

УДК 621.396.61

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ОБСТАНОВКА ЭНЕРГБЛОКОВ АЭС

к.т.н. ГЕРАСИМЧУК О.А., КРЮКОВ А.В., ПРИХОДЧЕНКО А.Н., САРЫЛОВ О.В.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова» (Москва, Российская Федерация)

Аннотация. Рассматриваются характеристики оборудования и систем, эксплуатируемых на энергоблоках современных атомных электростанций, полученные в результате обследования электромагнитной обстановки. Проведен анализ на протяжении длительного времени электромагнитных помех, характерных для эксплуатации энергоблока на мощности.

Ключевые слова: АЭС, энергоблок АЭС, испытания, измерения, электромагнитная совместимость, технические средства

ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENT OF NUCLEAR POWER PLANT UNIT

OLEG.A. GERASIMCHUK, ANTON.V. KRYUKOV, ALEXANDER.N. PRIKHODCHENKO,
OLEG.V. SARYLOV

*The Federal State Unitary Enterprise Dukhov Automatics Research Institute
(Moscow, Russian Federation)*

Abstract. Characteristics of modern nuclear power plant units equipment collected during the examination of electromagnetic environment are considered. Analysis of testing for electromagnetic compatibility of equipment in typical state for an operating NPP unit for a long period of time is carried out.

Keywords. NPP, NPP unit, testing, measurement, electromagnetic compatibility, technical devices

Безопасность и экономичность эксплуатации крупных электроэнергетических объектов в большой степени зависит от характеристик и надежности используемого оборудования и систем. Для управления технологическими процессами повсеместно используются современные электронные элементы на базе микропроцессорной техники, работающих на частотах до десятков ГГц с малыми передаваемыми потенциалами напряжения. Эксплуатация микропроцессорной техники систем контроля и управления (СКУ) в условиях мощных электрических и магнитных полей природного и техногенного происхождения является характерной особенностью современной электроэнергетики, в частности энергоблоков АЭС.

Современный энергетический объект представляет собой разветвленную сеть энергонапряженных зданий, сооружений, электрических станций и подстанций с напряжениями от 0,1 В до 750 кВ.

Одной из важнейших задач, которую необходимо решать для обеспечения безопасности и надежности эксплуатации объектов электроэнергетики является проблема снижения влияния промышленных электромагнитных воздействий (обеспечение электромагнитной совместимости) на нормальное функционирование используемых систем контроля и управления (СКУ) и, в свою очередь, снижение помехоэмиссии от них в окружающее пространство и линии связи. Электромагнитные воздействия обусловлены естественными и искусственными явлениями и воздействуют на технические средства, в т.ч. на СКУ, путем излучения в пространстве размещения технических средств и кондуктивным путем по проводам и кабелям питания, ввода-вывода сигналов и заземления.

Опыт эксплуатации отечественных и зарубежных объектов электроэнергетики показывает, что в условиях возникающих электромагнитных воздействий возможны нарушения режимов эксплуатации, сопровождаемые несанкционированными остановами энергоблоков или нарушениями условий нормальной эксплуатации АЭС.

Устойчивость СКУ к электромагнитным воздействиям в зависимости от назначения и влияния на безопасность АЭС установлена в национальном стандарте для АЭС [1]. С ним гармонизированы соответствующие зарубежные стандарты [2].

Необходимость проведения мониторинга электромагнитной обстановки (ЭМО) возникает в следующих случаях [3]:

При возникновении электромагнитных наводок в цепях связи, управления, электропитания, которые приводят к сбоям и отказам функционирования систем СКУ, что в свою очередь приводит к остановам энергоблока или его разгрузке.

При проектировании нового энергоблока АЭС на этапе выбора площадки.

При проведении пусконаладочных работ на вновь вводимом энергоблоке АЭС для подтверждения характеристик его электромагнитной обстановки в помещениях размещения СКУ, назначенных Главным проектировщиком.

