



Эдуард Базелян, д.т.н., профессор,
руководитель лаборатории моделирования электрофизических процессов
Энергетического института им. Г. М. Кржижановского

КАК ЗАЗЕМЛЯТЬ МАГИСТРАЛЬНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

Подсчитывая частоту ударов молнии, специалист в первую очередь интересуется высотой сооружения, потому что радиус притяжения молний приблизительно равен его утроенной высоте. Для протяженных объектов, например воздушных линий электропередачи, не менее важна их длина. Казалось бы, нефтяники и газовики могут вздохнуть с облегчением, ведь магистральные трубопроводы размещены в толще земли, фактически на отрицательной глубине, а значит, молния должна быть для них безопасна. Однако опыт эксплуатации быстро рассеивает это приятное заблуждение. Ввод тока молнии в трубопровод не такая уже редкость. Полезно понимать, как это происходит.

ТРУБОПРОВОД КАК ОБЪЕКТ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

По статистике, на территории России молния в среднем ударяет в землю примерно 3–4 раза в год на квадратный километр поверхности. Что происходит дальше с ее током? Инженер-электрик ответит не задумываясь: «Ток молнии растекается в бесконечность по объему проводящего грунта». Ответ в целом правильный, хотя и малоинформативный. Дело в том, что очень часто при растекании тока формируются искровые плазменные каналы. Именно в их объеме сосредотачивается основная доля тока. Формирование таких каналов не раз наблюдали в полевых условиях. Столь же успешно они воспроизводятся и в лаборатории.

Двигаясь вдоль поверхности земли, канал оставляет за собой характерную борозду, похожую на след крестьянского плуга. Длина такой борозды зависит от величины тока молнии и от удельного сопротивления грунта. В слабо проводящих грунтах с удельным сопротивлением 1000 Ом·м и выше сильная молния формирует канал длиной в десятки метров. Достигнув подземной трубы, канал направляет ток молнии по ее металлической поверхности. Слой гидроизоляции на поверхности

помехой не является. Он легко пробивается высоковольтным электрическим разрядом.

Важно оценить длину, при которой искровые каналы могут дотянуться до трубы. К счастью, физика их развития хорошо известна, а расчетные компьютерные модели надежно откалиброваны по данным полевых исследований. Результаты компьютерного моделирования (рис. 1) дают представление о возможной длине искровых каналов в грунтах с удельным сопротивлением $\rho = 500$ и 3000 Ом·м.

Принято, что длительность импульса тока молнии равна 75 мкс – это средняя величина для наиболее частой отрицательной молнии. Бессмысленно ориентироваться на предельно большой ток в 200 кА, который может быть превышен очень редко, только у 0,5% молний. Ток, равный 100 кА, тоже не показатель. В лучшем случае эту величину превысит лишь 1–2% молний. Если не изучать статистические характеристики тока, то достаточно верную инженерную оценку числа прорывов тока молнии к трубопроводу можно получить, ориентируясь на среднее значение этого параметра, близкое к 30 кА.

Расчетные данные (рис. 2) показывают, что в практически значимом диапазоне значений удельного сопротивления грунта максимальная длина каналов $l_{искр}$ лежит в пределах ≈ 20 –40 м. Это значит, что для трубопровода реальную опасность представляют удары молнии в полосу шириной $2l_{искр}$ (с учетом распространения в обе стороны от трубы). При длине трубы D площадь стягивания токов молнии в трубу составит $S = 2l_{искр}D$.

Например, для трубопровода длиной 30 км, проложенного в грунте с удельным сопротивлением 2000 Ом·м ($l_{искр} \approx 36$ м), площадь стягивания будет близка к 2 км². То есть в регионе с интенсивностью грозовой деятельности 3 удара молнии в год на 1 км² трубопровод примет на себя ежегодно в среднем ток $2 \times 3 = 6$ молний. Результат неутешительный для аппаратуры, непосредственно связанной с металлической оболочкой трубы.

ОСОБЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Прежде всего приходится беспокоиться об устройствах электрохимической защиты, обеспечивающей сохранность трубопроводов высокого давления. Кроме того, для обслуживающего персонала компрессорных станций и резервуарных парков трубопровод необходимо рассматривать как объект повышенной опасности. Фактически он исполняет роль линии электропередачи, транспортирующей высокое напряжение от точки удара молнии на весьма значительные расстояния.

Ясно, что по соображениям техники безопасности трубопровод следует заземлять по его концам. Это требование сформулировано в п. 2.22 РД 34.21.122-87 «Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений». Именно с процедуры заземления начинаются основные проблемы. Металлическое присоединение трубопровода к заземлителю резко увеличивает нагрузку на источник питания систем электрохимической защиты и практически недопустимо.

В принципе, выход из положения существует. Серийно выпускаются искровые разрядники, срабатывающие при импульсном скачке высокого напряжения на трубе. Жаль только, что напряжение срабатывания таких разрядников исчисляется единицами киловольт. Они не защищают ни устройства электрохимической защиты, ни оперативный персонал, работающий на трубопроводе и присоединенном к нему оборудовании. Остаточное напряжение на трубе нужно резко понизить.

Рис. 1. Расчетная длина искровых каналов в зависимости от амплитуды тока молнии

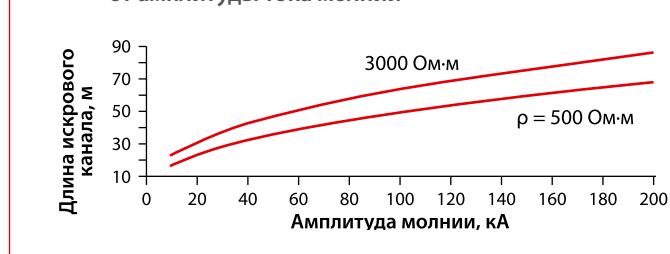
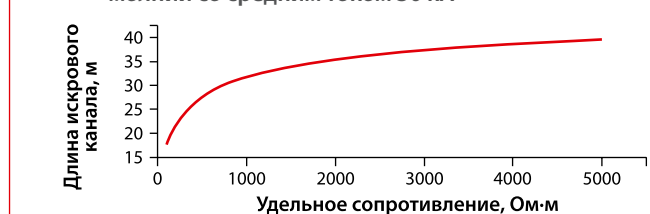


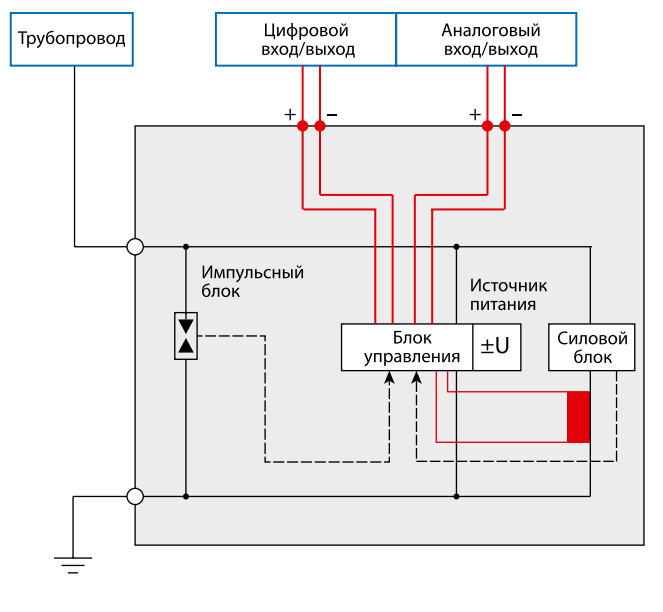
Рис. 2. Предельная длина искровых каналов в грунтах с различным удельным сопротивлением при ударе молнии со средним током 30 кА





Блок-схема устройства защиты от посторонних напряжений VCSD

Рис. 3



НОВОЕ ЗАЩИТНОЕ УСТРОЙСТВО

Разработчики принципиально нового защитного устройства фирмы DEHN+SÖHNE не ограничились задачей понижения остаточного напряжения на трубе. Было найдено комплексное решение, позволяющее защищать трубопровод от любых видов электромагнитных наводок.

