS/OMS. По сути, эта система будет являться продвинутым средством мониторинга состояния ИТ-инфраструктуры и каналов передачи данных с реализованной возможностью перезагрузки наиболее важного сетевого оборудования, оборудования АСТУ, управления инженерными системами, встроенной системой регистрации технологических нарушений, системой автоматического оповещения (по SMS, электронной почте, автодозвона) и т.д.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Электроэнергетика России 2030: Целевое видение / Под общ. ред. Б.Ф. Вайнзихера. – М.: Альпина Бизнес Бук, 2008. – 360 с.
2. Ледин, С.С. Интеллектуальные сети Smart Grid – будущее российской энергетики. / С.С. Ледин // Автоматизация и ИТ в энергетике. – 2010. - № 11 – С. 4-8.
3. Документация по Zabbix для версии 1.8 // ZABBIX.COM: сайт компании Zabbix SIA. 2012. URL: <http://www.zabbix.com/documentation/ru/1.8/manual> (дата обращения: 15.08.2012).