e-mail: ezop@ezop.ru
тел. (095)133-33-18

М. В. Матвеев, АО ВНИИЭ,
М. К. Костин, ООО ЭЗОП

Тел./факс (095) 113-33-18, e-mail: ezop@ezop.ru

Размещение современной цифровой аппаратуры на объектах электроэнергетики часто сталкивается с проблемой обеспечения ее электромагнитной совместимости (ЭМС). Электромагнитная обстановка (ЭМО) на энергообъектах является достаточно жесткой. Это связано с тем, что на небольшом расстоянии от элементов системы АСУ находятся аппараты и конструкции, способные нести значительные токи и потенциалы, а также создавать электромагнитные поля высокой напряженности. К таким аппаратам и конструкциям относятся:

1. Токоведущие части сетей высокого и среднего напряжения
2. Элементы, по которым идет протекание токов при грозовом разряде: молниеотводы и радиомачты, а также связанные с ними элементы заземляющего устройства, оболочки коаксиальных кабелей, цепи питания, освещения и радиопередающих устройств.
3. Высоковольтные разрядники, ОПН и связанные с ними элементы заземляющего устройства.
4. Различные коммутационные устройства (высоковольтные выключатели и разъединители, а также низковольтные реле, контакторы, электромеханические приводы).
5. Кабели низкого напряжения, по которым могут протекать значительные токи помех. Проходя вблизи мощного источника помех (например, под коммутируемым участком высоковольтной системы шин) практически любой кабель может оказаться носителем высокочастотных помех.
6. Портативные и стационарные радиосредства.

В то же время, в большинстве случаев верхний уровень системы АСУ строится на основе обычных средств вычислительной техники и информатики (СВТИ), к которым не предъявляется очень высоких требований помехоустойчивости. Отметим, что устройства РЗА и ТМ, часто рассматриваемые в качестве элементов нижнего уровня системы АСУ, испытываются на ЭМС с учетом специфики жесткой ЭМО на энергообъектах [1,2].

Все это обеспечивает высокую вероятность сбоя или выхода из строя всей системы АСУ или ее отдельных элементов. В качестве примера можно упомянуть ситуацию в АО «Липецкэнерго», когда удар молнии привел к выходу из строя практически 100 % СВТИ в близкорасположенных зданиях. Таким образом, задача защиты элементов АСУ от помех приобретает высокую актуальность.

PDF создан испытательной версией pdfFactory Pro www.pdffactory.com

e-mail: ezop@ezop.ru
тел. (095)133-33-18

Традиционными составляющими решения проблемы ЭМС являются: а) оценка и улучшение ЭМО на объекте и б) повышение помехоустойчивости используемой аппаратуры. Проблему оценки и улучшения ЭМО мы рассмотрим чуть ниже. Что же касается обеспечения помехоустойчивости СВТИ, то здесь нужно отметить следующее. Действующие ГОСТ на СВТИ (не учитывающие специфики энергообъектов) предполагают различные степени жесткости испытаний на ЭМС. Выделяются две группы испытаний на устойчивость к помехам, отличающиеся степенями жесткости (уровнями) испытательных воздействий. Разумеется, на энергообъектах следует применять только технику, удовлетворяющую требованиям второй группы по помехоустойчивости. Идеальным же решением является использование аппаратуры, прошедшей испытания на ЭМС с учетом специфических требований электроэнергетики. Такие испытания могут быть выполнены в рамках экспертной оценки аппаратуры для применения на объектах РАО «ЕЭС России».

Рассмотрим теперь задачу оценки и улучшения ЭМО на объекте с целью обеспечения ЭМС АСУ. Обычно оценка ЭМО проводится с использованием экспериментально-расчетных методов. Экспериментальная часть включает в общем случае следующие работы:

– измерение сопротивления растеканию ЗУ в целом,
– проверка связи с ЗУ объекта заземлений зданий и сооружений, в которых размещаются элементы системы АСУ,
– исследование картины растекания тока прогрузки по элементам системы заземления в зданиях и сооружениях,
– проверка сопротивлений оснований (т. е., качества связи с ЗУ объекта) электроаппаратов и конструкций вдоль трасс вторичных кабелей,
– анализ взаимного расположения элементов АСУ и средств грозозащиты объекта, высоковольтных разрядников и ОПН,
– измерение уровней помех в информационных цепях и цепях питания при коммутационных операциях,
– долговременный мониторинг помех в информационных цепях и цепях питания (в широком диапазоне частот),
– оценка качества напряжения питания (в том числе и от дизель-генераторов, инверторов и других резервных источников),
– измерение постоянно действующих и импульсных электромагнитных полей в широком диапазоне частот.

