

ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ НА ВНОВЬ ПОСТРОЕННЫХ ПОДСТАНЦИЯХ

АВТОР:

КАЗАКОВА Т.Ю.,
ОАО «ЦИУС ЕЭС»

Из-за появления импульсных электромагнитных помех в цепях питания приводов коммутационных аппаратов могут происходить серьезные технологические нарушения в работе энергообъектов. Анализ причин

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, технологические нарушения, электромагнитные помехи, микропроцессорная техника, строительство подстанций.

произошедших нарушений показал, что дефекты обеспечения электромагнитной совместимости обычно являются следствием ошибочных проектных решений, в основном касающихся компоновки оборудования, зданий и сооружений.



Надежность работы оборудования на современных подстанциях зависит от электромагнитной обстановки подстанции

ВВЕДЕНИЕ

С 2008-го, года основания ОАО «ЦИУС ЕЭС» — было построено и реконструировано более ста электроподстанций ОАО «ФСК ЕЭС» класса напряжения 220 кВ и выше при участии ОАО «ЦИУС ЕЭС» как инжиниринговой компании в качестве заказчика — застройщика строительства.

Естественно, при строительстве и реконструкции подстанций применялось самое современное оборудование, включая микропроцессорную технику.

По мере ввода в работу вновь построенных (и реконструированных) подстанций стал нарабатываться опыт эксплуатации как отдельных единиц оборудования, так и объектов в целом.

Как показывает инженерный опыт многих поколений, любой новый механизм (машина, оборудование) в начале своей работы проходит «приработочный» период, этот период характеризуется выявлением скрытых (неявных) дефектов как самого механизма или его частей, так и недостатков монтажа, наладки, программных ошибок или конфликтов.

В данной статье обсуждаются ситуации, в которых при эксплуатации вновь построенных или реконструированных подстанций класса напряжения 500 кВ выявились технологические нарушения, вызванные недостаточно обеспеченной электромагнитной совместимостью.

Следует отметить, что упоминаемые в статье случаи проблемной ЭМС — единичные, они являются следствием случайного наложения нескольких влияющих факторов. Но знание видов технических решений, которые

могут при определенных обстоятельствах вызвать нарушение нормальной работы электро сетевого объекта, необходимо для предотвращения повторения таких явлений.

Всё оборудование и сооружения подстанции — силовое (высоковольтное) оборудование, вторичные системы, коммуникации, вспомогательные здания и сооружения — должны функционировать как единый комплекс, обеспечивая надежную работу по передаче (транспорту, трансформации) электроэнергии.

Из-за имеющихся сложных взаимосвязей отдельных частей объекта, оборудования — как напрямую электрически связанного, так и подверженного взаимному электромагнитному влиянию — учесть или рассчитать все возможные мешающие влияния (помехи) достаточно сложно.

Как показала практика эксплуатации вновь построенных и реконструированных объектов (подстанций), проблемы электромагнитной совместимости (а, точнее, несовместимости) свойственны открытым распределительным устройствам (ОРУ) класса 500 кВ.

Анализ выявленных технологических нарушений и условий их возникновения показал, что эти случаи (нарушения, инциденты) можно было предотвратить (не допустить) на этапе проектирования открытого распределительного устройства (ОРУ) при более тщательном и согласованном выборе технических решений, разрабатываемых в различных разделах проектной документации (ПД).

"CoroCAM 6D" —



оптимальное средство для UV диагностики всех типов РУ, электрооборудования электростанций, ЛЭП.

"CoroCAM 8" —

средство комплексной диагностики, объединяющее тепловизор и ультрафиолетовый дефектоскоп в одном корпусе.



Мы предлагаем комплексные решения для диагностики объектов электроснабжения.

Это:

- Уникальные приборы
- Сертификация и обучение персонала
- Методики диагностики
- Метрологические услуги, которые оказывает лаборатория компании "ПАНАТЕСТ", осуществляя первичную и периодическую поверку тепловизионных приборов и оптических ультрафиолетовых дефектоскопов.

реклама

ИНФОРМАЦИЯ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ (ЭМС)

ЭМС – это характеристика оборудования или систем на способность взаимно противостоять соответствующим электромагнитным излучениям. МЭС 161-01-07, ЭМС – это способность прибора или системы удовлетворительно функционировать в своём электромагнитном окружении без внесения недопустимых электромагнитных помех чему-нибудь в этом окружении.

