

# О выборе параметров регистраторов импульсных перенапряжений

КОРШУНОВ Г.А.  
КУЗНЕЦОВ А.С.  
ЛЮБЧЕНКО Ю.М.,

сотрудники НПО “ДЕЛЬТА”,  
г. Санкт - Петербург

Настоящая техническая записка распространяется на регистраторы (счётчики) токов импульсных перенапряжений на основе трансформаторов тока с электромеханическими счётчиками, предназначенных для подсчёта числа импульсов тока грозовых и коммутационных перенапряжений.

## **Данные регистраторы используются:**

- в высоковольтных аппаратах защиты от импульсных перенапряжений - разрядниках и в ограничителях перенапряжений нелинейных (ОПН);
- во внешней молниезащитной системе (МЗС), то есть в устройствах защиты от прямых ударов молнии, входящих в комплекс средств молниезащиты зданий и сооружений.

В аппаратах защиты регистраторы обеспечивают подсчёт и регистрацию числа импульсов разрядного тока через защитный аппарат (число срабатываний аппарата) при грозовых и коммутационных перенапряжениях в электроустановках.

В системах молниезащиты регистраторы обеспечивают подсчёт и регистрацию числа импульсов тока, протекающих по токоотводу при ударе молнии в молниеприёмник.

## **По числу зарегистрированных импульсных перенапряжений выявляется:**

- работоспособность устройств защиты;
- интенсивность (частота) срабатывания устройств защиты;
- распределение интенсивности грозовых разрядов по территории;
- контроль работы электроустановок, например, высоковольтных выключателей, с точки зрения частоты возникновения коммутационных перенапряжений.

Вентильные разрядники 110 кВ и выше до 1.01.90 г. поставлялись комплектно с регистраторами срабатывания типа РР, которые выполнялись согласно ТУ 16-534.013 - 80 “Регистраторы срабатывания вентильных разрядников”. Регистраторы, как указано в [1], позволяли произвести своевременную отбраковку неисправных разрядников по факту фиксации многократных срабатываний при коммутации разъединителей, вызывающих высокочастотные коммутационные перенапряжения. В тоже время, в статье [1] отмечаются недостатки, не позволяющие использовать регистраторы типа РР для контроля ОПН.

В настоящее время регистраторы срабатываний вентильных разрядников не выпускаются.

На современном электротехническом рынке России присутствует регистраторы перенапряжений как отечественных, так и зарубежных изготовителей. Датчиками тока перенапряжения регистраторов являются:

измерительные варисторы (например, ИТ-Д2.01 и ИТ-Д2.02) и трансформаторы тока (например, ИТ-Д2.03) или датчики на основе пояса Роговского.

Номенклатура этих приборов достаточно ограничена.

Регистраторы с трансформатором тока обладают рядом преимуществ по сравнению со счётчиками на основе измерительных (защитных и т.п.) варисторов, так как снимаются ограничения по уровню максимальных токов пропускной способности измерительных варисторов регистраторов; резко снижено падение напряжения на счётчике при протекании тока перенапряжения; прибор гальванически развязан от цепи заземления (заземляющего проводника) ограничителя: упрощается схема подключения прибора к ОПН; неисправность прибора не влияет на работоспособность ОПН; прибор применим с любым типом ограничителей, в том числе и с ОПН, установленными ранее.

Требования к регистраторам токов перенапряжений приборов защиты от импульсных перенапряжений и систем молниезащиты определены Европейским стандартом EN 50164-6, введенного в действие с 1.01.2009 г. [2].

В то же время, современных отечественных нормативных документов (ГОСТ и т. п.) по общим техническим условиям к указанным регистраторам, в том числе по терминам и определениям, требований к параметрам, методам испытаний и т.п. не существует. Поэтому в технической документации и рекламных материалах разных производителей одни и те же параметры именовываются по-разному, испытательные импульсы имеет различные временные параметры и т.д.