Последующая обработка результатов измерений позволяет оценить основные составляющие ЭМО, представляющие угрозу для АСУ ТП. Например, знание сопротивления растеканию в сочетании с информацией о токах подпитки однофазного КЗ позволяет оценить напряжения, прикладываемые к коммуникационным линиям, выходящим за пределы объекта. Сопротивления оснований позволяют аналогичным образом оценить перепады потенциала в

PDF создан испытательной версией pdfFactory Pro www.pdffactory.com

e-mail: ezop@ezop.ru
тел. (095)133-33-18

пределах ЗУ объекта. Эти перепады могут быть приложены к кабелям АСУ ТП, проходящим, например, между релейным и главным щитами. Анализ картины растекания токов в заземляющих проводниках в пределах здания позволяет оценить реальную геометрию системы заземления АСУ и оценить ее параметры на высокой частоте.

По результатам оценки ЭМО производится разработка и реализация комплекса защитных мероприятий, направленных на обеспечение ЭМС цифровой аппаратуры. Эти мероприятия обычно включают в себя:

– Улучшение состояния ЗУ путем прокладки дополнительных заземлителей и восстановления нарушенных связей.

– Защиту информационных цепей и цепей питания путем экранирования, изменения схем заземления элементов грозозащиты, прокладки «барьерных» заземлителей, изменение способов и трасс прокладки кабелей на отдельных участках и т.п.

– Оптимальное (по условиям ЭМС) размещение микропроцессорной аппаратуры, рабочих мест обслуживающего персонала и кабелей межмашинного обмена.

– Правильную организацию заземления и питания МП аппаратуры, включая выделение отдельных подсистем питания и заземления для элементов АСУ, использование ИБП.

– Установку специальных устройств защиты от перенапряжений, а также фильтров, сетевых кондиционеров и т.п.

В настоящее время на рынке появилось большое количество устройств защиты от перенапряжений. Они, как правило, имеют малые габариты, высокую эффективность и надежность, а также и низкую цену.

PDF создан испытательной версией pdfFactory Pro www.pdffactory.com

e-mail: ezop@ezop.ru
тел. (095)133-33-18

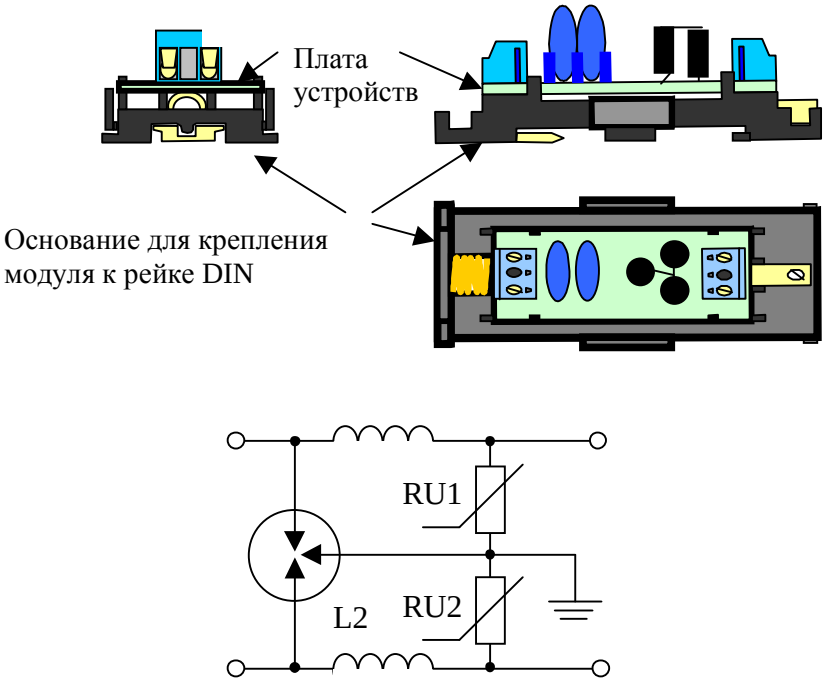

Рисунок. Устройство защиты интерфейсов ExPro 2302 (внешний вид и схема)

В качестве примера на рисунке показана схема и внешний вид защитного устройства цифровых интерфейсов RS-232, 432, 485 типа ExPro 2300 (производство НПО «Инженеры электросвязи»). Оно способно обеспечить эффективное гашение как мощных помех (грозовые перенапряжения, потенциалы при однофазных КЗ), так и высокочастотных помех малой мощности (импульсные помехи при коммутационных операциях). Это обеспечивается двухступенчатой структурой данного устройства: первый каскад (разрядник) подавляет мощные помехи, а второй содержит быстродействующие нелинейные элементы для гашения высокочастотных импульсов.