В ЕС был принят целый ряд директив, устанавливающих обязательность выполнения требований ЭМС. Таким образом, в основе Механизм регулирования в области ЭМС, введенный в странах ЕС основывается на трех составных частях:

- законодательный акт, устанавливающий обязательность соблюдения требований ЭМС;
- стандарты, устанавливающие требования ЭМС;
- подтверждение соответствия технических средств требованиям этих стандартов.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ОБСТАНОВКА НА ПОДСТАНЦИИ

Устойчивая надежная работа подверженного электромагнитному влиянию вторичного оборудования и систем связи возможна только при условии создания на объекте электромагнитной обстановки (ЭМО), при которой уровни электромагнитных воздействий всех видов не превышают допустимых для каждого конкретного устройства значений электромагнитного воздействия. При этом условия обеспечения ЭМС должны быть выполнены для всех систем, которые подвергаются действию электромагнитных помех.

Технические решения по обеспечению электромагнитной совместимости разрабатываются в составе проектной документации, принятые проектные решения прорабатываются в рабочей документации для реализации этих решений при выполнении:

- компоновки зданий, оборудования и сооружений подстанции;
- заземляющего устройства;
- системы молниезащиты;
- кабельной канализации;
- системы оперативного постоянного тока;
- других частей и систем объекта при наличии такой необходимости.

Наиболее важное значение имеет компоновка, и неудачные решения по компоновке практически невозможно изменить впоследствии, после завершения строительства.

Проектные решения при компоновке оборудования, зданий и помещений позволяют обеспечить

благоприятную ЭМО за счет снижения уровня воздействий высоких напряжений и токов промышленной частоты, электромагнитных полей и импульсных помех на вторичное оборудование; проработанные решения позволяют снизить затраты на применение дополнительных мероприятий по защите от электромагнитных воздействий. Самое значительное влияние оказывают следующие факторы.

Это выбор места расположения зданий оперативного пункта управления (ОПУ), релейного щита (РЩ), главного щита управления (ГЩУ), расположения автотрансформаторов (АТ), трансформаторов (Т), реакторов на территории подстанции, особенно при наличии нескольких распределительных устройств (РУ) разного класса напряжения. Снижение уровней воздействия напряжений промышленной частоты на вторичное оборудование при КЗ на землю достигается размещением зданий РЩ между РУ различного напряжения, применением для каждого РУ отдельного РЩ, расположенного вблизи РУ, или применением распределенных РЩ на несколько присоединений одного напряжения.

Пространственное удаление силового оборудования от вторичного оборудования – самое эффективное решение по снижению уровней электромагнитных полей. Если при компоновке объекта не приняты проектные решения по размещению источников электромагнитных полей и вторичного оборудования на безопасное расстояние, то необходимо применять дополнительные мероприятия по экранированию вторичного оборудования. Также учитываются взаимное расположение и расстояния от токоограничивающих реакторов и шин первичного оборудования, которые являются источниками сильных магнитных полей промышленной

Несоблюдение нормативных требований на этапе проектирования порождает проблемы электромагнитной совместимости оборудования подстанций



частоты, до помещений, в которых расположено вторичное оборудование и устройства связи.

При компоновке оборудования и выборе трасс прокладки вторичных кабелей следует располагать кабельные трассы так, чтобы участки, параллельные системам шин, протяженным участкам ошиновки ячеек, заходам ЛЭП, располагались как можно дальше от первичных цепей. Снижение уровней импульсных помех достигается при расположении кабельных трасс перпендикулярно наиболее протяженным участкам ошиновки. В первую очередь кабельные трассы следует удалять от участков ошиновки, подвешенных наиболее низко.

Расположение антенных мачт и стержневых молниеотводов вблизи зданий РЩ, ОПУ, ГЩУ не рекомендуется, так как при ударе молнии возможно появление сверхвысоких потенциалов и токов, а также высокий уровень импульсных магнитных полей. Оптималь-

ное расположение молниеотводов по отношению к кабельным трассам, зданиям и сооружениям, в которых установлено вторичное оборудование, позволяет удалить источник электромагнитного возмущения от подверженных влиянию вторичных цепей и устройств.

