

УДК 621.316

## ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

А.О. Балаганский студент гр. ЭПб-121, IV курс,  
Е.И. Береснев, студент гр. ЭПб-121, IV курс,  
С.Г. Захаренко, к.т.н. доцент, Т.Ф. Малахова, к.т.н. доцент,  
Р.С. Вершинин, доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Объекты электроэнергетики являются мощными источниками электромагнитных излучений, буквально пронизывающих все прилегающее к ним пространство. Но эти объекты и сами подвергаются воздействию мощных внешних электромагнитных излучений. Еще каких-то 15–20 лет назад эти проблемы волновали лишь узкий круг теоретиков. Сегодня, в связи с расширяющимся применением в электроэнергетике высокочувствительных микроэлектронных и микропроцессорных устройств, все специалисты, работающие в электроэнергетике, а особенно специалисты в области релейной защиты и автоматики, должны обладать хотя бы базовыми знаниями об электромагнитной совместимости (ЭМС).

Устройства релейной защиты и автоматики (УРЗА) являются основным элементом энергообъекта, обеспечивающим его надежную работу. Многолетний анализ годовых отчетов различных энергосистем позволяет выделить три основные причины сбоев в работе УРЗА: неправильные действия персонала, неисправность УРЗА и недостаточная электромагнитная совместимость (ЭМС). Высокий процент случаев неправильной работы по причине недостаточной ЭМС вызван тем, что чувствительность к электромагнитным помехам УРЗА на микроэлектронной (МЭ) и микропроцессорной элементной базе на несколько порядков выше, чем у их традиционных электромеханических аналогов, т.е. проблема ЭМС носит физический характер.

Для нарушения работы электромеханического реле требуется энергия  $10^3$  Джоуля, а для нарушения работы интегральных микросхем требуется  $10^{-7}$  Джоуля. Таким образом, разница составляет 4 порядка или 10000 раз. Для разрушения электромеханического реле требуется энергия в 1 Джоуль, а для разрушения интегральных микросхем требуется энергия в  $10^{-2}$  Джоуля. Поскольку помехи, имеющие меньшую энергию, возникают чаще помех, имеющих большую энергию, наиболее частой реакцией УРЗА на МЭ и МП элементной базе на воздействие электромагнитных помех будет не разрушение устройства, а нарушение его работы или кратковременный сбой в работе с последующим восстановлением функций.

Микропроцессоры требуют обязательной ЭМС. В то же время мировая и отечественная практика свидетельствует, что будущее за УРЗА на МП

элементной базе. Процесс замены электромеханических и МЭ УРЗиА на МП необратим, и если не уделять внимание проблеме ЭМС, то полная замена на УРЗиА со столь высоким процентом неправильной работы грозит обернуться катастрофой. Чтобы этого не произошло, необходимо организованное и продуманное управление набравшим силу процессом перехода на МП УРЗиА, в том числе и решение проблем обеспечения ЭМС для МП УРЗиА.

Мировая практика показывает, что проблему обеспечения ЭМС УРЗиА на МЭ и МП элементной базе необходимо решать комплексно. Требования ЭМС должны учитываться фирмами-производителями УРЗиА при разработке устройств, проектировщиками при выполнении проектов, монтажниками при реализации проектов и эксплуатационниками при приемке энергообъекта. Кроме этого, должен осуществляться контроль соблюдения требований ЭМС в течение всего срока жизни энергообъекта.

О проблемах недостаточной электромагнитной совместимости в России заговорили относительно недавно. Но уже с начала 2001 года в стране введены несколько десятков новых стандартов, предусматривающих обязательную проверку и сертификацию электротехнической продукции на устойчивость к помехам и уровни создания помех

Таким образом, решение проблемы сводится к тому, чтобы обеспечить на энергообъектах электромагнитную обстановку, при которой уровни разного рода электромагнитных воздействий не превышали допустимых значений для каждого из устройств. Каким образом? Варианты могут быть разными, однако путь всегда один - необходимо провести на электросетевом объекте оценку электромагнитной обстановки, разработать перечень мероприятий по обеспечению ЭМС устанавливаемой аппаратуры, а затем обеспечить реализацию их на практике.