При модернизации и продлении ресурса СКУ на уже эксплуатируемых энергоблоках, когда необходимо проведение категорирования помещений для отнесения их к категории помещений с легкой, средней, жесткой ЭМО и определении степени жесткости испытаний к электромагнитным воздействиям.

В настоящее время формально не установлена классификация ЭМО для мест размещения на АЭС с различными типами реакторов, хотя и имеются несистематизированные измерения параметров ЭМО, выполненные в основном ИЦ НПЦ ИТ ФГУП на энергоблоках российских АЭС.

Целью работ является:

- оценка принадлежности помещений с установленным оборудованием к определенному классу жесткости по электромагнитной обстановке (классификация);
- оценка уровня помех в кабельных линиях (кабели сигнальные, управления, ввода/вывода, интерфейса);
- анализ качества сети надежного электропитания (постоянного и переменного напряжения);
- определение запасов по уровню помех различного вида в помещениях с оборудованием - СКУ и оценка их влияния на устойчивость.

Как правило, окружающая ЭМО для оборудования различного назначения принимается условно по критериям, приведенным в [1].

Для определения параметров реальной электромагнитной обстановки проводят специальные измерения как на работающих на мощности, так и на остановленных энергоблоках АЭС в период ППР.

При обследовании реальной ЭМО определяется уровень и возможные источники возникновения промышленных помех; проводится оценка соответствия параметров ЭМО значениям, установленным в нормативной документации для различных отраслей промышленности; разрабатываются технические мероприятия по снижению уровней помех (если это возможно на действующем объекте) до нормируемых значений.

Степень жесткости устанавливается по признакам технического выполнения объекта. При этом количественные параметры обстановки, такие как напряженность электрического, магнитного или электромагнитного полей, не указываются. Если присутствуют признаки разных видов обстановки, то считается, что обстановка относится к виду более жесткой. Признаки жесткости соответствуют следующим уровням ЭМО, перечисленным в [1]: легкая, средняя, жесткая, крайне жесткая.

По опыту проведения мониторингов на работающем энергоблоке организационно просто проводить мониторинг радиочастотных полей и магнитных полей (промышленной частоты и импульсных) даже без вывода обследуемых систем из работы в штатном режиме в режим работы на сигнал. Достаточно соблюдать осторожность и не прикасаться к работающему оборудованию СКУ.

Также при работе энергоблока на мощности возможно проведение измерений радиочастотных наводок в линиях связи и электропитания, а также параметров сети надежного электропитания при помощи разъемных бесконтактных датчиков помех индуктивного или емкостного типа. Возможен вывод СКУ в режим работы на сигнал, но возможна также и работа в штатном режиме, что определяется требованиями безопасности для каждой системы.

Измерения контактными методами при помощи измерительных проводов или радиочастотных щупов желательнее проводить в период ППР или же при обязательном выводе обследуемой стойки СКУ в режим работы на сигнал, чтобы возможные отклонения в ее работе не повлияли на режим работы реактора в целом.

Наиболее характерные виды электромагнитных помех, зафиксированные при мониторинге ЭМО на различных энергоблоках АЭС приведены ниже.

