

Power Quality Application Guide

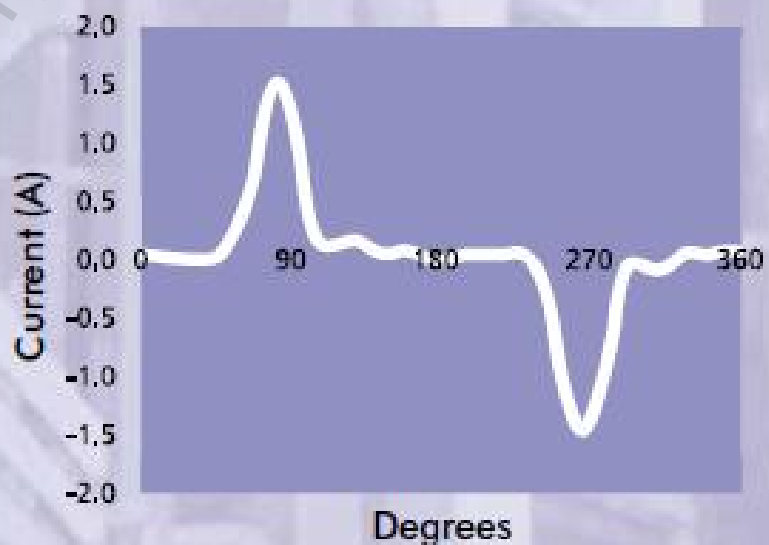
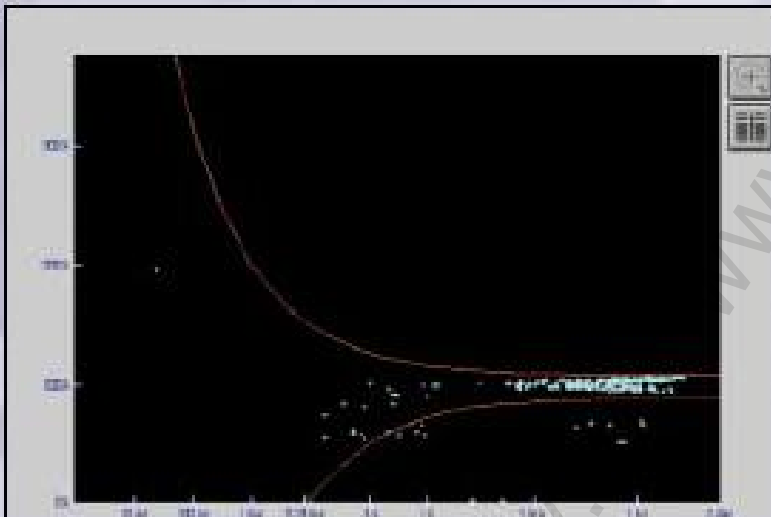
Затраты

Costs



The Cost of Poor Power Quality Цена низкого качества электро- энергии

2.1



2.1 Затраты
Стоимость низкокачественной электроэнергии



Дэвид Чэпмэн
Ассоциация Развития Меди Великобритании
Март 2001 года

Ассоциация Развития Меди Великобритании (CDA)

Ассоциация Развития Меди Великобритании является не торговой организацией, спонсируемой поставщиками и производителями меди, которая ставит своей целью содействовать использованию меди и медных сплавов, а также способствовать их правильному и эффективному применению. Ее услуги, включая предоставление технических рекомендаций и информации, доступны всем тем, кто заинтересован в использовании меди во всех ее аспектах. Ассоциация также предоставляет взаимосвязь между исследовательскими и потребительскими сферами и поддерживает тесный контакт с другими организациями по исследованию меди по всему миру.

Европейский Институт Меди (ЕСИ)

Европейский Институт Меди является совместным предприятием участвующих партнеров: ICA (Международной Ассоциации Меди) и IWCC (Международного Совета Кованой Меди). Через своих членов ЕСИ действуют от имени крупнейших мировых поставщиков меди и ведущих европейских производителей для продвижения меди в Европе. Организованный в январе 1996 года ЕСИ поддерживается сетью, состоящей из десяти Ассоциаций Разработки Меди ("CDA") в Бенилюкс, Франции, Германии, Греции, Венгрии, Италии, Польше, Скандинавии, Испании и Великобритании. Институт развивает усилия, первоначально предпринятые Ассоциацией Разработки Медных Продуктов, которая была сформирована в 1959 году, а также INCRA (Международной Ассоциации Исследования Меди), созданной в 1961 году.

