

УДК 621.3

ПРОБЛЕМА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

Михолап Е.Н., Боровко А.И., Соколов В.В., Хомякова А.П.
Научный руководитель – Булойчик Е.В.

Понятие электромагнитная совместимость возникло еще в начале развития радиотехники и имело узкое смысловое значение – выбор частотного диапазона. В настоящее время МЭК определяет электромагнитную совместимость (ОМС), как способность оборудования или системы удовлетворительно работать в данной электромагнитной обстановке без внесения в нее какого-либо недопустимого электромагнитного возмущения. Сегодня человек настолько зависит от используемой электро и радиотехники, что проблема обеспечения ЭМС стала для него жизненно важной. За последние десятилетия резко увеличилась энерговооруженность и энергонасыщенность производственных процессов, в связи с чем и увеличился уровень электромагнитных помех. Миниатюризация и сосредоточение различных видов аппаратуры в ограниченном объеме ведет к росту этих помех. Электромагнитная совместимость нарушается, если уровень помех слишком высок или помехоустойчивость оборудования не достаточна. В этом случае возможно нарушение в работе компьютеров, логических элементов, выдача ложных команд в системах управления, навигации, что приводит к ужасным катастрофам. Источники ЭМП могут быть искусственного и естественного происхождения. К естественным источникам ЭМП относятся атмосферные явления, например грозовые разряды, молнии. Источники искусственного происхождения – это электросиловые установки (преобразователи, трансформаторы, генераторы), аппаратура связи (вещательная на разных диапазонах; навигационная, телефонная, радиочастотная, спутниковая), электроприборы, промышленное оборудование, флуоресцентные осветительные лампы. Кроме этого, источники ЭМП подразделяются на внешние и внутренние. Контроль внешних источников ЭМП в большинстве случаев затруднен, поэтому при создании коммуникационных систем приходится принимать защитные меры. Внутренние источники ЭМП отслеживать проще. Почти всегда есть возможность уменьшить их излучающую способность. Длинные отрезки неэкранированных проводников, как бы представляющие собой антенны, подвержены воздействию внешнего шумового излучения. Проводник, несущий шумовой сигнал, может навести его на другой проводник, проходящий в непосредственной близости.

Решение проблемы ЭМС упрощенно преследует две взаимосвязанные цели:

- обеспечение минимальной восприимчивости к внешним и внутренним ЭМП;
- обеспечение минимального уровня создаваемых ЭМП.

Для практического решения проблем ЭМС необходимо проанализировать механизмы мешающего взаимодействия и на основании полученных данных выработать рекомендации для совместной работы электронных систем. Уже проведена огромная исследовательская и практическая работа, которая нашла отражение, прежде всего, в создании нормативной базы в области ЭМС в таких международных организациях, как МЭК, СИСПР и др. В настоящее время продолжается интенсивно вестись исследовательская работа. Расширяется методическая база, и создаются все более совершенные средства защиты от электромагнитных возмущений.

Влияние распространенных электромагнитных помех покажем на примерах:

- искажение изображения или звука в телевизионном приемнике при работе пылесоса;

– шумы или посторонние разговоры, которые можно услышать по обычному телефону;

– сигналы радиостанций, принимаемых громкоговорящим телефоном.

ЭМС в телекоммуникационных системах. В телекоммуникационных системах первого поколения использовались электромеханические устройства, в силу своих особенностей мало восприимчивые к электромагнитным помехам. Чтобы привести такое устройство в рабочее состояние, необходимо преобразовать электрическую энергию в механическую. Чаще всего случайные электромагнитные помехи недостаточно сильны, чтобы привести подобное электромеханическое устройство в рабочее состояние. Кроме того, механический принцип действия и относительно большая масса самого электромеханического прибора не требуют высокого качества питания, т. е. вполне «терпимо относятся» к таким явлениям в электросети, как «провалы», пиковые «броски» и даже кратковременные отключения напряжения.

Современные электронные телекоммуникационные системы в противоположность электромеханическим оснащены твердотельными приборами, намного более чувствительными к электромагнитным помехам. Для приведения таких систем в рабочее состояние требуются более низкие уровни питающего и управляющего напряжений, которые производят молекулярный сдвиг в электронном приборе и изменяют его проводящие характеристики. Для случайного переключения таких приборов может оказаться вполне достаточно энергии лишь электрического шума. Поэтому требования к качеству питания современных систем на основе твердотельных приборов очень высокие. Даже слабые помехи могут переводить некоторые электронные приборы (например, логические элементы) в режим самозапираания.

Наведенные помехи проникают в электронные приборы в большинстве случаев по входным и выходным сигнальным линиям и шинам питания. Радиационные помехи попадают в электронный прибор, если у последнего отсутствует корпус или конструкция корпуса не соответствует определенным требованиям, а также при неудовлетворительном экранировании, близком расположении приборов к источникам радиочастотной энергии.

Начинать решать вопросы ЭМС необходимо на ранних стадиях проектирования. Если эта проблема игнорируется до тех пор, пока она не возникнет при испытаниях, решение проблемы скорее всего будет дорогостоящим и неудовлетворительным. По мере того как разработка аппаратуры проходит различные стадии: с проектирования до испытаний и производства, набор доступных разработчику способов борьбы с помехами неуклонно уменьшается, в то время как их стоимость, напротив, возрастает. Таким образом, решение проблем, связанных с помехами, на ранних стадиях разработки и изготовления дает обычно лучшие результаты и дает обычно лучшие результаты и обходится дешевле. К основным используемым методам, при помощи которых можно устранить или, по крайней мере, уменьшить влияние помех при разработке отдельных узлов аппаратуры, относятся следующие: экранирование, заземление, фильтрация, балансировка, изоляция, разнесение и ориентации проводников в пространстве, регулировка величины полного сопротивления схемы.