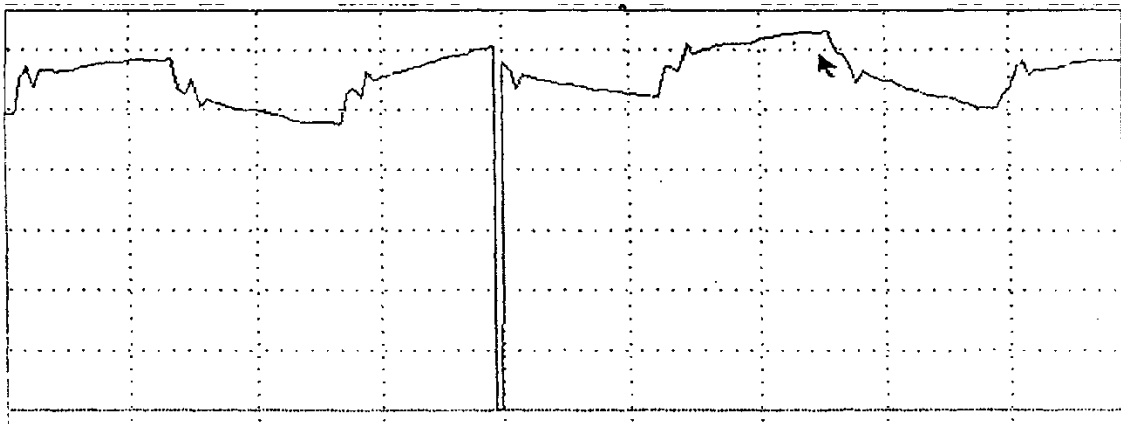


Рис. 1. Колебания и прерывания напряжения питания постоянного тока на ОРУ-750.

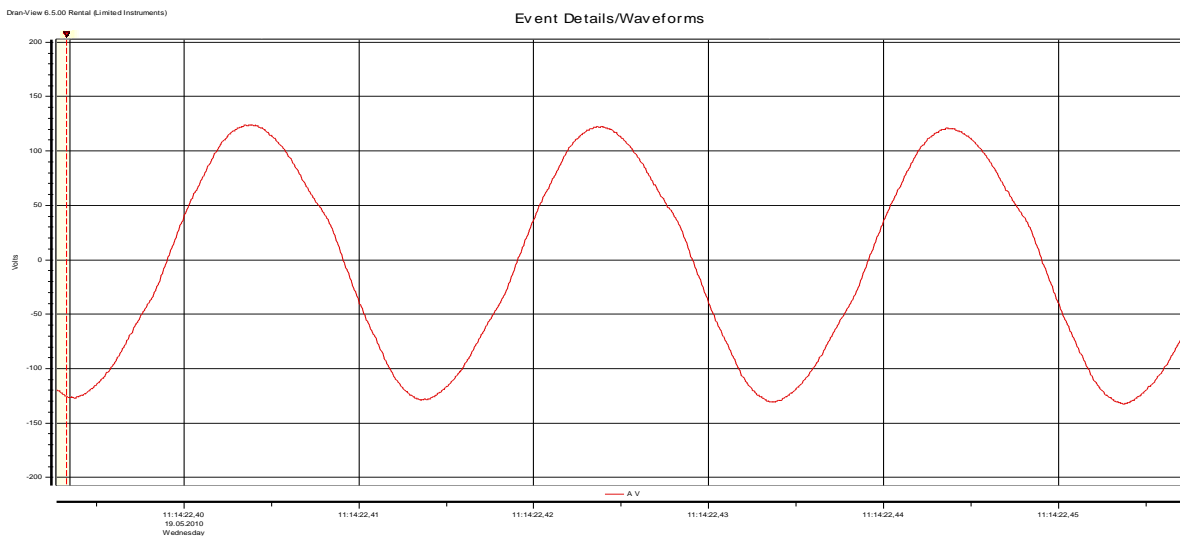


Рис. 2. Типичная осциллограмма напряжения входного электропитания.

