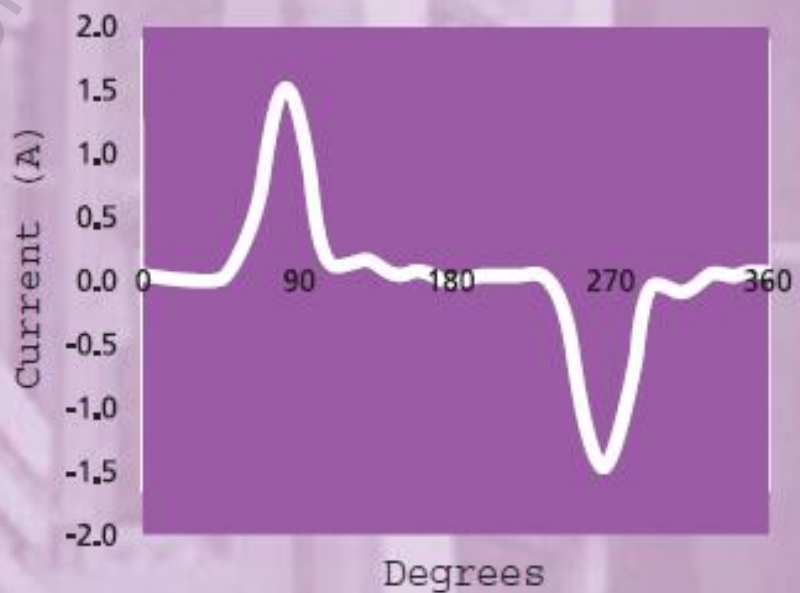
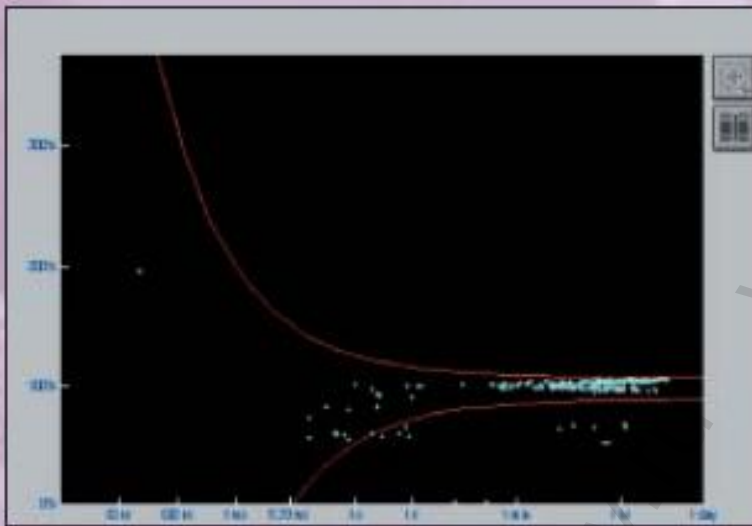


Прикладные аспекты качества электроэнергии



Введение

1.1



ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И КАЧЕСТВО
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

THE COPPER

Введение

Введение

Введение в понятие «Качество электроэнергии»

Электричество является, возможно, самым важным "сырьем", которое в настоящее время используется повсеместно. При этом она является весьма необычным объектом потребления, так как необходима постоянно: не может складироваться в больших количествах и не может быть подвергнута проверке качества с возможностью отказа перед использованием. Фактически, поставка электроэнергии является кратким выражением философии 'Точно в срок' (Just In Time), по которой компоненты доставляются к производству в момент использования, проверенным поставщиком, без требования 'входящего контроля'. Для успеха подхода 'точно в срок' необходимо иметь надлежащий контроль над свойствами компонента, высокий уровень уверенности в том, что поставщик может произвести, доставить этот компонент, доставить вовремя, в соответствии со спецификацией, а также знание комплексного поведения продукта при взаимодействии со смежными компонентами.

Ситуация с электричеством напоминает описанную выше: следует знать надежность поставки и понимать устойчивость процесса к изменениям. На самом деле, разумеется, электричество значительно отличается от любого иного продукта: оно производится вдали от места использования, поступает в энергетическую систему совместно с продукцией многих других производителей и прибывает в место использования через цепочку трансформаторов и многие километры надземных и подземных кабелей. В местах, где эта отрасль была приватизирована, сетевое оборудование принадлежит, управляется и обслуживается рядом различных организаций. Дать гарантии качеству поставляемой электроэнергии в конечной части этого процесса, у пользователя, задача нелегкая при том, что возможности изъять "некачественное" электричество из цепи поставки, а покупателю отказаться от него нет.