Оценка ЭМО и ЭМС на подстанциях при размещении МП аппаратуры. Перед установкой на энергетических объектах, входящих в состав электрических подстанций, дополнительной электронной аппаратуры и оборудования, предназначенного для защиты систем автоматики, связи и управления, проводят оценку реальной электромагнитной обстановки на ПС и осуществляют комплекс измерений на электромагнитную совместимость. По завершении производится разработка рекомендаций по обеспечению электромагнитной совместимости размещаемой аппаратуры.

Поскольку исправное состояние заземляющей системы энергообъекта является основополагающим условием соответствия ЭМО требованиям нормативно-технической документации, то и начинают обследование с диагностики заземляющих устройств подстанции — это позволяет определить возможные электромагнитные воздействия на микропроцессорную аппаратуру, вследствие наличия дефектов заземляющей системы энергообъекта. После этого приступают к оценке параметров электромагнитной обстановки и проверке электромагнитной совместимости устанавливаемой микропроцессорной аппаратуры в соответствии с действующей нормативной базой. Измере-

ния и расчеты проводятся с подключением ряда приборов и применением специализированного программного обеспечения.

Как правило, в ходе оценки ЭМО осуществляют следующие виды работ:

- анализ компоновки объекта; измерение удельного электрического сопротивления грунта;
- оценку параметров системы заземления (обследование заземляющих устройств, анализ схемы заземляющего устройства);
- определение уровня помех от внешних электромагнитных возмущений (измерение импульсных сопротивлений оборудования и молниеотводов; определение помех при КЗ, коммутациях силового оборудования, ударах молнии в молниеотводы; измерение магнитных полей промышленной частоты в нормальном режиме работы и пр.);
- анализ системы молниезащиты объекта с точки зрения ЭМС;
- оценку организации питания аппаратуры постоянным и переменным током;
- анализ помехоустойчивости установленной микропроцессорной аппаратуры (включая оценку организации заземления в помещениях с микропроцессорной аппаратурой) и др.

По результатам испытаний на электромагнитную совместимость осуществляется разработка технических решений по обеспечению ЭМС на стадии проекта с выдачей рекомендаций по улучшению электромагнитной обстановки на обследуемом энергообъекте. Разумеется, суть данных рекомендаций определяется исходными условиями - то есть реальной оценкой ЭМО и характеристиками устанавливаемой аппаратуры. В целом следующие рекомендации:

- провести модернизацию системы заземляющих устройств;
- обеспечить прокладку трасс вторичных цепей в соответствии с требованиями ЭМС;
- осуществить комплекс мероприятий по защите от напряжения прикосновения при коротком замыкании в высоковольтной сети;
- использовать экранирующие шкафы для защиты МП аппаратуры от магнитных полей;
- модернизировать схемы питания МП аппаратуры постоянным и переменным током и т.д.

Таким образом, решение проблемы электромагнитной совместимости требует комплексного двухэтапного подхода. На первом этапе, выполняемом при проектировании строительства или реконструкции подстанции, производится приближенная оценка электромагнитной обстановки расчетными методами. Второй этап работ проводится по завершению строительства или реконструкции энергообъекта и заключается в выполнении комплекса измерений и имитационного моделирования вспомогательных расчетов с последующей разработкой и реализацией дополнительных мероприятий по обеспечению ЭМС.

### Список литературы:

1. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. Утверждены Приказом Минтруда РФ от 24.07.2013 №328н.-Екатеринбург: НД «Урал ЮР Издат», 2014.-152с.
2. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд.-М.: ЗАО «Энергосервис», 2003.
3. Журнал "Новости электротехники", Журнал №6(12) 2001