

Особенности обеспечения качества электроэнергии в сетях 0,4 кВ

Сацюк В.Г.

Научный руководитель – КОЛОСОВА И.В.

I. Характерные типы электроприемников

Отклонения ПКЭ от нормируемых значений ухудшают условия эксплуатации электрооборудования энергоснабжающих организаций и потребителей электроэнергии, могут привести к значительным убыткам как в промышленности, так и в бытовом секторе, обуславливают, технологический и электромагнитный ущерб.

Наиболее характерными типами ЭП, широко применяющимися на предприятиях различных отраслей промышленности, являются **электродвигатели** и установки **электрического освещения**. Значительное распространение находят **электротермические** установки, а также **вентильные преобразователи**, служащие для преобразования переменного тока в постоянный.

Современная электрическая нагрузка квартиры (коттеджа) характеризуется широким спектром бытовых ЭП, которые по их назначению и влиянию на электрическую сеть можно разделить на следующие группы: **пассивные потребители активной мощности** (лампы накаливания, нагревательные элементы утюгов, плит, обогревателей); **ЭП с асинхронными двигателями**, работающими **в трехфазном режиме** (привод лифтов, насосов - в системе водоснабжения и отопления и др.); **ЭП с асинхронными двигателями**, работающими в **однофазном режиме** (привод компрессоров холодильников, стиральных машин и др.); **ЭП с коллекторными двигателями** (привод пылесосов, электродрелей и др.); **сварочные агрегаты переменного и постоянного тока** (для ремонтных работ в мастерской и др.); **выпрямительные устройства** (для зарядки аккумуляторов и др.); **радиоэлектронная аппаратура** (телевизоры, компьютерная техника и др.); **высокочастотные установки** (печи СВЧ и др.); **лампы люминесцентного освещения**.

Воздействие каждого отдельно взятого бытового ЭП незначительно, совокупность же ЭП, подключаемых к шинам 0,4 кВ трансформаторной подстанции, оказывает существенное влияние на питающую сеть.

II. Типичные проблемы

Исследование, проведенное Европейским институтом в 2001 году на 1 400 объектах в 8 европейских странах, выявило, что любая электроустановка с вероятностью 5–25 % подвержена влиянию от одного или нескольких последствий дефектного качества энергии. Кроме того, половина объектов в энергоемких отраслях и административных зданиях с критически важными функциями подвержена негативному влиянию двух и более последствий низкого качества энергии.

Разумеется, низкое качество энергии не является причиной возникновения всех проблем с упомянутыми перебоями в работе. Так, к примеру, зависание компьютерных станций может быть вызвано другими причинами – качеством математического обеспечения.

Зависание компьютеров

Токи, возникающие в оборудовании, приводят к падению напряжения между оборудованием и землей. Несмотря на малые абсолютные значения (несколько вольт), они, тем не менее, могут оказаться соизмеримыми со значениями сигнального напряжения в системах, используемых в компьютерной технике. Хотя компьютерное оборудование изготавливается таким образом, чтобы защитить его от влияния в том

числе шумов от напряжения. Полностью исключить влияние невозможно, особенно при увеличении частоты шумов. Современные протоколы передачи данных используют технологии обнаружения и коррекции ошибок, суть которых состоит в повторной передаче искаженных данных, что, однако, снижает эффективную пропускную способность. В результате наблюдается снижение производительности компьютерного оборудования вплоть до полной остановки.

Мерцание экранов

Токи гармоник различных порядков суммируются в нейтральном проводнике. При конфигурации TN-C нейтральный и защитный проводники объединены и соединены с элементами токопроводных инженерных конструкций здания во многих местах. В результате, нейтральные обратные токи имеют возможность беспрепятственного прохождения в металлических частях здания, создавая неконтролируемые и неуправляемые магнитные поля. В худшем случае это приводит к мерцанию экранов мониторов. Нейтральный проводник всегда должен быть гальванически отделен от защитного до точки общего присоединения, как это предусмотрено конфигурациями TN-S и TN-C-S.

Мерцание света

Короткие по времени изменения напряжения, вызванные переключением, короткими замыканиями и переменной нагрузкой, могут приводить к мерцанию источников света. Значительное мерцание приводит к повышенной утомляемости, головной боли и синдрому «временной усталостной слепоты».

Перегрев трансформаторов

Гармонические искажения являются причиной дополнительных потерь в силовых трансформаторах. При нагрузках, близких к максимальным, дополнительные потери по этой причине могут привести к выходу из строя в результате перегрева и прогара изоляции обмоток.

Индукционные электродвигатели

Гармонические искажения напряжения вызывают дополнительные потери в асинхронных индукционных электродвигателях. 5-я гармоника создает противорвращающееся магнитное поле, а 7-я – несинхронное вращение. Образующиеся в результате этого крутящий (механический) момент вызывает повышенные нагрузки и износ в подшипниках и соединениях вращающихся частей привода. Однако поскольку скорость вращения фиксирована, дополнительная энергия гармоник рассеивается в виде тепла, приводя к преждевременному старению агрегата. Гармонические токи также наводятся на ротор, вызывая дополнительный нагрев, который приводит к уменьшению зазора между ротором и статором, т. е. снижает КПД агрегата в еще большей степени.

Перегрев проводников в результате поверхностного эффекта

Все гармоники приводят к дополнительным потерям в фазных проводниках. Явление нагрева поверхностного слоя проводника ничтожно при частоте 50 Гц, но уже становится значимым при частоте 350 Гц (7-я гармоника) и выше. Например, проводник диаметром 20 мм имеет на 60 % большее значение видимого сопротивления при 350 Гц, чем при протекании постоянного тока. Увеличивающееся по мере роста частоты активное и емкостное сопротивление приводит к падению и еще большему искажению напряжения.