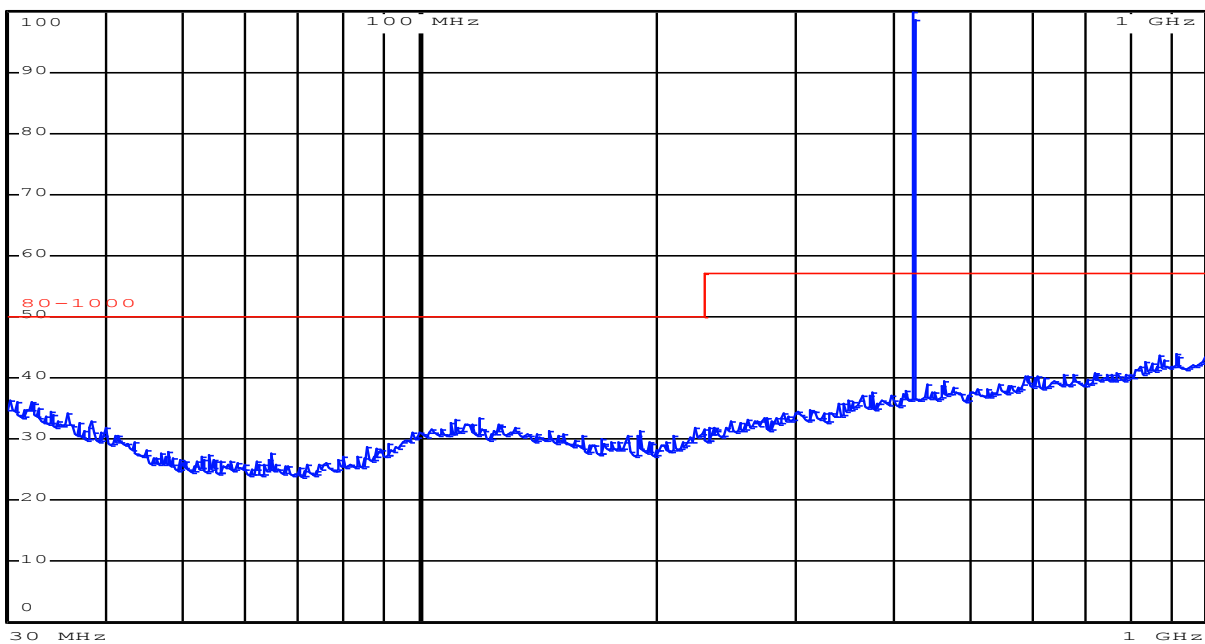


Рис. 3. Радиочастотное поле в диапазоне 0,03 – 1 ГГц по ГОСТ 30805.22 на расстоянии 3 м в режиме передачи ДЕСТ устройства.