Уровни наведенных электромагнитных импульсных помех при ударах молнии в молниеотводы, коммутациях силового оборудования и коротких замыканиях (КЗ) в первичных цепях зависят как от расположения трассы прокладки вторичных кабелей по отношению к первичным цепям и молниеотводам, так и от типа кабельной канализации (лотки, каналы, тоннели) и типа применяемых кабелей (с экраном, металлической оболочкой, броней). При прокладке кабелей, относящихся к системам, которые должны соответствовать условиям ЭМС, по территории РУ необходимо применять кабели с экраном, металлической оболочкой или броней. Применение

неэкранированных кабелей должно быть обосновано специальным расчетом.

Условия электромагнитной совместимости должны быть выполнены для всех видов (по назначению) вторичных кабелей. Силовые кабели и кабели с цепями управления, измерения и сигнализации прокладываются по разным трассам. При необходимости применяются дополнительные мероприятия, такие как:

- применение кабелей с более высоким коэффициентом экранирования;
- применение кабельных лотков, обеспечивающих дополнительное экранирование (с встроенной сеткой или цельнометаллические);
- прокладка кабелей в трубах, бронешлангах;
- размещение ниже поверхности земли (в кабельных каналах,

- тоннелях), наибольший эффект достигается при прокладке кабелей ниже заземлителей;
- использование специальных кабельных трасс, проходящих в обход РУ или перпендикулярно ошиновке, для отдельных цепей (локальная компьютерная сеть, интерфейсы связи пожарной сигнализации, цепи технологического видеонаблюдения).

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭМС В ПРОЕКТЕ

В настоящее время при разработке проектной документации (ПД) на строительство (реконструкцию) подстанции предусматривается специальный раздел по обеспечению ЭМС, в котором предлагаются основные решения, касающиеся компоновки оборудования, зданий и сооружений, заземляющего устройства, молниезащиты, кабельной канализации и др. Для разработки раздела ЭМС, как правило, привлекается специализированная организация. Все решения и рекомендации раздела ЭМС должны быть, в свою очередь, учтены в соответствующих разделах ПД, — и это уже ответственность генерального проектировщика.

При разработке рабочей документации (РД) прорабатываются детально все решения, с учетом решений по ЭМС. Во время строительства осуществляется авторский надзор за исполнением принятых проектных решений.

После окончания строительства, на этапе приемо-сдаточных

испытаний, как правило, проводятся инструментальная проверка электромагнитной обстановки (ЭМО) на электросетевом объекте (подстанции) и проверка выполнения основных (проектных) мероприятий. При неудовлетворительных результатах такой проверки (если ЭМО превышает допустимые уровни или не выполнены основные мероприятия) специализированной организацией разрабатываются дополнительные мероприятия для конкретных условий. Обычно это прокладка дополнительных заземляющих проводников, мероприятия по экранированию, а также защите подверженных электромагнитному влиянию вторичных устройств от импульсных помех — установка устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП).

Таким образом, мероприятия для обеспечения ЭМС условно можно разделить на основные и дополнительные. Основные мероприятия — это рекомендованные технические решения, унифицированные для всех объектов (подстанций). Дополнительные мероприятия разрабатываются в случае, когда после выполнения основных не обеспечен должный уровень ЭМС; эти мероприятия индивидуальны для каждого объекта.

Как правило, специализированная организация привлекается в качестве субподрядчика основным исполнителем работ — генеральным проектировщиком и/или строительско-монтажной организацией, заинтересованной в минимизации издержек, что приводит зачастую к получению формальных теоретизированных отчетов в части ЭМС, мероприятия из которых не всегда реализуются на конкретном объекте. В свою очередь это приводит к «размытию» ответственности за обеспечение ЭМС: каждый участник выполняет свою часть работы, а в конечном итоге непре-

рывного контроля за выполнением всех требуемых мероприятий нет, дефекты выявляются на конечном этапе, при приемо-сдаточных испытаниях, когда и средства потрачены, и сроки «поджимают». В таких случаях дополнительные мероприятия подрядчик должен разрабатывать и выполнять за свой счет, а также нести ответственность за нарушение сроков.

