

Системы грозопеленгации на страже электросетевого хозяйства

Денис Никитин

заместитель главного инженера — начальник центра инжиниринга электрических сетей ОАО «Фирма ОРГРЭС»

Одна из ключевых проблем, которая стоит сегодня перед российскими энергокомпаниями, заключается в необходимости модернизации существующего энергетического комплекса и интенсификации производственных процессов. Ни для кого не секрет, что изношенность отечественных основных фондов в энергетике составляет около 85%. При этом проведение реновации — с учетом мирового экономического кризиса и нецелевого расходования средств — не может в полной мере обеспечить модернизацию отрасли и тем более ее развитие без серьезных инвестиций при нарастающем потреблении электроэнергии.

В советский период энергетика России развивалась во многом за счет расширения ресурсной базы, привлечения дополнительных объемов первичных ресурсов без повышения эффективности их использования, то есть сугубо экстенсивным путем. Кризис начала 90-х гг. сказался на ситуации в отрасли последних 15 лет: малоэффективное количественное увеличение средств производства и рабочей силы не успевало за ростом спроса на электроэнергию. Характерной особенностью данного периода стала именно невозможность полномасштабного удовлетворения энергоспроса, что напрямую связано с

производственно-экономической стратегией энергокомпаний.

Все это нашло отражение и в технической политике электросетевых предприятий.

Между тем современным вектором развития электросетевого хозяйства должно быть повышение надежности и управляемости ЕНЭС посредством применения передовой техники и ресурсосберегающих технологий, достижений науки, технической и экономической информации. Не менее важное значение имеет и совершенствование квалификации персонала с целью активизации инновационного процесса.

Одним из перспективных направлений модернизации сетевого оборудования является внедрение автоматизированной системы определения места удара молнии и параметров разряда (системы грозопеленгации).

Исторический аспект

В нашей стране попытки создания такой системы, позволяющей определить место удара молнии, силу тока, полярность, подсчитать количество разрядов и ударов в землю, предпринимались уже в 60-х гг. XX века. В основу проекта первого грозопеленгатора («Очаг») были положены исследования двух научно-практических организаций: Института земного магнетизма и распространения радиоволн Академии наук (ИЗМИРАН) и Главной геофизической обсерватории им. Воейкова. Первоначально система разрабатывалась для нужд оборонного ведомства и аэродромных служб. Были спроектированы однопунктные грозопеленгаторы с радиусом действия от 50 до 100 км. Однако отсутствие надежной аппаратуры передачи данных по каналам связи в реальном времени не дало возможности в свое время создать автоматизированный комплекс.