Отказ от ответственности

Ассоциация Развития Меди Великобритании и Европейский Институт Меди не несут никакой ответственности за какой-либо прямой, косвенный, являющийся следствием или случайный ущерб, который может произойти из использования информации или из неспособности использовать информацию или данные, которые содержатся в данной публикации.

Авторские права принадлежат Ассоциации Развития Меди Великобритании

Воспроизведение разрешается при условии, если материал не сокращается, не изменяется и указывается источник.

Цена электроэнергии низкого качества

Электроэнергия является важным сырьем для всех коммерческих операций и, как и для любого другого сырья, качество является важнейшим свойством. Природа и причины дефектов качества электроэнергии были в общих чертах описаны в Разделе 1 и будут более подробно затронуты далее; данный Раздел посвящен последствиям дефектов электроэнергии для производства и соответствующим затратам. Как уже обсуждалось в Разделе 1, существует пять основных типов дефектов, каждый из которых имеет свои причины и последствия, а также, разумеется, различный подтекст затрат.

Установлено, что проблемы качества электроэнергии обходятся промышленности и коммерции в EU (Европейском Союзе) в около 10 млрд. Евро в год, в то время как расходы на превентивные меры составляют менее 5% от этой суммы. Вопрос очевиден: ‘Сколько следует инвестировать в предупредительные меры, чтобы сбалансировать риск сбоя?’, и ответ зависит от природы бизнеса. Первым шагом является понимание природы проблем и оценка отношения каждой из них к бизнесу, а также возможных расходов. Данные разделы обсуждают проблемы качества электроэнергии с точки зрения их потенциала в приостановке бизнеса; информация об их причинах, последствиях и путях решения содержится в более поздних разделах данного Руководства.

Гармонические искажения

Гармонические искажения, вызванные нелинейной нагрузкой на систему электропитания, приводит к появлению в системе токов большей амплитуды, чем ожидалось, с содержанием компонентов гармонической частоты. Эти токи не могут быть адекватно измерены с помощью более дешевых переносных контрольных приборов, широко используемых специалистами по установке и эксплуатации, что приводит к значительному занижению уровней токов – иногда на 40%. Только эта погрешность в величине может привести к тому, что электрические цепи монтируются с проводниками слишком малых номиналов. Даже если ток находится в пределах мощности устройства защиты от сверхтоков, проводники работают при более высоких температурах и теряют энергию – обычно 2-3% от нагрузки. Часто допустимое значение устройства защиты от сверхтоков слишком близко к реальному току нагрузки (потому что оно было занижено) и цепь подвержена так называемому аварийному отключению.

Проблемы качества электроэнергии стоят промышленности и коммерции в EU около 10 миллиардов евро в год

Компоненты гармонической частоты приводят к гораздо большим вихревым нарушениям в трансформаторах, потому что подобные нарушения пропорциональны квадрату частоты. Поскольку нарушения выше, рабочая температура трансформатора повышается, и срок его эксплуатации значительно сокращается. Даже умеренно загруженные трансформаторы, снабжающие электроэнергией ИТ, будут иметь гораздо более короткий срок эксплуатации, чем ожидаемый, если не будут приниматься соответствующие меры предосторожности.

Экономическими последствиями гармоник являются более короткие сроки эксплуатации оборудования, пониженная производительность электроэнергии, а также чувствительность к аварийному отключению. Стоимость аварийного отключения, как и любого другого незапланированного дефицита, может быть значительной и обсуждается далее в разделе про падение напряжения. Более короткий эксплуатационный срок оборудования может очень дорого стоить. Обычно предполагается, что оборудование, такое как трансформаторы, служит от 30 до 40 лет, и необходимость его замены через 7-10 лет может иметь серьезные финансовые последствия. Стоимость предотвращения относительно невелика и требует лишь хорошей эксплуатационной практики и правильного подбора оборудования. Провод кабелей на 1-2 размера больше, чем вычисленный минимум, сокращает потери и эксплуатационные расходы при очень небольшом увеличении начальной стоимости.

Системные аварии

Системные аварии являются самыми фундаментальными проблемами качества электроэнергии и длятся от нескольких секунд до, как в одном известном крайнем случае, нескольких месяцев. В Великобритании средняя системная авария длится 100 минут и имеет место каждые 15 месяцев, но отдельные случаи могут длиться недолго, но происходить более часто. Конечно, не только система электропитания является источником сбоев.