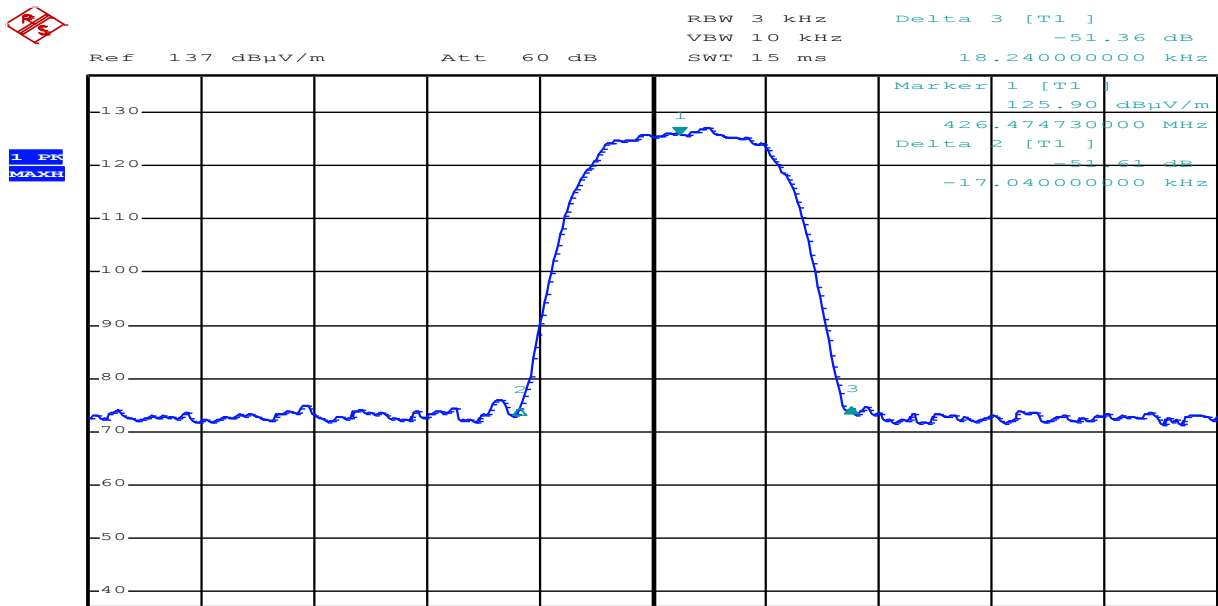


Рис.4. Определение уровней излучения на рабочих частотах ДЕСТ устройства на расстоянии 3м. При увеличении измерительного расстояния до 10 м происходит снижение примерно на 10 дБ, а при уменьшении до 1 м увеличение на ту же величину.

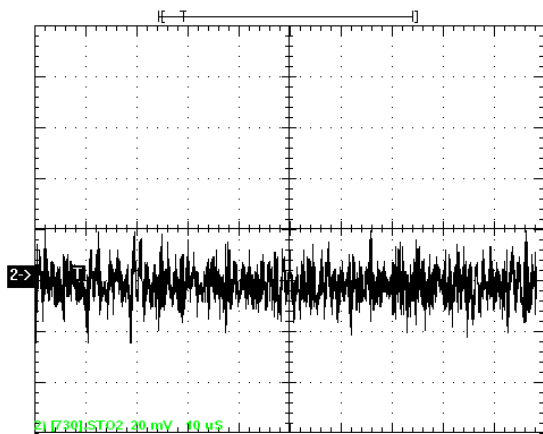


Рис. 5. Питание постоянного тока. ВЧ наводки при дребзге контактов реле

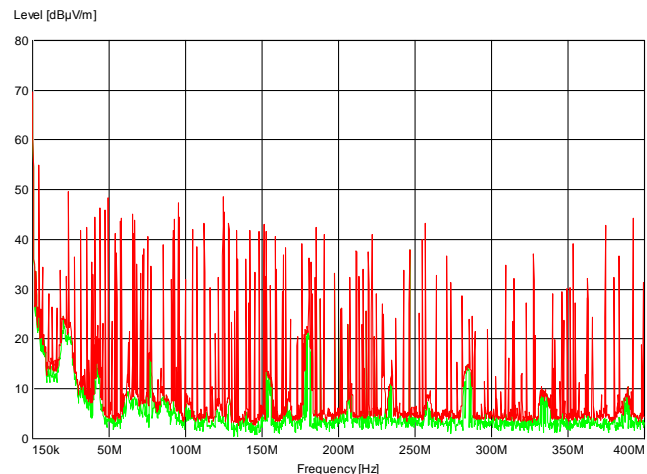


Рис. 6. Наведенное радиочастотное напряжение в кабеле связи при дребзге контактов реле

Практически все линии связи, сеть питания постоянного и переменного тока несут в себе высокочастотные помехи в диапазоне 100-400 кГц. Однако, если для линий питания они в целом безопасны ввиду высокой амплитуды действующего напряжения, то для линий связи они могут быть более критичны, т.к. по ним передаются сигналы невысокой амплитуды 1-5 В и дополнительная постоянная составляющая помехи суммирующаяся в инерционном измерительном органе защиты суммируются и приводят к завышению сигнала до порога срабатывания.

Для всех обследуемых помещений характерны низкочастотные помехи 20 кГц напряженностью до 4,5 В/м, характерными для галогенных ламп со стартерами, которые являются причиной помех. Замена ламп на бесстартерные или светодиодные позволят понизить поле как минимум на порядок.