Рис. 1. Регистрация молниевых разрядов в пространственно распределенных пунктах

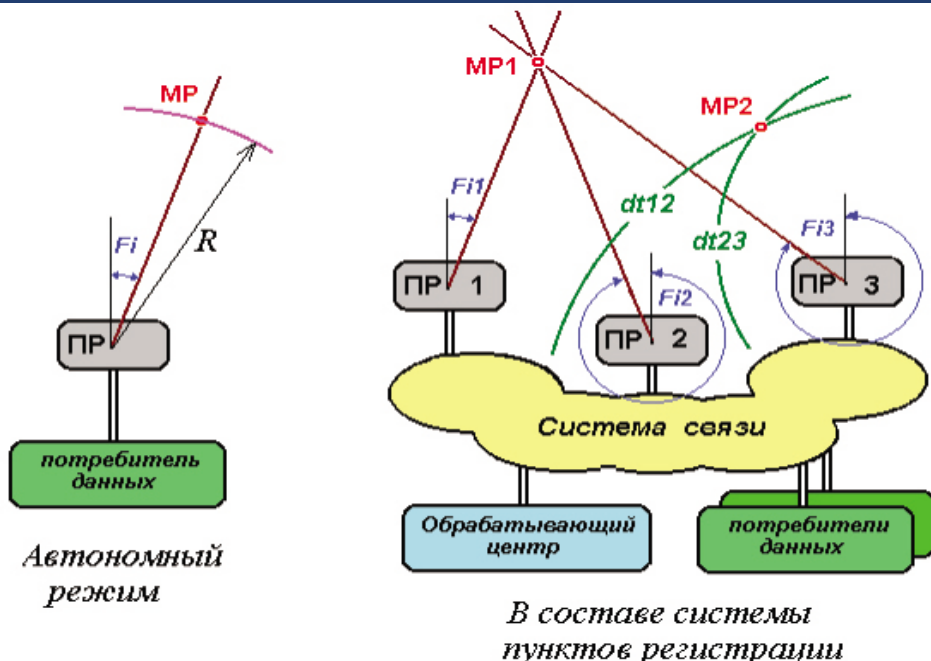


Рис. 2. Зоны контроля системы регистрации молниевых разрядов



В 80-х гг. Главной геофизической обсерваторией им. Воейкова и Ленинградским государственным университетом проводились совместные работы над аппаратурой нового поколения для автоматизированного сбора информации с помощью сети пеленгаторов. Подобные исследова-

ния выполнялись и в Институте радиотехники и электроники Академии наук (ныне ИРЭ РАН). Специалистами ИРЭ РАН была спроектирована однопунктная аппаратура пеленгации гроз с радиусом охвата от 300 до 1 200 км. Но в начале 90-х гг. деятельность в этой сфере оказалась

свернутой из-за отсутствия финансирования.

Зарубежный опыт

Работы, связанные с внедрением приборов грозопеленгации, проводились и за рубежом. Такие системы уже достаточно давно действуют в США, Канаде, Франции, Голландии, Германии, Швейцарии, Испании и ряде других стран.

В США комплекс грозопеленгации начал эксплуатироваться в 1976 г., когда были установлены первые измерительные пункты, функционирующие на основе принципа регистрации магнитной составляющей сигнала ЭМИ (электромагнитного импульса). Первоначально система LLP (Lightning Location and Protection) использовалась для прогнозирования погоды в районе космодрома на мысе Канаверал. В последующем информация стала востребованной в Бюро землепользования, энергетических компаниях и вооруженных силах.

Внедрение системы грозопеленгации способствует решению следующих задач:

- уточнению средних многолетних показателей интенсивности гроз для расчета удельного числа отключения линий из-за грозовых явлений;
- определению интенсивности грозовой деятельности в данный период времени или в текущем сезоне для диагностики причин аварий;
- заблаговременному предупреждению о начале и окончании грозы по трассе прохождения ВЛ, в том числе для уведомления и мобилизации ремонтных бригад, возможного регулирования потоков электроэнергии;
- получению конкретных данных о времени, месте и параметрах удара молнии для идентификации аварий на ВЛ из-за грозы;
- более точной оценке параметров молнии с целью обоснованного выбора средств защиты;
- выявлению территорий с аномально высокой интенсивностью

- грозовой деятельности для оптимизации прокладки трассы ВЛ;
- определению мест и участков ВЛ, наиболее часто поражаемых молнией;
- установлению эффективности средств молниезащиты.

Анализ зарубежной практики позволяет сделать вывод о несомненной целесообразности внедрения системы грозопеленгации. Экономический эффект при этом достигается за счет сбережения средств, требующихся для оснащения каждой фазы высоковольтных воздушных линий электропередачи нелинейными ограничителями перенапряжения на протяжении всей трассы. Такие ограничители при наличии системы грозопеленгации можно устанавливать на опорах ВЛ только на опасном участке. Кроме того, предотвращение аварии или ее быстрая локализация путем отключения участка ВЛ, пострадавшего от разрядов молнии, также способствуют существенной экономии бюджета энергопредприятия.

По данным Научно-исследовательского института электроэнергетики США, атомная электростанция *Grand Gulf* за 11 лет эффективного использования погодной информации сэкономила более 11 млн долл. за счет предупреждения аварийных ситуаций, вызываемых ударами молнии. Энергетическая компания *Consolidated Edison Company of New York (Con Edison)*, основываясь на данных системы грозопеленгации, сократила в среднем на 68 мин. состояние повышенной готовности персонала при каждой грозе, и уже только в этом сегменте реагирования ей удалось за год сэкономить 4 127 долл.

Иностранцы в России

Наиболее известными западными фирмами, выпускающими системы грозопеленгации, являются финская *Vaisala* и американская *TOA*.