Некоторые термины и определения по данной тематике приведены в указанном Европейском стандарте EN 50164-6. В технических условиях ТУ 3414-002-59487440-2010 «Регистраторы импульсов тока грозовых и коммутационных перенапряжений» [3] на данный тип приборов, разработанных в НПО ДЕЛЬТА (г. Санкт-Петербург), термины и определения указаны с учётом данного стандарта и отечественного ГОСТ Р 52725 - 2007 «Ограничители перенапряжений нелинейные для электроустановок переменного тока напряжением от 3 до 750 кВ. Общие технические условия.» [4] и действующих документов по молниезащите [5,6].

Так, регистратор (счётчик) импульсов тока перенапряжений определяется как прибор, предназначенный для регистрации (подсчёта) числа импульсов тока

- разрядов молнии - для регистраторов, применяемых во внешней МЗС;
- грозовых и коммутационных разрядов - для регистраторов, применяемых в системах защиты электрооборудования от импульсных перенапряжений,

основанный на регистрации импульса тока, протекающему по проводнику.

К основным параметрам регистраторов (счётчиков) импульсных перенапряжений относят их токовые параметры.

В ТУ 3414-002-59487440-2010 определение основных токовых параметров даны в следующей редакции:

**1. разрядный ток прибора -**

импульс тока, протекающий по первичной обмотке трансформатора тока, включаемой в разрядную цепь ограничителя перенапряжений или в цепь заземляющего проводника молниеотвода

**2. пороговый ток  $I_{\Pi}$  (threshold current по EN 50164-6) -**

минимальная по значению амплитуда импульса разрядного тока, имеющего форму стандартного грозового импульса 8/20 мкс, который прибор регистрирует без единого пропуска (т.е. в 100% случаев).

*ПРИМЕЧАНИЕ: Импульс тока, меньший чем значение  $I_{\Pi}/3$ , регистрироваться не должен.*

**3. максимально допустимый ток  $I_{M доп}$  -**

максимальная по значению амплитуда импульса разрядного тока, имеющего форму стандартных импульсов 8/20 мкс или 10/350 мкс, регистрируемая и выдерживаемая прибором без разрушения

**4. номинальный разрядный ток  $I_{Н}$  -**

максимальное (амплитудное) значение грозового импульса тока 8/20 мкс, используемое для классификации регистраторов

Наиболее важным из указанных токовых параметров является пороговый ток, поэтому целесообразно его рассмотреть более подробно.

## ТРЕБОВАНИЯ К ЗНАЧЕНИЯМ ПОРОГОВОГО ТОКА

При классификационных испытаниях, проводимых как минимум на трёх образцах, пороговый ток определяется как минимальная по значению амплитуда импульса разрядного тока, имеющего форму стандартного грозового импульса 8/20 мкс, который **прибор регистрирует без единого пропуска (т.е. в 100% случаев)**, при этом выбирается наибольшее значение, измеренное на указанной выборке.

**При выборе типа регистратора для ОПН величина порогового тока регистратора должна быть соотнесена с величинами токов, которые могут протекать через ОПН.**

### Почему при выборе регистратора необходимо знать величину порогового тока?

В свою очередь, величины токов, протекающих через ограничители, зависят от класса напряжения сети, от места их установки, наличия/отсутствия других защитных устройств, например, защитных тросов и др.

Анализ величин токов через ОПН различных классов напряжений для защиты электрооборудования трансформаторных подстанций в реальных условиях эксплуатации проведён в книге члена-корреспондента РАН, профессора Александрова Г.Н. «Молния и молниезащита» [7].

Приведём необходимые с точки зрения выбора значений пороговых токов для регистраторов ОПН данные из указанной работы.

