

Об обеспечении электромагнитной совместимости электротехнического оборудования при воздействии электромагнитного импульса естественного и искусственного происхождения

ШВЕЦ Н.Н.^{1,3}, БАСОВ Е.В.^{2,3}, ОРЛОВ А.И.¹, СЫСОЕВ В.С.¹, СУХАРЕВСКИЙ Д.И.¹,
ЛЕПЁХИН Н.М.¹, КУЗНЕЦОВ Ю.А.¹, НАУМОВА М.Ю.¹

¹ РФЯЦ-ВНИИТФ, Истра, Россия,

² ВЭИ - филиал РФЯЦ-ВНИИТФ, Москва, Россия,

³ МГИМО Университет МИД России, Москва, Россия

1. Введение

Существуют угрозы оборудованию объектов и энергосистемы России от критических электромагнитных колебаний природного характера в виде разряда молнии и техногенного характера в виде преднамеренных силовых электромагнитных воздействий мощных излучателей и воздействия электромагнитного импульса высотного ядерного взрыва (далее ЭМИ ВЯВ) [1, 2].

Электромагнитный импульс, сгенерированный высотным ядерным взрывом, охватывает большие области и может оказывать критическое воздействие на многие системы на поверхности земли. Он способен нарушить нормальную работоспособность или полностью вывести из строя электронное оборудование как объектов вооружения и военной техники, так и эксплуатируемых гражданских объектов и энергосистем РФ.

2. Анализ текущего состояния

В настоящее время в гражданской электроэнергетике не уделяется достаточное внимание обеспечению защиты от ЭМИ ВЯВ. Значительная часть гражданских энергетических объектов управления и, прежде всего, их системы электроснабжения и связи, не защищены от воздействий ядерного взрыва с повышенным выходом электромагнитной энергии. Объекты недостаточно оснащены средствами защиты и не обеспечивают выполнение современных требований по электромагнитной совместимости. В то же время, применение определенных мер может существенно повысить степень защищенности и обеспечить их работоспособность при электромагнитном воздействии.

Для обеспечения защиты объектов ЕЭС России и других инфраструктурных систем экономики предлагается организовать проведение испытаний на функциональность

электротехнического оборудования в условиях воздействия электромагнитного импульса, имитирующего излучение высотного ядерного взрыва.

Цель испытаний - определение эффективности использования существующих и перспективных защитных устройств и систем для обеспечения стойкости электротехнического оборудования к воздействию электромагнитного импульса высотного ядерного взрыва.

3. Действующая нормативная база

За рубежом в течение более двадцати лет разработан комплекс стандартов для военных и гражданских систем, в которых определены методы, средства испытаний, и концепция защиты от полей высокой интенсивности, молний.

Обобщение и систематизацию мирового опыта в разработке стандартов по электромагнитной совместимости (ЭМС) выполняет Международная Электротехническая Комиссия (МЭК). Требования стойкости и типовые формы ЭМИ воздушного ЯВ, рекомендуемые МЭК для испытания гражданской аппаратуры, оборудования и технических систем, приведены в стандартах МЭК серии 61000 [3].

Часть 1 стандарта МЭК 61000 включает общие положения: фундаментальные принципы, определения, терминологию.

Часть 2 стандарта МЭК 61000 включает описание и классификацию электромагнитной обстановки, уровней совместимости при воздействии ЭМИ высотного ядерного взрыва. Стандарт позволяет выбрать уровни стойкости при испытаниях аппаратуры (уровни напряженности электрического поля при излучении). Под уровнем стойкости понимается максимальный уровень электромагнитной помехи, действующей на систему и не вызывающей изменения эксплуатационных характеристик.

Часть 4 стандарта МЭК 61000 включает описание методов испытаний и измерений

Часть 5 стандарта МЭК 61000 содержит руководства по установке, методы и устройства помехоподавления.

Защита от воздействия молний в Российской Федерации регламентируется стандартами, которые идентичны международным. Российский стандарт ГОСТ Р МЭК 62305-1 устанавливает общие принципы защиты от молнии зданий, сооружений и их частей, включая находящиеся в них людей, инженерных сетей, энергетических систем и других объектов. Критерии проектирования, установки и обеспечения мер молниезащиты рассматриваются в трех отдельных группах:

– первая группа, касающаяся мер защиты с целью снижения физического повреждения и опасности для жизни людей в здании, рассматривается в ГОСТ Р МЭК 62305-3;

– вторая группа, касающаяся мер защиты с целью снижения повреждения электрических и электронных систем в здании, рассматривается в ГОСТ Р МЭК 62305-4;

– третья группа, касающаяся мер защиты с целью снижения физического повреждения и поломки систем энергоснабжения в здании (в основном, линии электропередачи и линии связи), рассматривается в ГОСТ Р МЭК 62305-5.

Стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 52863-2007 [4] разработан в целях нормативного обеспечения испытаний автоматизированных систем в защищенном исполнении (АСЗИ) на устойчивость к преднамеренным силовым электромагнитным воздействиям (ПД ЭМВ). Применительно к АСЗИ преднамеренные силовые электромагнитные воздействия рассмотрены как фактор угрозы информации в целях ее уничтожения, искажения или блокирования. Стандарт устанавливает общие требования к АСЗИ по устойчивости к ПД ЭМВ, параметры испытательных воздействий, виды испытаний и степени их жесткости, методы и средства испытаний. Стандарт определяет порядок проведения испытаний и критерии оценки качества функционирования АСЗИ.

В целом, проведенный анализ показывает, что за рубежом опубликован в открытой печати и используется комплекс стандартов для военных и гражданских систем по проблеме защиты оборудования, систем и установок от мощных электромагнитных воздействий. В России опубликован стандарт для нормативного обеспечения испытаний автоматизированных систем на преднамеренное воздействие (ПД ЭМВ), а также применяются общие стандарты по ЭМС (защите от молнии).

Стандарты МЭК по электромагнитному импульсу высотного ядерного взрыва в России не приняты и, соответственно, не введены в действие.

4. Предложения

Для решения поставленных задач целесообразно использовать имеющиеся испытательные установки после соответствующей модернизации. В практическом плане данные вопросы предлагается решать на основе создаваемого в настоящее время Комплексного Испытательного Центра (КИЦ) РФЯЦ-ВНИИТФ в г. Истра, предназначенного для испытаний и сертификации высоковольтного электротехнического оборудования.

При проведении испытаний крупногабаритных объектов (что характерно для электроэнергетического оборудования) большое значение имеет удобство их доставки на испытательный полигон и обеспечение необходимой электрической мощности при испытаниях под нагрузкой. Расположение полигона КИЦ недалеко от подстанции «Луч-220 кВ», входящей в состав ПАО «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы», и наличие автомобильных и железнодорожных подъездных путей упрощает как

доставку на эти полигоны крупногабаритного электроэнергетического оборудования, так и проведение испытаний этого оборудования под нагрузкой.

Особый интерес, с точки зрения определения стойкости оборудования к ЭМИ ВЯВ, представляют полигонные испытания на установках ИК «Аллюр» комплекса элементов электрической сети под напряжением и с различными параметрами нагрузки, в том числе и с перегрузкой. Примерная схема комплекса может включать: трансформатор, коммутационную аппаратуру, систему управления, релейную защиту и автоматику, приборы учета на высоком и низком напряжении трансформатора и специальное нагрузочное устройство, позволяющее устанавливать различные параметры нагрузки сети.

Электронное оборудование энергосистем желательно испытывать не в виде отдельных изделий, а в виде системы, включающей несколько электронных устройств, объединенных системой связи между ними, общей системой заземления, общим источником питания, источниками управляющих сигналов и т. п. [1, 2].

По результатам испытаний будут выявляться виды отказов в работе оборудования и аппаратных блоков (потеря работоспособности, пробой электронных компонентов, сбой в работе программного обеспечения и т.д.) и, соответственно, исследоваться, разрабатываться и предлагаться меры по обеспечению их необходимой защитой.

В состав КИЦ входят уникальные установки, зарегистрированные как единицы инфраструктуры уникальных установок Российской Федерации (<http://www.ckp-rgf.ru/usu/73578/>). Эти установки, в добавлении к испытаниям на воздействие ЭМИ ВЯВ (ИК «Аллюр») позволяют также проводить полноценные испытания на стойкость к ЭМИ при разрядах молнии (генератор импульсных напряжений ГИН 6МВ и генератор токов молнии ГИТ 50). Такое сочетание возможностей испытательного оборудования на ЭМС при воздействии ЭМИ при разряде молнии и высотного ЯВ на одном полигоне является уникальным и является большим достоинством.

Развитие системы испытаний заключается в выполнении следующих мероприятий:

- восстановление и модернизация установок «Аллюр С» и «Аллюр М» для испытания крупногабаритных объектов;
- создание компактной установки «Аллюр-П» для испытания малогабаритных объектов;
- ввод в эксплуатацию и сертификация установок;
- разработка национальных стандартов и нормативных документов в области воздействия ЭМИ ЯВ;
- выбор объектов и систем инфраструктуры гражданского назначения для испытания на ИК «Аллюр»;

- разработка программ и методик испытаний объектов инфраструктуры гражданского назначения;
- проведение испытаний электротехнического оборудования и фрагментов электрической сети под напряжением и с различными параметрами нагрузки, в том числе и с перегрузкой;
- разработка современных защитных средств для объектов инфраструктурных систем от воздействия ЭМИ естественного и искусственного происхождения на основе экспериментальных исследований;
- проведение испытаний электротехнического оборудования и фрагментов электрической сети с устройствами защиты;
- совершенствование стандартов РФ для нормативного обеспечения испытаний объектов инфраструктурных систем на воздействие грозовых перенапряжений и ЭМИ ВЯВ;
- рекомендации по применению разработанных средств и методов для обеспечения электромагнитной совместимости объектов инфраструктурных систем при воздействии ЭМИ техногенного (ВЯВ) и природного (разряд молнии) характера.