А с точки зрения потребителя, проблема представляется еще более сложной. Существуют некоторые статистические данные о качестве поставляемой электроэнергии, но приемлемый уровень качества с точки зрения поставщика (и надзорных органов) может значительно отличаться от требуемого или, возможно, желаемого потребителем. Самыми очевидными недостатками энергоснабжения являются полный перерыв в энергоснабжении (который может длиться от нескольких секунд до нескольких часов) - системная авария, а также перепады, когда напряжение снижается или повышается на короткий промежуток времени. И, если длительный перерыв в подаче электроэнергии является проблемой для всех пользователей, то многие современные технологические процессы очень чувствительны даже к коротким сбоям. Примерами чувствительных процессов являются:

- Непрерывные процессы, когда короткие сбои могут разрушить синхронизацию оборудования и привести к большому количеству испорченного продукта. Типичным примером является бумажная промышленность, где процесс очистки является долгим и дорогостоящим.
- Многоэтапные серийные операции, когда сбой во время одной операции может аннулировать значимость предыдущих операций. Примером подобного типа процессов является производство полупроводников, где для изготовления платы требуется несколько десятков технологических операций в течение нескольких дней, и сбой во одной единственной из них катастрофичен.
- Обработка данных, где цена результата операции велика, а цена обработки - низка, как, например, в операциях на рынке акций и иностранной валюты. Невозможность вести торги может привести к огромным потерям, которые намного превысят стоимость операции. Недавно был подан иск на 15 миллионов ЕВРО компенсации ущерба из-за 20-минутного перерыва в подаче электроэнергии.

**Следует знать
надежность
поставки и
понимать
устойчивость
процесса к
изменениям.**

Введение в вопросы качества электроэнергии

Данные примеры являются примерами из наиболее чувствительных отраслей, но удивительно, сколько на первый взгляд обычных операций имеют довольно жесткие требования к энергоснабжению. Примеры включают в себя крупные центры розничной торговли с компьютеризированным оборудованием учета реализации и складирования, производственные предприятия с "распределенным" управлением.

Итак, что мы подразумеваем под "качеством электроэнергии"? Идеальным энергоснабжением будет являться то, которое доступно непрерывно, всегда находится в пределах допустимого напряжения и частоты и имеет форму свободной от помех синусоидальной волны. А то, насколько терпимо отклонение от идеала, зависит от характера его использования потребителем, типа установленного оборудования и взгляда потребителя на свои требования.

Дефекты качества электроэнергии - отклонения от идеала - делятся на 5 категорий:

- Гармонические искажения
- Системная авария
- Низкое или высокое напряжение
- Скачки и провалы напряжения
- Высоковольтные импульсы (всплески)

Каждая из этих проблем с качеством электроэнергии имеет различную причину. Некоторые проблемы обязаны наличием общей инфраструктуры. Например, сбой в сети может вызвать падение напряжения, которое повлияет на отдельных потребителей, и чем серьезнее сбой, тем больше количество потребителей, которых он затронет; или, например, проблема на участке одного потребителя может вызвать скачок напряжения, который повлияет на всех других потребителей той же подсистемы.

Другие проблемы, как, например, гармоники, возникают в пределах собственных установок потребителя и либо распространяются, либо не распространяются по сети для воздействия на других потребителей. Проблемы с гармониками можно решать путем комбинирования правильного проектирования электроустановки и проверенного оборудования для их снижения.

Поставщики электроэнергии считают, что требовательные потребители скорее должны сами нести расходы по обеспечению её качества, нежели ожидать поставки электричества очень высокой «чистоты» каждому потребителю по всей сети потому, что подобное энергоснабжение гарантированного высокого качества потребует значительного инвестирования в дополнительные сетевые мощности к выгоде относительно небольшого количества потребителей (в смысле их количества, а не уровня потребления), что будет нерентабельно. Также сомнительно, будет ли это осуществимо с технической точки зрения в рамках современной общественной и законодательной среды, в которой любой потребитель, как правило, имеет право быть подключенным к электроснабжению, а предприятия коммунальной сферы имеют право раскапывать дороги, рискуя повредить кабели. Погодные условия, такие как сильный ветер и обледенение, часто приводят к повреждениям надземных линий, которые в подобных условиях очень трудно и долго восстанавливать. Следовательно, потребитель сам несет ответственность за гарантию приемлемого качества электроэнергии, *поставляемой для его собственных технологических процессов*, что ясно подразумевает, что этот уровень качества может быть значительно выше уровня, *поставляемого на предприятие* поставщиком электроэнергии.