Корректное функционирование контрольного оборудования

Значительные гармонические искажения могут привести к дополнительному явлению – нежелательному переходу через ноль в пределах одного цикла, что сбивает чувствительное измерительное оборудование. Это может привести к рассинхронизации непрерывных процессов и остановке сетевых устройств.

Проблемы на длинных трассах или при переключении нагрузок

Большая длина трассы означает большее сопротивление, что вызывает падение и сильное искажение напряжения на нагрузке. Подобный эффект происходит при пуске мощных электродвигателей или переключении нагрузок. Гармоники высшего порядка, выплескиваемые в сеть регулируемым электроприводом в конце длинных трасс, приводят к еще большим искажениям напряжения. Приходится выбирать номинальные значения (сечения) кабелей для длинных трасс с большим запасом, что уменьшает потери. Окупаемость подобных мероприятий обычно составляет 3 000 ч работы.

Перегрузка нейтрального проводника

Ток в нулевом рабочем проводнике четырехпроводной системы трехфазного тока при нелинейной нагрузке превышает фазные токи. В прошлом, значение номинала нулевого рабочего проводника обычно принималось как половина значения номинала фазного проводника, но с тенденцией роста гармонической загрязненности типичных электроустановок ситуация становится критической, даже когда нагрузка фазных проводников далека от максимальной.

Ложное срабатывание автоматики защиты

Дополнительные токи и напряжения приводят к раздражающему (ложному) срабатыванию устройств защиты. Автоматы часто не могут различить токи в основных и других гармониках, что приводит как к ложному срабатыванию, так и несрабатыванию, когда это требуется. Токи утечки могут привести к ложному срабатыванию устройств защитного отключения. При этом меры по устранению раздражающего (ложного) срабатывания защиты ни в коем случае не должны привести к компромиссу в виде увеличения пороговых значений срабатывания, т. е. не должны осуществляться в ущерб безопасности. Основное направление решения этой проблемы состоит в более равномерном распределении нагрузок по цепям, снижении суммарной нагрузки на каждой индивидуально защищаемой цепи и применении автоматики, учитывающей влияние гармоник.

III. Пути решения проблем

Способов решения проблем качества энергии много, но универсального решения проблем качества энергии не существует. Более того, крайне вероятно, что на объекте (электроустановке) существуют одновременно несколько видов проблем качества энергии, поэтому применяемые решения должны быть не только оптимальны, но и взаимосовместимы. Следует также помнить, что электрические нагрузки не статичны в течение дня, рабочего цикла, сезона и т. д.

Потери, вызываемые проблемами качества энергии, разнятся в зависимости от отрасли. Тем не менее мероприятия по предупреждению проблем качества энергии окупаются в течении 2–3 лет. При этом величина затрат на предупредительные мероприятия при проектировании обычно составляет 10–20 % от величины затрат на устранение проблем по факту их появления. Важно, чтобы о таком порядке вещей и величинах затрат знали не только специалисты, но и владельцы объектов, управляющий персонал.

Источник бесперебойного питания

Редкая компания со значительной компьютерной системой или синхронными производственными процессами не использует сегодня источники бесперебойного питания. Это решение дорогое и должно применяться рационально. Одной из крайностей является применение источника бесперебойного питания только к центральным (основным) процессам и оборудованию, другой – применение источника

бесперебойного питания на всех без исключения устройствах. Очевидно, что оптимально правильное решение находится где-то посередине.

Параллельные нейтральные проводники

Увеличение сечения кабелей (проводов) снижает активное сопротивление распределительной сети, но не снижает ее индуктивность. Также в результате поверхностного эффекта качественное значение сечения кабелей снижается – использование кабелей все большего и большего диаметра не даст ощутимого результата, поскольку токи будут «выталкиваться» к поверхности. Очевидно, что более эффективным будет использование параллельно соединенных кабелей (проводов).

Зонирование нагрузок

Различные виды нагрузок требуют всевозможных мер в электромагнитной совместимости, непрерывности энергоснабжения и безопасности. Это, в свою очередь, требует классификации нагрузок по видам и применению соответствующих групповых решений в части электропроводки, заземления, дублирования и т. д.

Применение конфигурации TN-S

Системы TN-C с общим нейтральным и защитным проводником уже стали раритетом в большинстве стран Европы. Для электроустановок, насыщенных информационным оборудованием, конфигурация TN-C больше не разрешается. Но и с точки зрения электромагнитной совместимости конфигурация TN-S предпочтительна для остальных случаев.

Величина сечения нейтрального проводника

В большинстве стран нормативные документы сегодня требуют по умолчанию применения нейтрального проводника той же размерности, что и рабочие проводники фаз. В нормативно-технических документах некоторых стран также требуется устройство защиты нейтрального проводника от сверхтока в сетях со значительным содержанием гармонических искажений.

IV. Вывод

Качество электроэнергии является сложной и многогранной областью. В настоящее время большинство объектов с высоким энергопотреблением страдают от проблем качества энергии, которые приводят к прямым и косвенным материальным потерям.

При этом не существует одного способа решить такие проблемы, а потери снизить. Тщательное планирование мероприятий по предупреждению проблем качества энергии на стадии проектирования является самым экономичным способом снижения таких потерь.

Литература

1. Жежеленко, И. В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях / И. В. Жежеленко, Ю. А. Саенко. - М.: Энергоатомиздат, 2000. - 253 с.
2. Прикладное руководство по качеству электроэнергии / Ханс Де Кюленер // Энергосбережение, 2005. № 2.