Разумеется, существуют аналогичные устройства, предназначенные для защиты цепей питания, коаксиальных кабелей, цепей связи и т.п.

Массовое использование защитных устройств позволяет приблизиться к зонной концепции защиты (МЭК 1024, МЭК 1312). Суть ее состоит в том, что на объекте выделяются зоны с различными уровнями электромагнитных помех. Границами зон обычно служат стены зданий и помещений (желательно с металлической арматурой, выполняющей роль клетки Фарадея). Микропроцессорную аппаратуру размещают в наиболее защищенных зонах. Цепи, пересекающие границу зон, снабжаются устройствами защиты.

PDF создан испытательной версией pdfFactory Pro www.pdffactory.com

e-mail: ezop@ezop.ru
тел. (095)133-33-18

Возникает вопрос: можно ли решить проблему ЭМС только за счет установки большого количества защитных устройств, не прибегая к сравнительно дорогостоящему обследованию и улучшению ЭМО традиционными методами?

В общем случае, на этот вопрос следует дать отрицательный ответ. Это объясняется следующими причинами:

1. Устройства защиты от перенапряжений позволяют защитить входы аппаратуры, но не кабели. В ситуации, когда кабели проходят непосредственно вблизи устройств грозозащиты или высоковольтных электроаппаратов возможен пробой их изоляции за счет локального подъема потенциала. Проникающий при этом в защищаемые цепи импульс способен вывести из строя не только кабель, но и аппаратуру, поскольку защитные устройства на такую ситуацию не рассчитываются. Отметим, что на многих подстанциях (Выборгская, Уфимская, Буйская и др.) заземление элементов грозозащиты проводилось на элементы кабельного канала или на расстоянии менее 1м от них. Более того, при значительных перепадах потенциала в пределах ЗУ возможно повреждение кабелей без пробоя изоляции (только вследствие протекания больших токов по жилам).

2. Принцип, положенный в основу конструкции большинства защитных устройств – шунтирование помех в защищаемой цепи на землю. Это, очевидно, требует наличия хорошего заземления, обеспечивающего связь между всеми присоединенными к нему элементами АСУ как по промышленной, так и по высокой частоте. В противном случае защитные устройства окажутся малоэффективными или бесполезными.

3. Конструкция энергообъектов и планировка помещений зданий ОПУ, РЩ, ГЩ плохо приспособлены для реализации зонной концепции защиты. Во многих случаях обследование ЭМО устанавливает наличие конструктивных особенностей объектов, принципиально приводящих к проникновению электромагнитных полей, токов и потенциалов помех в защищенные зоны. Это, например, относится к случаю, когда элементы высоковольтных и силовых цепей находятся на расстоянии нескольких метров от здания или даже заходят в него. Обеспечить приемлемый уровень экранирования низкочастотных полей оказывается практически невозможным. Единственный выход – такая коррекция схемы размещения аппаратуры и рабочих мест, при которой они выводятся из опасной зоны, определяемой по результатам оценки ЭМО.

Можно назвать много других технических причин, не позволяющих отказаться от традиционных методов контроля ЭМО. В то же время, широкое применение таких устройств позволяет уменьшить стоимость защитных мероприятий. Это достигается за счет минимизации доли таких дорогостоящих защитных решений, как масштабная реконструкция заземляющего устройства, изменение трасс прокладки кабелей, изменение схем грозозащиты, замена существующих кабелей на экранированные, широкое использование оптоволоконных средств и

PDF создан испытательной версией pdfFactory Pro www.pdffactory.com

e-mail: ezop@ezop.ru
тел. (095)133-33-18

т.п. Экономии можно добиться и за счет некоторого снижения объема работ по контролю ЭМО.

Таким образом, комбинация широкого применения защитных устройств в рамках зонного подхода с традиционными технологиями позволяют обеспечить надежное и экономически эффективное решение проблемы ЭМС АСУ ТП. Работы по обеспечению ЭМС желательно осуществлять в рамках единого проекта системной интеграции, что позволяет обеспечить их максимальную увязку с общим проектом.

Литература

1. РД 34.35.310-97 «Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем». М.: РАО «ЕЭС России»
2. ГОСТ Р 51179-98 «Устройства и системы телемеханики».
3. Guide on EMC in Power Plants and Substations. CIGRE Publ. 124, 1997
4. ГОСТ Р 50839-95 - Устойчивость средств вычислительной техники и информатики к электромагнитным помехам.
5. Гепферт С. О., Матвеев М. В. Решение проблемы ЭМС при внедрении цифровых учрежденческих АТС. Энергетик, №4 (2001), с. 15—18.

PDF создан испытательной версией pdfFactory Pro www.pdffactory.com