Существуют разнообразные технические решения для устранения проблем качества энергоснабжения или уменьшения последствий применения электроэнергии низкого качества, и в этой сфере активно ведутся новые разработки и внедряются нововведения. По существу, потребители должны иметь представление о всем диапазоне доступных решений, а также об их относительной пользе и затратности. В дальнейших разделах данного пособия будет детально

Идеальным энерго - снабжением будет то, которое непрерывно, всегда находится в пределах допустимого напряжения и частоты и имеет форму свободной от помех синусоидальной волны.

Введение в вопросы качества электроэнергии

рассматриваться каждая отдельная проблема и её возможное решение.

При проектировании потребители сталкиваются с необходимостью принимать решения по размеру капитальных затрат при расчете типа и параметров дополнительных электрических мощностей, необходимых для достижения необходимого качества энергоснабжения. К сожалению, как правило, существенной информации не хватает - степень и серьезность проблем качества электроэнергии, которые могут испытывать потребители в определенном месте, почти неизвестны. Поскольку статистики на эту тему публикуется очень мало, потребителям крайне сложно обчислить цену возможных сбоев и оправдать стоимость упреждающих мероприятий. Этот вопрос более детально рассматривается в Разделе 2. В Великобритании, например, единственные имеющиеся данные от поставщика энергии, содержат количество и среднюю продолжительность сбоев в подачи электроэнергии, которые длились больше одной минуты. В среднем, в 1998/99 гг., каждый потребитель, вероятно, сталкивался с одним сбоем длительностью приблизительно 100 минут каждые 15 месяцев, что представляет собой доступность электроснабжения в 99.98%. К сожалению, проблемы вызывают именно эти оставшиеся 0.02%. Имеющиеся данные о показателях большинства поставщиков близки к самым лучшим цифрам за всю их историю, при этом самые лучшие и самые худшие поставщики находятся на уровне, соответственно, 50% и 200% от средней величины, поэтому положение дел, возможно, близко к наилучшему положению, которое только можно ожидать с экономической точки зрения. Однако, следует помнить, что эти цифры относятся только к сбоям, которые длились дольше одной минуты, но существует неизвестное, но большое количество сбоев от 0.1 до 5 секунд. Вред, причиненный одним из таких сбоев, может стоить столько же, сколько одночасовой сбой.

Вопрос о коротких перерывах и падении напряжения подчеркивает различие во взглядах поставщика и потребителя. Данные явления являются кратковременными по определению, и поэтому систематического наблюдения и регистрации, трудно даже доказать факт существования подобных явлений. Еще более сложно отнести какие-либо бизнес-потери на счет определенного события. Отрасль энергоснабжения имеет обыкновение оценивать сбой с точки зрения стоимости электроэнергии, которое в результате не было поставлено, в то время как потребитель оценивает его с точки зрения дохода, потерянного в результате перерыва в производстве. Электричество - довольно дешевый продукт, а сбой в его подаче длится в течение относительно короткого промежутка времени, в то время как потери на производстве могут стоить очень дорого (как в случае с полупроводниками), а простой из-за восстановления сорванного процесса может длиться долго (производство бумаги). Таким образом, две стороны имеют совершенно разные взгляды на значимость падения напряжения, а на уровне инвестиций - на необходимое оборудование.

Обычно считается, что более длительные сбои - отключение электроэнергии - вызваны поставщиком, но, однако, они могут также происходить по причине выхода из строя местного оборудования, проводников или соединений. Тщательное проектирование с использованием высокоустойчивых технологий может свести последствия до минимума. Задачей проектировщика является упреждающее обнаружение отдельных точек возможных проблем и их устранение с помощью установки дублирующего оборудования или альтернативных путей снабжения, так, чтобы процесс мог продолжаться, несмотря на отдельный сбой. Системы, которые спроектированы подобным образом, проще эксплуатировать, и, как результат, они лучше эксплуатируются. Очень важно, чтобы режим эксплуатации был разработан на ранней стадии как элемент гибкой концепции проектирования. Резервные мощности и системы UPS, необходимые для преодоления последствий короткого и длительного отключения электроэнергии, являются неотъемлемыми элементами гибкой системы. Гибкое проектирование обсуждается в Разделе 4 настоящего пособия.