При создании коммуникационных систем должны быть приняты меры по предотвращению влияния помех, как на стадии проектирования этих систем, так и при монтаже. В неисправленных телекоммуникационных установках с нарушенным функционированием и происходят аварии: возникающие проблемы часто бывают связаны с кабельной или заземляющей системами. Проектируя коммуникационные системы, необходимо предусмотреть взаимодействие и учесть взаимовлияние

следующих подсистем: экранирования, заземления, интерфейсов, кабельной питания, фильтров. Рассмотрим несколько из них.

ЭМС в автоматических систем технологического управления (АСТУ). Если в бытовых условиях электромагнитные помехи вызывают определенные неудобства, то в случае с коммерческими и специальными коммуникационными системами такие явления приводят к крупным финансовым потерям и даже технологическим катастрофам.

Проведенное по методике МККТ тестирование качества Московской городской телефонной связи показало, что около 30 % соединений признано неудовлетворительными по качеству из-за электромагнитных помех.

На объектах промышленности, в административных и жилых зданиях нередко имеет место неудовлетворительное качество электропитания, происходит повреждение электронной техники, а также наблюдается ускоренная электрохимическая коррозия трубопроводов из-за неправильного выполнения системы заземления-зануления. Анализ показал, что из-за несоблюдения требований ЭМС при проектировании, монтаже и эксплуатации объектов энергетики, связи и другого назначения имеют место случаи нарушения в работе этих объектов с серьезными экономическими последствиями. Так, например, анализ случаев неправильной работы устройств РЗА в Мосэнерго за несколько лет показан, что свыше 15 % таких случаев можно с уверенностью отнести к проблемам ЭМС. Причем, электронные и микропроцессорные устройства, чувствительные к электромагнитным помехам, составляют менее 2 % от общего числа находящихся в эксплуатации устройств РЗА.

Электромагнитная совместимость в сетях 6–35 кВ энергосистем и промышленных предприятия. Основными источниками ЭМС в сетях 6–35 кВ являются:

- внезапные скачки напряжения и перенапряжения в питающей сети НН станций и подстанций;
- неустойчивое напряжение питания «дребезг», возникновение высших гармоник;
- гальваническое влияние со стороны земли при КЗ в питающей сети на землю;
- уравнивающие токи в отдельных землях элементов электроносферы;
- ЭДС взаимной индукции близко расположенных мощных электрических цепей;
- ЭДС взаимной индукции при коммутациях высоковольтных аппаратов от частот собственных колебаний;
- радиопомехи от короны на проводах и от ВЧ каналов связи в радиоприемных устройствах;
- нарушение условий распространения радиоволн массивными наземными сооружениями ВЛ.

Нарушения электромагнитной совместимости между различными подсистемами самой электроэнергетики приводят к следующим последствиям для неё. Коммутационные, дуговые и квазистационарные перенапряжения в сетях ВН вызывают повреждения изоляции, короткие замыкания, отключения и погашения потребителей. Аварии и оперативные коммутации вызывают опасные и мешающие влияния цепей высокого напряжения «первичной коммутации» на цепи «вторичной коммутации» с электронными устройствами информационной и компьютерной техники электростанций высокого напряжения. Они влияния могут привести к выходу из строя или неселективной работе устройств вторичной коммутации в наиболее ответственные моменты аварий.

Перенапряжения в сетях НН подстанций и станций могут представлять опасность для электрооборудования и кабелей. В мировой практике для защиты от этих перенапряжения, в целом используются два вида устройств:

– «грубая защита» обеспечивающая напряжение на защищаемой изоляции не более $(4-4,5)U_{\text{нф}}$, где $U_{\text{нф}}$ – номинальное фазное напряжение;

– «тонкая защита» обеспечивающая остающееся напряжение на защищаемой изоляции не более $(2,5-3)U_{\text{нф}}$, причем основным элементом такой защиты являются нелинейные ограничители перенапряжений.

Ограничители перенапряжений важнейший элемент обеспечения электромагнитной совместимости. Важнейшим звеном в системе защиты от перенапряжений являются нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН) на основе оксидноцинковых варисторов. ОПН целесообразно подключать на вводах, сборных шинах, отходящих присоединениях и непосредственно у электроприемников. Наиболее современной конструкцией ограничителей является одноколонковое исполнение с изоляцией из кремнийорганической резины. Поскольку в большинстве случаев причиной выхода из строя ОПН является разгерметизация корпуса, то могут быть рекомендованы ограничители, выполненные по цельнолитой технологии, исключающие ручную сборку.

Применение современных технологий и методов позволяют получить высокую стабильность электрических характеристик ОПН. К таким методам относятся ультразвуковое формообразование оксидноцинковой керамики, ультразвуковая металлизация оксидноцинковой керамики и др.

Вывод

В последнее время энерговооруженность и энергонасыщенность производственных процессов резко возросло. Увеличился уровень электромагнитных помех. Современные электронные системы очень чувствительны к электромагнитным помехам, что может привести к неправильной работе. Решать вопросы ЭМС необходимо на ранних стадиях проектирования. Обеспечение минимальной восприимчивости к внешним и внутренним ЭМП, а также обеспечение минимального уровня создаваемых ЭМП позволяет решить проблему ЭМС. ЭМС в сетях НН различных предприятий, в том числе собственных нужд станций и подстанций, требует пристального внимания. Во многих случаях импульсные и коммутационные перенапряжения могут привести к повреждению не только слаботочного, но и сильноточного оборудования. Основным элементом защиты от внутренних, временных и грозовых перенапряжений является ОПН.