При анализе токов ОПН для подстанций (схема рис.1) указано:

Стр. 195 “Как следует из табл. 3.25, токи молнии через ОПН всех классов современных линий (вплоть до 1150 кВ) не превосходят 10 кА”

Стр. 197 “...считаться с возможностью увеличения максимальных токов через ОПН, свыше приведенных в табл. 3.25, нецелесообразно ни при выборе параметров ОПН для защиты подстанций, ни при нормировании испытательных воздействий на ОПН. Рекомендованные МЭК и нормируемые ГОСТ (ГОСТ Р 52725-2007 - авт.) формы испытательных импульсов большого тока (4/10 мкс) и максимальные значения токов через ОПН (65 и 100 кА) не имеют никакого отношения к реальным условиям работы ОПН в электрических сетях и потому должны быть исключены из норм на испытания ОПН. Также существенно завышены требования МЭК и ГОСТ к пропускной способности ОПН при воздействии грозовых импульсов тока. Как следует из табл. 3.25, номинальный разрядный ток ОПН не должен превышать 10 кА для всех эксплуатируемых в настоящее время электропередач (вплоть до 1150 кВ). Однако реальная длительность импульсов токов молнии значительно превосходит нормированную для испытаний, что также необходимо принять во внимание.”

Таблица 3.25

Класс напряжения подстанции, кВ	110	220	330	500	750	1150	1800
Максимальный ток через ОПН2, кА	0.53	1.1	2.0	3.1	4.5	9.0	14.6
Максимальный ток через ОПН1, кА	0.6	1.1	1.9	2.3	2.9	4.8	7.4

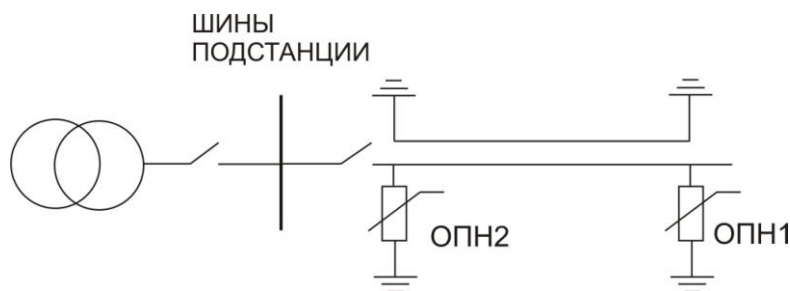


Рис.1

По указанным величинам максимальных токов, протекающих через ОПН при их эксплуатации, могут быть сделаны **следующие выводы:**

**1) при выборе типа регистратора необходимо сравнить пороговое значение тока, (повторяем - минимальное значение тока, которое способен регистрировать данный прибор), указанное в документации на прибор и максимальное значение тока, протекающего через ОПН в условиях эксплуатации (табл.3.25), так как при выборе прибора со значением порогового тока большего чем возможные максимальные значения тока ограничителя, регистратор просто не будет фиксировать импульсы тока ОПН.**

Пример: необходимо выбрать тип регистратора (счётчика) предназначен для подсчёта числа импульсов тока ОПН 110 кВ. В технической документации на счётчик типа ХХХХ указано: ток срабатывания при грозовом импульсе тока 8/20 мкс - 2400 ±480 А. Очевидно, как следует из табл. 3.25 [7], данный регистратор **не обеспечит подсчёт значительного числа импульсов тока перенапряжений ограничителя в силу превышения минимального тока срабатывания прибора (примерно 2.5 кА) величины максимального тока (0.6 кА), реально протекающего через ОПН. Следовательно, указанные регистраторы будут хотя и не вредны, но бесполезны.**

2) при выборе типа регистратора для ОПН 35 кВ и ниже, в том числе и для ОПН 6-10 кВ, установленных в закрытых распределительных устройствах, необходимо учитывать более низкие значения токов, протекающих через ограничители - от 50А.

Таким образом, для контроля срабатывания подобных ограничителей регистраторы должны иметь минимальные пороговые токи. С этой точки зрения, регистраторы перенапряжений типа ИТ-Д2.03 по величинам пороговых токов разделены на три группы:

- 1 группа: 50 А - для ОПН классов напряжения сети 35 кВ и ниже;
- 2 группа: 300 А - для ОПН классов напряжения сети 110-220 кВ и выше;
- 3 группа: 500 А - для ОПН классов напряжения сети 330 кВ и выше.