Компания *Vaisala* по заказу Росгидромета развернула комплекс из четырех пунктов на Северном Кавказе. Станции *Vaisala* работают в

VHF-диапазоне 112—118 МГц и *LF*-диапазоне 1—350 кГц. Грозорегистрационная система *LS 8000* этой фирмы содержит: центральный процессор, грозопеленгаторы (сенсоры) — 4 шт., систему спутниковой связи. Общая область уверенного детектирования в *LF*-диапазоне составляет 625 км от каждого датчика. Зафиксированные значения точности определения местоположения ударов — от 300 м в центре до 50 км на периферии области детектирования. Для *VHF*-диапазона общая область детектирования в два раза меньше, а минимальная зафиксированная точность — 600 м.

Впрочем, дальнейшее внедрение в России датчиков фирмы *Vaisala*, по видимому, столкнется с определенными трудностями. В нашей стране, в отличие от США, где разрабатывались эти приборы, полоса частот, на которой осуществляется прием сигналов, занята радиосетью в диапазонах СВ и ДВ. У нас, как и в Европе, большое количество мощных радиовещательных станций, при этом дискретизация расстановки рабочих частот в России 10 кГц, в Европе — 9 кГц. В результате происходит свертывание указанных датчиков в ряде европейских стран (в частности, в Германии).

Оценка системы *TOA* основана на рекламной информации фирмы-производителя: регистрация молниевых разрядов производится в диапазоне частот от 10 до 500 кГц; минимальное число пунктов в системе составляет 8—10 шт.; заявленная точность <250 м; для передачи данных необходим проводной или спутниковый канал связи со скоростью 19,6 Кбод.

Отечественный производитель

В России наибольшей зоной контроля молниевых разрядов обладает система «Верея-МР», развернутая в интересах ФГУ «Авиалесоохрана».

Система регистрации молниевых разрядов обеспечивает их обнаружение, определение координат и параметров на контролируемой тер-

ритории и выдачу полученной информации пользователям. Функционирование системы основано на регистрации электромагнитного излучения молниевых разрядов (МР1, МР2 — см. рис. 1) в пространственно распределенных пунктах. Каждый пункт (ПР1, ПР2, ПР3) регистрирует время приема сигнала электромагнитного излучения (*dt12*, *dt23*), определяет пеленг (*Fi1*, *Fi2*, *Fi3*), измеряет характеристики и передает полученные данные в обрабатывающий центр, где ведется расчет координат и параметров МР. Действующая в настоящее время система регистрации молниевых разрядов состоит из 26 пунктов регистрации и обрабатывающего центра.

Обмен данными в системе осуществляется посредством электронной почты в сети Интернет. Зоны контроля системы представлены на рисунке 2.

В целом зоны охватывают площадь в 11 млн кв. км с погрешностью местоопределения разряда 3 км.

Аппаратурный модуль регистрирует импульсные сигналы электромагнитного излучения, обрабатывает их, формирует оперативные сообщения, содержащие параметры сигналов, и передает информацию в обрабатывающий центр, а также принимает и отображает данные о МР.

Особенностью российской разработки является выносной антенный блок, имеющий более высокую чувствительность и значительно меньшие габариты, чем аналогичные зарубежные изделия. Высокая чувствительность обеспечивает 2—3-кратное преимущество в дальности действия и как минимум 4—9-кратное сокращение удельных затрат на единицу контролируемой площади (при одинаковой стоимости станций). Система благодаря таким характеристикам фиксирует грозовые разряды над сопредельными государствами и акваториями прилегающих морей на дальность до 1 500 км.

Антенный блок предназначен для приема, усиления и фильтрации па-

Табл. 1. Сравнительная таблица технико-экономических характеристик систем грозопеленгации

Характеристики	TOA (WDT USPLN)	Vaisala (NLDN)	Верей-МР
Частотный диапазон, кГц	10...500	1...350	1...50
Точность локации, м	<250	<1 000	<500
Эффективность определения (POD), %	>95	>90	>90
Работа в режиме реального времени	да	нет	да
Детектирование разрядов «облако — земля»	да	да	да
Амплитуда каждого разряда	да	нет	да
Разрешающая способность, с	0,001	0,1	0,003
Возможность прогнозирования	да	нет	да
GIS-формат данных	да	нет	да
Архивация данных	да	да	да
Минимальное количество датчиков, шт.	10	4	4
Стоимость одного датчика, млн руб.	4,35	8	2,7