В реальности опасна не только молния. Источником посторонних (паразитных) напряжений на трубопроводе могут быть также электрифицированные железные дороги, воздушные высоковольтные линии электропередачи, мощные промышленные установки. Время действия таких наводок не ограничивается десятками микросекунд, как у молнии, а может быть очень длительным. Проблему надо было решать комплексно. Интеллектуальное защитное устройство VCSD – идеальное решение для таких случаев.

В схеме нового устройства (рис. 3) из привычных элементов традиционных УЗИП – только быстродействующий искровой разрядник, рассчитанный на импульсный ток молнии 10/350 мкс амплитудой до 100 кА. Время срабатывания разрядника – не более 100 нс. Напряжение на разряднике контролируется блоком управления. При длительном воздействии постороннего напряжения блок управления дает команду разгрузить разрядник. Эту задачу выполняет силовой блок.

Транзисторная схема силового блока обеспечивает сколько угодно длительную качественную связь с землей для переменного тока частотой 16,7; 50 или 60 Гц, но не пропускает постоянный ток, гарантируя тем самым бесперебойную и экономичную работу электрохимической защиты. При времени воздействия до 200 мс силовой блок способен отвести в землю ток до 1,1 кА (действующее значение).

В длительном режиме пропускная способность устройства ограничена 40 А, а напряжение на трубопроводе не превышает 50 В. При необходимости эта величина может быть снижена специальной регулировкой до 3 В.

В нормальном режиме эксплуатации защитное устройство VCSD может использовать для своего питания наведенное на трубе напряжение. Кроме того, в его источнике питания предусмотрена установка аккумуляторной батареи.

Аналоговый и цифровой интерфейсы позволяют дистанционно управлять устройством, контролировать его работоспособность, регистрировать наведенные и импульсные токи и даже подавать команду об опасности.

Защитное устройство VCSD производится серийно и предназначено для нормальной работы при температуре от -40 до +80 °С.



Устройство защиты от посторонних напряжений VCSD

Информация для заказа:

Тип: VCSD 40 IP65 Артикул: 923 401

ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ, КРАТКОВРЕМЕННЫХ И ДЛИТЕЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Инновационное устройство типа VCSD (Voltage Controlled Short-circuiting Device), разработанное компанией DEHN, обеспечивает надежную комплексную защиту трубопроводов от посторонних напряжений различного типа.

Устройство отводит импульсные токи до 100 кА (10/350 мкс), кратковременные до 1,1 кА и длительные до 40 А (16,7; 50 и 60 Гц), не нарушая при этом работу системы катодной защиты трубопроводов. При применении VCSD обеспечивается безопасность персонала, проводящего работы на трубопроводах, благодаря эффективному ограничению напряжения прикосновения (регулируется в диапазоне 3–50 В переменного тока).

Помимо мощного искрового разрядника (блок защиты от импульсных воздействий) и силовых транзисторов с устройством блокировки постоянного тока (блок защиты от кратковременных и длительных воздействий), в состав VCSD входят блок управления с микропроцессорной схемой и литиевая аккумуляторная батарея. Аналоговый и цифровой интерфейсы позволяют осуществлять мониторинг VCSD, а также измерять и обрабатывать данные.

DEHN защищает.
Молниезащита, защита от импульсных перенапряжений, средства электрозащиты.

ООО «ДЕН РУС»
109428, г. Москва, Рязанский пр-т, д. 10, стр. 18, офис 29
Тел./факс: +7 (495) 663-35-73, 782-23-76
info@dehn-ru.com
www.dehn-ru.com; молниезащита.рф