



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

## ЗОНА ЗАЩИТЫ УЗИП

Зона защиты УЗИП – понятие крайне важное с точки зрения внутренней молниезащиты, хотя и не такое привычное и понятное, как зона защиты молниеотвода.

### РАДИУС ДЕЙСТВИЯ ЗАЩИТЫ

Представим простейшую ситуацию. Трансформаторная подстанция 380/220 В через воздушную линию (ВЛ) электропередачи обычного исполнения (оголенные провода) питает удаленную нагрузку (коттедж или садовый домик, небольшую насосную, станцию мобильной телефонной связи и т.п.).

Трансформатор стоит дорого, и его изоляция безусловно нуждается в защите от грозовых перенапряжений. Поэтому на выходе трансформатора установлено устройство защиты от перенапряжений (УЗИП) – искровой разрядник с автоматическим гашением дуги или варисторный ограничитель (ОПН). Благодаря этим устройствам напряжение на вторичной обмотке трансформатора не превысит предельного значения  $U_{\text{ост}}$ , безопасного для изоляции обмотки.

Будет ли одновременно с трансформатором защищено электротехническое оборудование на втором конце линии? Для ответа на этот вопрос нужно учесть физическую природу грозовых перенапряжений. Для низковольтных электрических сетей, она, как правило, индукционная.

Между проводами ВЛ по закону электромагнитной индукции изменяющееся во времени магнитное поле тока молнии наводит ЭДС, величина которой оценивается по формуле:

$$\text{ЭДС} = \frac{\mu_0 S}{2\pi r} \cdot \frac{dI_M}{dt},$$

где  $S$  – площадь контура, созданного проводами линии электропередачи;

$I_M$  – ток молнии;

$r$  – усредненное расстояние от проводов линии до канала молнии;

– магнитная проницаемость вакуума.

Важно отметить два обстоятельства. Во-первых, трансформатор может питать сразу несколько электрических цепей различной длины и разных направлений. Совсем обязательно, что опасная для его изоляции ЭДС наведется именно в рассматриваемой ВЛ.

Во-вторых, величина наведенной ЭДС зависит от расположения и геометрических размеров контура, но не от его электрических параметров. Когда защитное устройство трансформатора сработает и фактически замкнет трансформаторную обмотку, ЭДС, возбужденная током молнии в рассматриваемой

линии, практически не изменится. Более того, она будет теперь целиком приложена к изоляции электрических аппаратов на объекте (в доме, на насосной станции и т.д.). Чтобы узнать, насколько это опасно, нужно ввести в приведенную расчетную формулу ЭДС геометрические размеры ВЛ.

Допустим, что трансформаторная подстанция расположена всего в 100–150 м от нагрузки, поэтому площадь контура между проводами ВЛ не превышает 50 м<sup>2</sup>. Произведем оценку для средней по удаленности молнии, приняв расстояние до места ее удара равным 200 м.

В «Инструкции по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» (СО 153-34.21.122-2003) для не слишком ответственных объектов (III уровень защиты) нормируется значение  $dI_M / dt = a = 100 \text{ кА/мкс} = 10^{11} \text{ А/с}$ . Подстановка выбранных параметров в расчетную формулу дает приблизительно 5000 В. Столь высокого напряжения не выдержит не только электронное оборудование, но даже изоляция внутренней проводки.

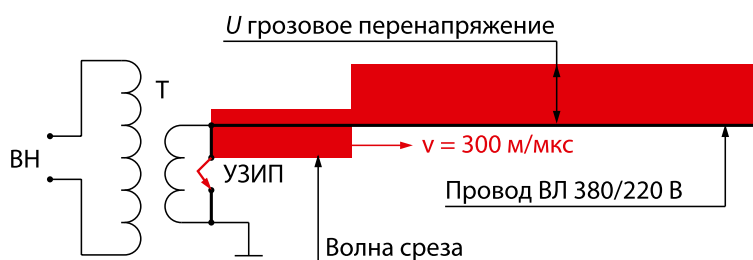
Таким образом, УЗИП совершенно бесполезно для объектов, находящихся на расстоянии 100–150 м от него. Чтобы защитить электрооборудование и электронику, оно должно находиться на расстоянии вдвое короче. Так как на перенос трансформатора рассчитывать не приходится, остается приобрести и установить собственные защитные устройства.