ПРИЧИНЫ НАРУШЕНИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

Возвращаясь к основной теме статьи, следует отметить, что регулярной статистики по выявлению нарушений ЭМС на вновь построенных электросетевых объектах не ведется, работа по анализу отмеченных в статье случаев была выполнена из-за необходимости определения «виновника» технологических нарушений, зафиксированных в установленном ОАО «ФСК ЕЭС» порядке.

Суть технологических нарушений была в следующем: при коммутациях силового оборудования во вторичных цепях появлялись наведенные электромагнитные помехи, превышающие допустимый уровень. Причем операции с коммутационными аппаратами могли быть как плановыми (с подготовленным режимом), так и внеплановыми. Появление электромагнитных помех такого уровня, который приводил к ложным отключениям автоматов питания приводов оборудования, было эпизодическим, что говорит о случайности процесса наложения влияющих факторов.

После анализа произошедших технологических нарушений, выезда на объекты, консультаций со специализированными по ЭМС

Проблемы электромагнитной совместимости особенно серьезны для подстанций 500 кВ и выше.



организациями, были определены основные причины, которые привели к данным нарушениям:

1. Проектные решения по выбору оборудования и сооружений ОРУ 500кВ. Было спроектировано и построено распределительное устройство с применением пониженных порталов 500 кВ. В 70-80-е годы прошлого столетия отраслевым проектным институтом ЭНЕРГО-СЕТЬПРОЕКТ были разработаны типовые решения с целью удешевления строительства ОРУ за счет применения пониженных порталов 500 кВ, т.е. подвеска провода 500 кВ приближена к поверхности земли, что с точки зрения ЭМС существенно ухудшает ЭМО, величина электромагнитного влияния (помехи) возрастает. Проблемы ЭМС в то время не были актуальны по причине отсутствия микропроцессорной техники на подстанции. Такие решения в настоящее время применять недопустимо, так как усиливается негативное

электромагнитное влияние шин высокого напряжения.

2. Компоновка ОРУ 500 кВ. Не было учтено взаимное расположение источников электромагнитных помех (проводов и шин высокого напряжения) и подверженных электромагнитному влиянию электрических цепей и устройств (контрольные кабели, кабели питания и др). В результате на вновь построенном ОРУ 500 кВ образовались участки (длиной до 0,8 км), на которых параллельно, прямо над кабельными лотками проходят шины и заходы линий электропередачи 500 кВ, что вызывает появление наведенных электромагнитных помех в кабелях, проложенных в кабельных лотках, как в нормальном режиме работы энергообъекта, так и при возникновении внештатных ситуаций.

3. Выбор применяемых кабелей. Кабели питания электроприводов коммутационных аппаратов в ряде случаев были применены неэкрани-

рованные. Нормы об обязательности экранирования всех подверженных электромагнитному влиянию цепей появились только в 2010 году, а проектная документация разрабатывалась раньше этого времени.

В 2010 году был выпущен стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.240.044-2010 «Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства», в котором достаточно подробно рассмотрены аспекты обеспечения ЭМС при проектировании объектов электросетевого хозяйства. До выхода этого документа использовались РД 34.20.116-93 «Методические указания по защите вторичных цепей ЭС и ПС от импульсных помех», которые не были ориентированы на проектирование.

Следует отметить, что выполнение всех рекомендаций указанного СТО при проектировании и разработке рабочей документации (в части ком-

ИНФОРМАЦИЯ

ИЗ «СТАНДАРТА
ОАО «ФСК ЕЭС» СТО
56947007-29.240.043-2010

- Разработка проектных решений по обеспечению ЭМС вторичного оборудования (ТС) и систем связи должна быть выполнена в соответствии с «Нормами технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ».
- Для обеспечения ЭМС ТС при разработке проекта следует осуществить:
 - сбор исходных данных
 - расчетную оценку уровней электромагнитных воздействий на вторичное оборудование и системы связи;
 - сопоставление рассчитанных уровней электромагнитных воздействий с уровнями помехоустойчивости вторичного оборудования и устройств связи;
- Наибольший возможный уровень всех видов электромагнитных воздействий (с учетом погрешности расчетов и измерений) должен быть ниже уровня помехоустойчивости вторичного оборудования и систем связи.