Следовательно, **при выборе регистратора необходимо учитывать и класс напряжения сети, в котором предполагается использовать ОПН.**

При разработке регистратора срабатывания на основе трансформаторов тока с электромеханическим счётчиком на столь малые разрядные токи - 50А (и ниже - **по требованию заказчика**) возникают значительные трудности при согласовании коротких и сверхкоротких импульсов тока грозовых и коммутационных перенапряжений положительной и отрицательной полярностей и относительно длительного времени срабатывания электромеханического счётчика.

**В НПО ДЕЛЬТА разработана модификация регистратора ИТ-Д2.03 со сверхмалыми токами срабатываний, предназначенного для контроля ограничителей перенапряжений закрытых РУ 6-10 кВ, а также сетей 20-35 кВ с изолированной нейтралью, где токи перенапряжений достаточно малы.**

Указанные регистраторы могут быть выполнены как с электромеханическими счётчиками, так и с электронными, отдельным выполнением датчика и монитора, с выносом монитора от контролируемого ограничителя от нескольких до сотен метров.

## **ТРЕБОВАНИЯ К ЗНАЧЕНИЯМ МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ТОКОВ**

Параметр “максимально допустимый ток” определяет максимальную по значению амплитуду импульса разрядного тока, имеющего форму стандартного грозового импульса 8/20 мкс (для регистраторов ОПН) или 10/350 мкс, регистрируемую и выдерживаемую прибором без разрушения - по [2,3].

Для регистраторов ОПН максимально допустимый ток регламентируется требованиями [4] по значениям амплитуды импульса большого тока (грозовой импульс длительностью 4/10 мкс, используемый для проверки ограничителя к прямым ударом молнии). Так, для ОПН первого

класса пропускной способности (ток пропускной способности до 400 А включительно) амплитуда импульса большого тока равна 65 кА, для ОПН второго и выше классов - 100 кА.

С этой точки зрения, регистраторы для ограничителей перенапряжений, применяемые в комплекте с ОПН первого класса пропускной способности должны выдерживать без повреждений ток до 65 кА, второго и выше - 100 кА импульса 4/10 мкс, что должно быть указано в технической документации на прибор. Хотя, согласно [7], данные параметры для ОПН подстанций существенно завышены, тем не менее с учётом возможности установки регистраторов на подвесных ОПН 110 кВ и выше целесообразно при квалификационных испытаниях подвергать регистраторы указанным воздействиям.

По [2], нормируемая величина данного тока составляет 100 кА импульса 8/20 мкс.

Данный параметр крайне важен для регистраторов, применяемых в устройствах защиты от прямых ударов молнии, входящих в комплекс средств молниезащиты зданий и сооружений. Напомним, что величина тока прямого удара молнии в молниеприёмник может достигать 100 и более килоампер. В соответствии с [2], нормируемая величина данного тока составляет 100 кА импульса 10/350 мкс.

### **ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ РЕГИСТРАТОРА**

К основным требованиям при эксплуатации регистраторов относят безопасность персонала. С этой точки зрения, важным является компоновка прибора - датчика с электронной платой и монитора:

- датчик перенапряжений и индикатор в едином корпусе (тип 1 согласно [3]);
- датчик и индикатор выполнены в отдельных корпусах и разнесены по месту установки (тип 2).

Очевидно, что раздельное исполнение датчика и монитора более предпочтительно. Это объясняется тем, что:

- 1) датчик может быть расположен вблизи от основания ОПН при опорном исполнении на опоре (металлоконструкции), при этом заземляющий проводник будет иметь минимальную длину с минимальными изгибами (т. е. минимальное импульсное сопротивление);
- 2) монитор (мониторы при трёхфазном исполнении) может быть смонтирован на конструкции в безопасных местах с точки зрения допустимого расстояния от электрооборудования и заземляющего проводника контролируемого ОПН;
- 3) мониторы могут быть расположены на достаточном расстоянии в щитах контроля общеподстанционного пульта управления (ОПУ);
- 4) упрощается замена монитора при неисправности или модернизации оборудования.