Табл. 2. Технические требования к системе пеленгации грозового разряда

Точность локации	<500 м
Эффективность определения (POD)	>90%
Работа в режиме реального времени	да
Детектирование разрядов «облако — земля»	да
Амплитуда каждого разряда	да
Разрешающая способность	0,003 с
Возможность прогнозирования	да
GIS-формат данных	да
Архивация данных	да

раметров молниевых разрядов. Он рассчитан на прием электрической компоненты E_z и двух ортогональных магнитных компонент H_x , H_y электромагнитного поля МР в диапазоне частот от 1 до 50 кГц. Для этой цели в блоке имеются три антенны, а также усилители, фильтры и схемы для передачи по кабелю принятых сигналов. Конструктивно выносной антенный блок выполнен в виде полусферы радиусом 70 мм. Он устанавливается на поверхности земли, на крыше здания или на мачте.

Устройство обработки сигналов действует по заданному алгоритму и

формирует выходное оперативное сообщение, которое содержит:

- время приема сигнала с точностью до единиц микросекунды;
- амплитудно-временные параметры сигнала.

Почтовая программа автоматически с запрограммированным интервалом времени передает данные в обрабатывающий центр, где производится сбор информации от всех пунктов регистрации, расчет координат и параметров МР. Результаты расчета в текстовом виде по электронной почте опять же автоматически рассылаются абонентам.

Основным недостатком комплекса «Верей-МР» можно назвать объективную отсталость элементной базы и программного обеспечения, что не позволяло этим системам соответствовать мировым стандартам и тем самым в полной мере гарантировать получение в режиме реального времени профильной информации, необходимой для эффективного управления функционированием электрических сетей.

Специалистами «Фирмы ОРГРЭС» произведена доработка комплекса, предоставившая возможность с более высокой точностью определять местоположение электромагнитного импульса (молнии). Кроме того, был рассчитан алгоритм получения данных в режиме реального времени и параметры синхронизации внутренних часов через спутниковую систему ГЛОНАС. Также разрабатывается устройство автономного питания — с тем чтобы устанавливать датчики в местах с ограниченными ресурсами электроснабжения.

Состоялось несколько совещаний с участием специалистов ФСК ЕЭС, Центра инфраструктурных проектов, НИИПТ, ЭНИН, МЭИ, НТФ «Сокол» и «Фирмы ОРГРЭС», на которых были сформулированы технические требования к системе пеленгации грозовых разрядов (табл. 2).

Сегодня в качестве оптимальных приняты три потенциальных варианта внедрения системы в энергетике России:

1. Доработка отечественных конструкторских решений на новой элементной и программной базе.
2. Установка передовых зарубежных комплексов грозопеленгации (например, производства фирмы TOA Systems Inc.)
3. Приобретение только антенных детекторов у зарубежных производителей и создание собственного оригинального оборудования и программного обеспечения.

Основываясь на приведенных в таблицах 1—2 технических требованиях и сравнительных технико-экономических характеристиках систем грозопеленгации можно сказать, что наиболее перспективным является первый вариант внедрения. При этом следует учитывать и затраты, связанные с содержанием и обслуживанием оборудования иностранных изготовителей, заведомо превышающие расходы на эксплуатацию отечественных систем. К тому же этот вариант позволяет использовать опыт российских ученых и инженеров, применять наиболее адаптированные к нашим условиям устройства и ПО и гибко наращивать систему в дальнейшем в соответствии с нуждами заказчика.

Таким образом, целесообразность внедрения современных комплексов грозопеленгации в электроэнергетике Российской Федерации очевидна. Не менее очевидна и необходимость развития профильной научной и технической базы у нас в стране.

Данный фактор уже нашел отражение в решениях, принятых 7 декабря 2009 г. на заседании Совета генеральных и главных конструкторов, ведущих ученых и специалистов высокотехнологичных секторов экономики при Председателе Правительства РФ, где, в частности, предусматривалось расширение использования разработок отечественных отраслевых институтов и производственных мощностей российских заводов-изготовителей электротехнического оборудования.