Внутри установок здания или завода находится множество зон, где неисправность отдельного компонента, кабеля или соединения может вызвать полное выключение.

Для защиты от полного сбоя в электроснабжении следует проводить два типа мероприятий. Система должна быть спроектирована так, чтобы избегать отдельных аварийных точек, или, по крайней мере, тех, которые определены в оценке риска как представляющие наибольший риск, а также должны быть предприняты меры по определению необходимости наличия дублирующей системы электроснабжения. Гибкое проектирование рассматривается в Разделе 4. Необходимые методы и не сложны, и не особенно дороги, но, сами по себе, приносят значительную пользу. Как всегда, подобные методы намного дешевле применять на начальной стадии проектирования, чем на стадии ввода в эксплуатацию. Альтернативные источники энергии могут дорого стоить, как при покупке, так и в эксплуатации – к примеру, нет смысла иметь запасной генератор, если он не готов к немедленному пуску – и необходимость, а также тип требуемого энергоснабжения, должны быть тщательно взвешены. При оценке экономической целесообразности вкладывания средств в собственную генерирующую станцию следует помнить, что как только она будет смонтирована, она будет защищать от сбоев в течение многих лет.

Стоимость предотвращения относительно невелика и требует лишь хорошей эксплуатационной практики и правильного подбора оборудования.

Для серьезных, энергоемких отраслей промышленности, как, например, производство стали или бумаги требуется второй источник электроснабжения из другой зоны энергосистемы, так чтобы снизить вероятность влияния отдельного сбоя на оба источника. Альтернативой, возможно, является местный генератор максимальной мощности, если имеются соответствующие запасы топлива. В любом случае, начальная стоимость будет очень высокой, но такой же высокой является и потенциальная стоимость сбоя в подаче электроэнергии. Процесс производства бумаги, к примеру, является непрерывным процессом, требующим точного контроля скорости сотен валов в установке, которая может быть длиной свыше 500 м. Любой сбой в подаче электроэнергии, даже понижение напряжения, приведет к потере синхронизации и остановит процесс. Вся наполовину обработанная бумага и целлюлозная масса должны быть очищены с оборудования и прилегающей зоны перед новым запуском; на это может уйти несколько часов. Кроме потерь в объемах производства, бесполезной траты сырья и рабочей силы, очень важным является неспособность выполнить обязательства перед потребителями. Газетная бумага, например, используется в таких огромных объемах, что как для поставщика, так и для потребителя является невозможным хранить резервный запас. Она необходима 'точно в срок', и она производится, используется и сдается в утиль в течение лишь нескольких дней. Неспособность производителя бумаги доставить продукт означает, что издатель не сможет печатать, а так как вчерашние новости не имеют никакой ценности (но приводят к значительным затратам), на лицо несколько финансовых последствий. Подобная ситуация может привести к замене поставщика или изменению контрактных условий поставки, к примеру, к добавлению статей о штрафных санкциях.

Для меньших по масштабу отраслей, требующих меньшего объема электроэнергии, возможно, имеет смысл иметь местный генератор для управления важным оборудованием во время системных аварий, а также для снижения высших точек потребления. Это требует

меньших затрат, но стоимость также следует оценивать по сравнению с риском сбоя в электроснабжении – сравнительная оценка, которая может быть сделана только самой организацией. Следует помнить, что резервный генератор требует некоторого времени для запуска, поэтому для чувствительной электрической нагрузки нужно обеспечить какой-либо другой дублирующий источник электроснабжения, такой как УПС (система бесперебойного электропитания). УПС имеет ограниченную мощность, и важно использовать ее только для основной электрической нагрузки, например, для работы серверов компьютерных сетей и важных рабочих станций, и больше нигде. Как всегда, важное значение имеет отлаженный процесс эксплуатации.