Регистраторы могут быть выполнены в однофазном или трёхфазном вариантах. Очевидно, что при трёхфазном исполнении монитора упрощается контроль за показаниями счётчика и эксплуатация комплекта.

Конструкция регистратора должна отвечать требованиям по исполнению ограничителей - опорного или подвесного, причём при подвесном исполнении требуется учитывать и способ установки и монтажа ограничителя на опоре. С учётом того, что ограничители при подвесном исполнении могут быть установлены не в каждой фазе, то необходимо знать и количество ограничителей в комплекте и приблизительную высоту их установки.

Крайне важный вопрос для эксплуатационников - приспособленность конструкции регистратора к диагностике самого прибора. С этой точки зрения, диагностика прибора должна осуществляться на месте установки прибора без его демонтажа, при этом диагностические устройства должны быть простыми и доступными и дешёвыми.

Кроме основных токовых параметров, обеспечивающих фиксацию перенапряжений, конструкция регистратора должна обеспечивать стойкость к механическим и климатическим воздействующим факторам в пределах ТУ.

Исходя из этого, регистратор должен иметь исполнение, соответствующее контролируемому ограничителю.

Так, регистраторы токов ОПН 35 кВ и выше, установленных в открытых РУ или в комплекте с подвесными ограничителями воздушных ЛЭП, должны быть предназначены для эксплуатации в районах с умеренным или (и) холодным климатом в условиях, предусмотренных для климатического исполнения У или (и) ХЛ, категории размещения 1 по ГОСТ 15150, и должны удовлетворять в части климатических воздействий требованиям ГОСТ 15150.

Таким образом, при выборе регистратора перенапряжений ОПН необходимо:

- 1) проанализировать соответствие электрических параметров выбираемых регистраторов и ожидаемых минимальных и максимальных величин токов ограничителей перенапряжения;
- 2) оценить возможность и целесообразность применения данного типа регистратора для опорного или подвесного исполнения ОПН, однофазного или трёхфазного вариантов, совмещённого или раздельного выполнения, монтажа мониторов на опорах ОПН или в щитах контроля электрооборудования;
- 3) оценить приспособленность регистратора к самодиагностики;
- 4) проанализировать требуемые условия эксплуатации регистраторов и заявляемые характеристики по диапазону допустимых температур, влажности и др.

## ЛИТЕРАТУРА

1. О регистраторах срабатываний вентильных разрядников и ограничителей перенапряжений классов 110 кВ и выше. Дементьев Ю. А. и др. (РАО “ЕЭС России). Энергетик. 2001, №9 , с.20, рус.
2. Европейский стандарт EN 50164-6. Компоненты молниезащиты. Часть 6. Требования к счётчикам разряда молнии
3. ТУ 3414-002-59487440-2010 “Регистраторы импульсов тока грозовых и коммутационных перенапряжений” НПО ДЕЛЬТА, г. Санкт-Петербург, 2010 г.
4. ГОСТ Р 52725 - 2007 “Ограничители перенапряжений нелинейные для электроустановок переменного тока напряжением от 3 до 750 кВ. Общие технические условия.”
5. РД 34.21.122-87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. Утверждена Главтехуправлением Минэнерго СССР 12.10.87 г.
6. СО 153-34.21.122-2003 . Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений и промышленных коммуникаций. Утверждена Приказом Министерства энергетики России от 30.06.03 № 280. Введена в действие с 30.06.03- М.: Издательство МЭИ, 2004. - 57с.
7. Александров Г.Н. Молния и молниезащита /Александров Г.Н.; [ отв. ред. В. Н. Козлов]; Ин-т электрофизики и электроэнергетики РАН.- М.: Наука, 2008. -274с.