5. Ожидаемые результаты

При реализации указанных мероприятий появляется возможность создания целостной системы, включающей:

- центр компетенций, осуществляющий фундаментальные и прикладные исследования в сфере обеспечения устойчивости инфраструктурных систем экономики России к воздействию ЭМИ естественного и искусственного происхождения и формулирующий научно обоснованные требования к защитным мерам и устройствам;
- испытательный полигон для испытания образцов электротехнического оборудования, комплексов электротехнического оборудования (работающих в разных режимах нагрузки) на воздействие ЭМИ естественного и искусственного происхождения;
- центр разработки защитных мер и защитных устройств микропроцессорных элементов электротехнического оборудования от воздействия ЭМИ естественного и искусственного происхождения;
- межведомственную группу по разработке стандартов по тематике электромагнитного импульса высотного ядерного взрыва и испытаний устройств защиты от импульсных помех, вызываемых электромагнитным импульсом высотного ядерного взрыва, на основе стандартов МЭК серии 61000;

- испытательную лабораторию по экспериментальным исследованиям эффективности защитных мер и защитных устройств микропроцессорных элементов электротехнического оборудования;

- орган по сертификации защитных устройств микропроцессорных элементов электротехнического оборудования от воздействия ЭМИ естественного и искусственного происхождения.

Список литературы

1. Швец Н.Н., Орлов А.И., Сысоев В.С., Лепёхин Н.М., Басов Е.В. Об энергетической безопасности России в условиях воздействия электромагнитного импульса высотного ядерного взрыва // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. - 2020. – Т. 16, №11. – С. 2036 – 2059.<https://doi.org/10.24891/ni.16.11.2036>
2. В.И. Гуревич. Защита оборудования подстанций от электромагнитного импульса. М., Инфа-Инженерия, 2016, 302 с.
3. Зарубежные военные стандарты в области ЭМС/Кечиев Л.Н., Балюк Н.В./Под редакцией Л.Н. Кечиева – М.: Грифон, 2014.-448 с.-(Библиотека ЭМС).
4. ГОСТ Р 52863-2007. Защита информации. Автоматизированные системы в защищенном исполнении. Испытания на устойчивость к преднамеренным силовым электромагнитным воздействиям. Общие требования.

Авторы:

Швец Николай Николаевич – советник директора, доктор экономических наук, ФГУП «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно – исследовательский институт технической физики им. академ. Е.И. Забабахина» (РФЯЦ-ВНИИТФ), г.Истра, Россия, тел.: 8(910)440-70-38

Басов Евгений Валерьевич – главный специалист, кандидат технических наук, Всероссийский электротехнический институт (ВЭИ) – филиал ФГУП «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно – исследовательский институт технической физики им. академ. Е.И. Забабахина» (ВЭИ - филиал РФЯЦ-ВНИИТФ), г. Москва, Россия, тел.: 8(903)1546651

Орлов Александр Иванович – научный сотрудник, кандидат технических наук, ФГУП «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно – исследовательский институт технической физики им. академ. Е.И. Забабахина» (РФЯЦ-ВНИИТФ), г. Истра, Россия, тел.: 8 963 993 4772

Сысоев Владимир Степанович – начальник группы, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ФГУП «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно – исследовательский институт технической физики им. академ. Е.И. Забабахина» (РФЯЦ-ВНИИТФ), г. Истра, Россия, тел.: 8(903)1546651, email: v.s.sysoev@vniitf.ru.

Сухаревский Дмитрий Иванович – старший научный сотрудник, ФГУП «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно – исследовательский институт технической физики им. академ. Е.И. Забабахина» (РФЯЦ-ВНИИТФ), г. Истра, Россия, тел.: 8 963 993 4772

Лепёхин Николай Михайлович – начальник отдела, кандидат технических наук, ФГУП «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно – исследовательский институт технической физики им. академ. Е.И. Забабахина» (РФЯЦ-ВНИИТФ), г. Истра, Россия, тел.: 8(910)440-70-38, email: n.m.lepehin@vniitf.ru

Кузнецов Юрий Александрович – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, Всероссийский электротехнический институт (ВЭИ) – филиал ФГУП «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно – исследовательский институт технической физики им. академ. Е.И. Забабахина» (ВЭИ - филиал РФЯЦ-ВНИИТФ), г. Москва, Россия, тел.: 8(916)8765354

Наумова Мария Юрьевна – инженер, ФГУП «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно – исследовательский институт технической физики им. академ. Е.И. Забабахина» (РФЯЦ-ВНИИТФ), г. Истра, Россия, тел.: 8 963 993 4772