В то время, как большинство случаев падения напряжения и сбоев в подаче электроэнергии возникают в системе передачи и распределения, проблемы гармоник почти всегда возникают по вине потребителя. Именно гармонические токи вызывают проблемы в электроустановках, а когда эти токи возвращаются к питающей нагрузке в точке общего соединения, возникает

Обеспечение
качества
электроэнер-
гии на своем
производстве
- предмет за-
боты самого
потребителя

гармоническое напряжение. Подобное искажение напряжения, или, по крайней мере, некоторые его компоненты, распределяются по всей системе и соединяются с фоновыми искажениями гармонического напряжения, которые присутствуют в любой системе энергоснабжения (к примеру, из-за нелинейности характеристик трансформаторов). Путем ограничения доли гармонического тока, которую разрешено возвращать в сеть потребителям, уровень искажения напряжения удерживается в пределах допустимого. Большинство национальных ограничений основываются на норме электроснабжения Великобритании (в настоящее время G5/4), бывш. G5/1. Эта норма установила предел допустимого гармонического искажения напряжения исключительно на основе статистических наблюдений за последние 40 лет, и, в значительной степени, ее требования оказался верным. Определить источник гармонических искажений может быть непросто, и это часто приводит к тому, что потребители винят в этом поставщика. Однако на самом деле, гармонические проблемы внутри установки редко возникают по внешним причинам - причина почти всегда кроется в оборудовании на местах и в используемой технологии. Раздел 3 настоящего пособия детально рассматривает проблемы гармонических искажений и пути их решения.

Тщательная проработка проекта электроустановки с использованием подхода обеспечения высокой устойчивости может свести к минимуму последствия сбоев оборудования, проводников и отдельных компонентов.

Высоковольтные импульсные всплески (возмущения) случаются довольно часто и по продолжительности они гораздо короче, чем один герц. Причинами являются переключение нагрузок или удары молнии в сети, а также переключение реактивной нагрузки в цепях потребителя или на участках одной и той же цепи. Короткие одиночные импульсы могут иметь амплитуду до нескольких тысяч вольт и вызвать серьезные повреждения как всей электроустановки, так и подсоединенного оборудования. Поставщики электроэнергии и телекоммуникационные компании принимают некоторые усилия для гарантии того, чтобы разрушительные импульсы не распространились на «территорию» покупателей. Тем не менее, даже не разрушительные всплески напряжения также могут вызывать серьезные сбои из-за нарушения целостности данных. Образование и воздействие высоковольтных импульсов значительно снижается, а эффективность методов подавления значительно увеличивается в тех случаях, когда обеспечивается грамотно исполненная и целостная система заземления. Подобная система заземления должна иметь множественные точки заземления и множественные пути к «земле» из любой точки, обеспечивая таким образом высокую целостность и низкое полное сопротивление в широком диапазоне частот. Системы заземления обсуждаются в Разделе 6 Пособия.

Проблемы качества электроэнергии ставят перед проектировщиками множество вопросов, самый главный из которых, пожалуй, следующий: *'Насколько хорошее качество является достаточно хорошим качеством?'* На этот вопрос невозможно ответить. Хотя просто оценить поведение определенного вида оборудования при падении напряжения достаточно просто, определение же *возможности* возникновения падения напряжения в определенном месте системы гораздо более сложная задача: она будет изменяться с течением времени по мере подключения новых потребителей и замены электроустановок. Чрезвычайно сложно собрать какие-либо значимые данные о чувствительности оборудования к гармоническим искажениям напряжения и даже к гармоническому искажению тока, вызванному оборудованием. Также много вопросов о совместимости оборудования и предлагаемой электроэнергии в контексте её качества.

Существуют международные стандарты, которые определяют пределы изменения напряжения и гармонического искажения напряжения, в пределах которых оборудование должно функционировать безупречно. Также, существуют стандартные допуски для отклонений напряжения и гармонического искажения напряжения оборудования потребителя. В идеале, у указанных двух групп допусков должен существовать общий «запас прочности», но поскольку качество энергоснабжения трудно определять на постоянной основе, такие допуски устанавливаются в статистических категориях, а не в виде жёстких обязательных ограничений. Для обеспечения хорошего Качества Электроэнергии необходим хороший исходный проект электроустановки, эффективное корректирующее оборудование, участие и сотрудничество поставщика, регулярный мониторинг и правильная эксплуатация. Другими словами, для этого необходим целостный подход и глубокое понимание принципов и практических аспектов улучшения качества электроэнергии. Целью данного пособия является предоставление подобного понимания.