### ОГРАНИЧИВАЮЩИЙ ФАКТОР

Существует еще одно важное обстоятельство, ограничивающее радиус защитного действия УЗИП. Чтобы уяснить его природу, достаточно представить себе, что индуцированные перенапряжения начали свое действие одновременно во всей электрической сети, питающейся от трансформатора. Что произойдет после срабатывания УЗИП? Защитное устройство, установленное непосредственно на клеммах трансформатора, практически мгновенно ограничит перенапряжение на его изоляции. Оценим, насколько далеко за пределы подстанции выходит зона его действия.

Любое электромагнитное возмущение распространяется с конечной скоростью, в т.ч. и волна среза перенапряжения от УЗИП (рис. 1). Для ВЛ это будет скорость света – 300 000 км/с = 300 м/мкс. Расстояние в 150 м от трансформатора до нагрузки будет преодолено всего за 0,5 мкс. Стоит ли обращать внимание на такую малую величину? Очень даже стоит, потому что время роста тока молнии может быть в два раза меньше – 0,25 мкс. За этот период грозное перенапряжение успеет достичь максимальной величины и повредить изоляцию.

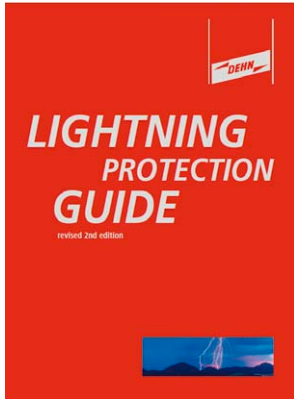
Рис. 1. Волна среза перенапряжения от УЗИП



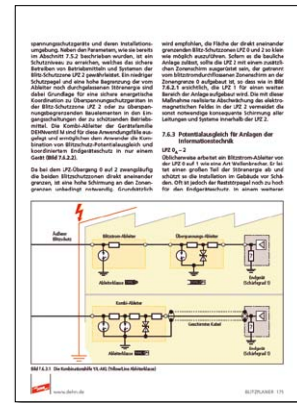
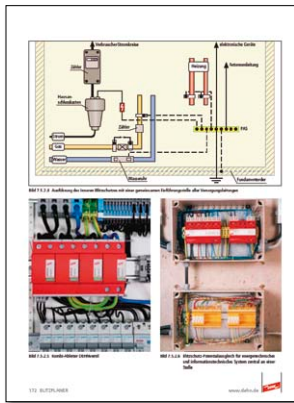


Пособие по молниезащите, подготовленное DEHN+SÖHNE:  
 а) на английском языке; б) на немецком языке;  
 в), г) страницы из пособия Blitzplaner®

а 6



б г



## Молниезащита и защита от импульсных перенапряжений

Не требуется большой фантазии, чтобы представить себе последствия сколько-нибудь заметного удаления УЗИП от электронного оборудования с электрической прочностью не в киловольты, а всего в несколько вольт. Теперь понятно, почему в монтажных инструкциях фирм, изготавливающих УЗИП, предельно ограничивается допустимое расстояние от места их установки до защищаемого оборудования.

### О МОЛНИЕЗАЩИТЕ – НАГЛЯДНО

В своих статьях мне часто приходится использовать каталоги фирмы DEHN + SÖHNE, в которых подкупает большой ассортимент продукции в области молниезащиты и высокая достоверность паспортных данных оборудования.

На этот раз хотелось бы обратить внимание читателей не на каталоги фирм, а на справочное пособие, которое фактически может служить руководством по практическому устройству систем как внешней молниезащиты, так и внутренней, включающей все возможные варианты применения УЗИП.

К сожалению, это очень наглядное и понятное пособие не переведено на русский язык, но с изданиями на немецком языке (Blitzplaner® в формате pdf размещено на сайте компании) или на английском в любом случае стоит познакомиться (рис. 2), так как иллюстрации несут много полезной информации.

Техническую информацию, руководство по установке и монтажу молниезащиты, каталоги и печатные материалы по продукции DEHN+SÖHNE можно получить в представительстве компании в России.

Компания DEHN + SÖHNE, имеющая более чем 100-летний опыт работы в области молниезащиты, предлагает:

- широкий выбор УЗИП и комплектующих для систем молниезащиты – около 2500 наименований;
- производство всей номенклатуры устройств для молниезащиты и защиты от импульсных перенапряжений (г. Ноймаркт, Германия).

Подробная информация:  
[www.dehn-ru.com](http://www.dehn-ru.com), МОЛНИЕЗАЩИТА.РФ

DEHN + SÖHNE  
 Представительство в России

109316, Москва, Волгоградский пр., 47, оф. 335  
 Тел.: +7 (495) 663-31-22, 663-35-73  
[info@dehn-ru.com](mailto:info@dehn-ru.com)