Характерные зафиксированные частоты радиочастотного поля 50-150, 420-450, 900, 1800 МГц, которые характерны для как для работы промоборудования, так и работы радиопередающих устройств, таких как: радиотелефоны, портативные радиостанции, устройства радиосвязи, телевидение, сотовые телефоны, в соответствии со стандартом

ГОСТ 30804.4.3 не превышают испытательных напряженностей 10 В/м, которыми испытывается важное для безопасности оборудование СКУ. Однако, более близкое расположение излучающих устройств приводит к превышению максимальных испытательных значений, что зачастую небезопасно и должно служить ограничением для проектировщиков.

Измеренные параметры сети надежного питания показывают, что суммарная несинусоидальность в штатных режимах без силовых переключений составляет не более 5% от общей несинусоидальности, отсутствуют импульсные наведенные помехи и напряжения, колебания частоты сети электропитания, что говорит об удовлетворяющих проектной и технической документации требованиях сети надежного питания. Однако, сеть надежного питания внешних объектов, таких как ОРУ, характеризующего разветвленной сетью, обычно менее стабильна.

Магнитные поля промышленной частоты и импульсные обычно невелики в помещениях размещения оборудования СКУ (десятки А/м), но вблизи силового оборудования, а особенно в помещениях размещения систем возбуждения турбоагрегатов составляют 500-600 А/м.

По результатам проведенных мониторингов ЭМО с 2000 по 2019 года на протяжении длительного времени становится ясно, что их целесообразно проводить с периодичностью не менее, чем раз в пять лет при работе энергоблока на мощности для подтверждения неизменности условий эксплуатации и степени жесткости ЭМО, чтобы исключить ее влияние на старение электронной аппаратуры.

На настоящий момент назрела настоятельная необходимость актуализации нормативных документов [1] и [3], т.к. они были разработаны почти 10-лет назад и содержат устаревшие стандарты электромагнитной совместимости и диапазоны частот, что мешает внедрению передовых технологий на энергоблоках АЭС, например, WiFi, рабочие частоты которого выше, чем упомянутые в [1] и [3] 2 ГГц. Складывается парадоксальная ситуация, когда оборудование, в т.ч. производства ФГУП «ВНИИА», поставляемое на объекты традиционной энергетики испытываются на устойчивость к радиочастотному полю до 6 ГГц, а на объекты использования атомной энергии только до 2 ГГц, что затрудняет их внедрение. Аккредитованный испытательный центр ФГУП «ВНИИА» в инициативном порядке проводит испытания на частоты до 6 ГГц стоек управления АСУ ТП – ТПТС. Видится целесообразным перевыпуск межгосударственного стандарта [1], включенного в сводный перечень документов по стандартизации Госкопкорации «Росатом», в форме модифицированного стандарта с учетом современных требований [4] применительно к условиям использования оборудования СКУ АЭС РФ и ЕврАзЭС с учетом требований федеральных норм и правил в области использования атомной энергии.

Список литературы

- 1 ГОСТ 32137-2013. Совместимость технических средств электромагнитная. Технические средства для атомных станций. Требования и методы испытаний. Введ. 2014-01-01. – М.: Росстандарт, 2014. 32 с.: УДК 621.311.25.001.4:006.354.
- 2 Сарылов В.Н., Сарылов О.В. Сопоставимость нормативных требований по электромагнитной совместимости оборудования систем важных для безопасности при взаимной поставке на зарубежные и российские атомные станции. // Сборник докладов. Международная научно-техническая конференция Датчики и системы - 2005 «ДиС-2005», 6-10 июня 2005г. – Пенза:, 2005. – с. 356–372.
- 3 РД ЭО 1.1.2.25.0943-2013. Требования к обеспечению электромагнитной совместимости систем контроля и управления атомных станций. Введ. 2014–01–22. – М.: 127 стр.
- 4 IEC 62003-2020 “Nuclear Power Plants – Instrumentation, Control and Electrical Power Systems – Requirements for Electromagnetic Compatibility Testing”. Введ. 2020-03. Женева. 38 стр.