поновки объекта, ЗУ, молниезащиты, кабельной канализации, СОПТ, выбора класса жесткости для вторичных устройств) позволит обеспечить ЭМС на должном уровне и не разрабатывать для объекта индивидуальных дополнительных мероприятий, выполнение которых приводит к затягиванию сроков и удорожанию.

Таким образом, три ошибки проектирования — пониженная подвеска провода высокого напряжения, участки близости и параллельности проводов высокого напряжения и подверженных влиянию кабелей, а также незащищенность самого кабеля — создали предпосылки возникновения опасных уровней электромагнитных помех.

В дополнение к вышесказанному приведем перечень вторичных систем, цепи которых должны быть защищены от электромагнитного влияния [в соответствии с [1]]:

- релейная защита;
- электроавтоматика: противоаварийная и автоматическое регулирование;
- автоматизированная система управления технологическим процессом;
- автоматизированная система диспетчерского управления;
- система сбора и передачи информации;
- автоматизированная система контроля, учета и управления электропотреблением;
- противопожарная система;
- охранная сигнализация;
- видеонаблюдение;
- система оперативного постоянного тока;
- электроснабжение переменным током на напряжении 0,4 кВ;
- система управления и сигнализации вспомогательного оборудования;

- система диагностики силового оборудования;
- система связи.

ВЫВОДЫ

1. Несмотря на достаточную изученность явлений электромагнитной совместимости, при строительстве и реконструкции подстанций допускаются ошибки, приводящие к нестабильности в работе электросетевого объекта.
2. Основными ошибками проектирования являются недостаточная проработка компоновки энергообъекта, несоблюдение требований и рекомендаций по ЭМС.
3. Из-за позднего выявления возможных опасных электромагнитных помех (после полной готовности объекта и ввода его в эксплуатацию) возникает необходимость разработки дополнительных индивидуальных мероприятий.
4. При соблюдении норм и рекомендаций по ЭМС при проектировании подстанции ЭМС будет обеспечена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.240.044-2010 «Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства».
2. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.130.15.114-2012 «Руководящие указания по проектированию заземляющих устройств подстанций напряжением 6-750 кВ». Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике: учебник для вузов / А.Ф. Дьяков, Б.К. Максимов, Р.К. Борисов, И.П. Кужекин, А.Г. Темников, А.В. Жуков; под ред. чл.-корр. РАН, докт. техн. наук, проф. А.Ф. Дьякова. — 2-е изд., испр. и дополн. — М.: Издательский дом МЭИ, 2011. ■

На правах рекламы

ООО «СИМЕНС ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ АППАРАТЫ» – ВЕДУЩИЙ ПОСТАВЩИК РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА DTC В РОССИИ

ООО «Сименс высоковольтные аппараты» является российским производителем современного коммутационного оборудования. Компания – надежный партнер, предлагающий эффективные системные решения для модернизации сетевой инфраструктуры.

Компактное распределительное устройство DTC (Dead Tank Compact) является современным инновационным устройством, которое разрабатывалось с учетом многолетнего опыта «Сименс» в сфере высоковольтного коммутационного оборудования. Устройство DTC объединяет в себе все функции классического распределительного устройства на классы напряжения до 220 кВ в одном модуле: выключателя, трансформатора тока и напряжения, разъединителя и заземлителя. По размеру DTC сопоставим с традиционным выключателем на тот же класс напряжения, представляя собой реальную альтернативу КРУЭ при значительно более низких ценовых показателях. Характеристики DTC



На фото:
ПС Амур, Амурская
область
6 x ЗАР1 DTC - 126
4 x ЗАР1 DTC - 245

позволяют использовать их в самых различных природных и климатических условиях России. Габариты оборудования позволяют обеспечить транспортировку железнодорожным или автомобильным транспортом. Таким образом, удаленность заказчика от производителя не создает сложностей при логистике. Возможность использования устройств DTC в экстремальных климатических условиях (температурный диапазон

-55 до +55°C) позволяет реализовать типовые схемы на их основе по всей России, как в закрытом, так и открытом исполнении.

С 2009 года ООО «Сименс высоковольтные аппараты» реализовало более 19 проектов на территории России с применением решения DTC Siemens, в том числе поставлено 105 модулей на 110 кВ и 4 модуля на 220кВ. ■