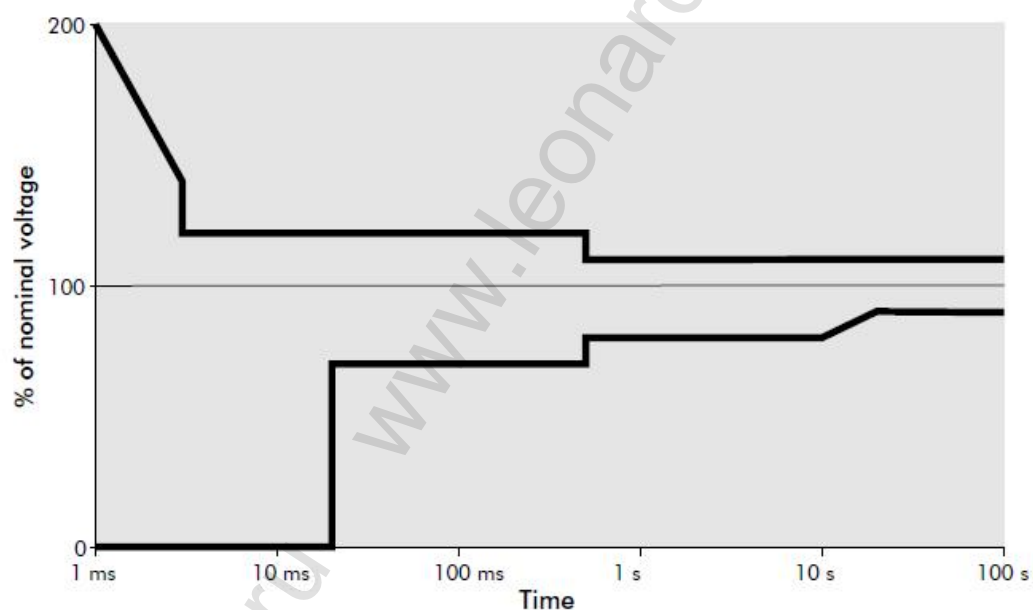


Figure 1 - ITIC curve

Рис.1 – Кривая ИТІС
по вертикали: % Номинального напряжения
по горизонтали: Время, мс, с

Падения или провалы

Падениями называются кратковременные сокращения в амплитуде RMS напряжения потока, которые длятся от доли секунды до нескольких секунд. Падения характеризуются по продолжительности и удержанному напряжению, т.е. по проценту номинального напряжения потока (RMS), который остается во время падения. Обратите внимание на то, что очень короткий, но полный сбой в электроснабжении называется перерывом в подаче электропитания, но часто упоминается как падение.

Кривая Совета Отрасли Информационной Технологии (ITIC), ранее известная как кривая Ассоциации Производителей Компьютеров и Производственного Оборудования (СВЕМА), показанная на Рис. 1, описывает толерантность оборудования к перепадам напряжения любых типов. Сплошные линии представляют максимальное и минимальное напряжение, которое может быть допущено без того, чтобы привести к сбою, по отношению к времени. К примеру, для оборудования для обработки данных допускается повышенное напряжение, в пять раз превышающее номинальное на протяжении 100 мс, но только 20% повышенного напряжения на протяжении 10 мс. Что касается пониженного напряжения, полная потеря электроснабжения допускается на протяжении промежутка времени до 20 мс (один цикл питающей сети), но для 100 мс минимальное удержанное напряжение должно составлять 70% от номинального. Кривая изначально была создана для того, чтобы помочь пользователям компьютерного оборудования решить проблемы качества электроэнергии с поставщиками электричества. После стандартизации необходимых для функционирования оборудования условий стало гораздо легче определять путем местных замеров, была ли подача электричества адекватной или нет. Как станет ясно позднее, кривая ITIC представляет слишком оптимистичный взгляд на действие сетей электроснабжения!

Часто падения вызваны авариями в сетях электроснабжения, а серьезность падения зависит от относительного местоположения генератора и точки аварии и измерения. (См. Раздел 5 для полного описания). Официальная статистика по степени серьезности и распределению падений напряжения отсутствует, но в настоящее время проводятся некоторые измерения средних масштабов, которые, по ожиданиям, в свое время дадут ценную информацию. В одном исследовании, осуществленном одним из основных производителей, замерялись перепады напряжения на 12 участках мощностью от 5 до 30 MVA. За десять месяцев было зафиксировано 858 перепадов, 42 из которых привели к сбоям и финансовым потерям. Хотя на всех этих 12 участках происходили низко-технологичные процессы производства добавочных продуктов с низкой стоимостью, финансовые потери достигли 600 000 евро (в среднем 14 300 евро за один случай или 50 000 евро на участок), а самая большая цифра индивидуальных убытков равнялась 165 000 евро. Очевидно, что заводы, производящие добавочные продукты с высокой стоимостью, для которых необходимы многоэтапные производственные процессы, столкнулись бы с более высокими потерями. Ниже в таблице приведены некоторые типичные величины.

Это огромные затраты на то, что может казаться незначительным событием, продолжающимся менее секунды. Проблема заключается в том, что, так как реакция отдельных единиц, таких как оборудование для обработки данных или вращательных электроприводов с переменной скоростью, на падения не определена, невозможно предсказывать или контролировать поведение всей системы. Для непрерывных процессов, таких как производство бумаги, последствия падения настолько же серьезны, как и полное отключение, с теми же затратами на очистку, потерями сырья и объемов производства. Для компьютеризированных процессов время, необходимое для повторного запуска огромного количества рабочих станций и восстановления приостановленных транзакций и не сохраненных документов, может занять несколько часов. Производство полупроводников особенно чувствительно, так как для плат необходимо около двух дюжин производственных этапов, которые должны быть осуществлены в течение нескольких дней. Если плата портится ближе к концу процесса, вся ценность выполненной работы теряется. Скорость разработки полупроводников в настоящее время настолько высокая, конкуренция настолько сильная, а цикл эксплуатации продукта настолько короткий, что потеря продукта является предметом острого беспокойства не только поставщиков, но также и потребителей, которые в свою очередь не смогут производить и поставлять свои собственные продукты.

За десять месяцев было зафиксировано 858 перепадов, а финансовые потери достигли 600 000 евро.

Отрасль промышленности	Типичные финансовые потери за событие
Производство полупроводников	3 800 000 евро
Финансовая торговля	6 000 000 евро в час
Компьютерный центр	750 000 евро
Телекоммуникации	30 000 евро в минуту
Производство стали	350 000 евро
Производство стекла	250 000 евро

Неавтономное непрерывное электроснабжение, при котором полезная выходная мощность постоянно генерируется из аккумуляторной батареи, постоянно заряжаемой от источника электроэнергии, само по себе обеспечивает иммунитет от падений. Автономные установки менее надежны, потому что отсутствие электроснабжения должно быть установлено до того, как будет включена нагрузка на внутренний генератор. Если порог обнаружения слишком высок, УПС часто включается и выключается без надобности, в то время как если этот порог слишком низок, разрушительные падения будут подаваться на нагрузку. Перед выбором определенной модели следует просмотреть подробные спецификации.

Скачки напряжения

Следует учитывать стоимость замены вышедшего из строя оборудования, а также стоимость вынужденного простоя.

Скачки напряжения – это перепады напряжения с очень короткой продолжительностью (до нескольких миллисекунд), но с высокой мощностью (до нескольких тысяч вольт) с очень быстрым временем нарастания. В большинстве случаев скачки напряжения появляются в результате удара молнии или подключения тяжелых или реактивных нагрузок. Вследствие высоких частот, вовлеченных в данный процесс, они значительно понижаются в процессе распространения по сети так, что то напряжение, которое возникает рядом с интересующей точкой, будет гораздо выше, чем то, которое возникает дальше от него. Защитное устройство в сети гарантирует, что скачки напряжения в целом поддерживаются на безопасном уровне, и большинство проблем возникает вследствие того, что источник скачка напряжения находится рядом или внутри установки. Скачки напряжения обсуждаются детально в Разделе 5.

Повреждение, которое возникает в результате, может быть мгновенным, такое как катастрофический сбой в работе электростанции, или устройств, или искажение данных в компьютерах или в кабельной системе сети, или оно может прогрессировать так, что каждое последующее событие еще больше повреждает изоляционные материалы, пока не происходит катастрофический сбой. Следует учитывать стоимость замены вышедшего из строя оборудования, а также стоимость вынужденного простоя.

Защита стоит относительно дешево. Основное требование такое – система заземления установки должна быть спроектирована так, чтобы у нее был низкий импеданс в широком диапазоне частот, с хорошим контактом низкого импеданса с электродной системой заземления. Системы заземления подробно обсуждаются в Разделе 6. Система защиты от молний должна быть спроектирована должным образом, с учетом местных факторов, таких как число грозовых дней в году. Защита от скачков напряжения должна быть установлена на входе всех питающих проводников, включая телефонные линии и другие коммуникации. Производитель должен обеспечить, чтобы подавление скачков происходило на коммутационной аппаратуре, а также должны проводиться эффективные эксплуатационные мероприятия для гарантии того, что подавление будет эффективным.

Заключение

Бизнес-риск, который представляют собой проблемы качества электроэнергии, вполне реален, и даже ‘низко технологичные’ отрасли подвержены серьезным финансовым потерям. С другой стороны, превентивные меры стоят относительно дешево и варьируются от просто хорошей практики методов проектирования до установки широко распространенного вспомогательного оборудования.