

## Эксплуатация ОПН в сетях 6-35 кВ ОАО «Крымэнерго»

Вед. инженер по диагностике ОАО «Крымэнерго» А.В.Терещенко

В сетях 6-35 кВ «Крымэнерго» за период с 2003 по 2006 год установлено 2270 ограничителей перенапряжений (ОПН). В основном это продукция французской компании AREVA (бывшая ALSTOM) типа Varisil HE15, Varisil HI 54, компании АВВ-типа POLIM 8-12 D и незначительное число производства «Тавриды-электрик», приобретённые ещё до 2003 года вместе с вакуумными выключателями.

Установка в «Крымэнерго» ОПН 6-35 кВ вместо разрядников, во-первых, обеспечила обновление защиты от перенапряжений (ПН), т.к. разрядники в своём большинстве уже выработали свой защитный ресурс. Кроме этого, прекращено их производство, а приобретаемые в ещё недавнее время им на замену РВП и РВС от сомнительных поставщиков, как правило, не новые разрядники, хранившиеся на складе, а восстановленные из отбракованных или просто похищенные и перепроданные с заменой маркировки. Во-вторых, появился аварийный резерв разрядников на крайний случай, если потребуется замена, а ничего другого нет. В-третьих, ОПН защищают кроме атмосферных также и от коммутационных ПН. В-четвёртых, в условиях общего износа сетей из-за эксплуатации более 25 лет, ОПН «освежили» защиту сетей от ПН, сделав её гибче, т.к. срабатывание ОПН при волне ПН происходит по всем фазам одновременно в отличие от вентильных разрядников. В-пятых, ОПНы не требуют в эксплуатации периодических испытаний. Модернизация защиты сети на фоне ОПН заставила коренным образом заняться пересмотром защиты всей системы от ПН и проблемы компенсации емкостных токов, т.к. присутствуют места с недокомпенсацией из-за отсутствия плавнорегулируемых ДГК.

Техническое состояние распределительных сетей из-за отсутствия необходимых средств на своевременную замену и качественный ремонт поврежденного электрооборудования (ЭО) постоянно ухудшается, в этом решающую роль играет и фактор естественного старения. При этом все острее становится проблема поддержания на достаточно необходимом уровне надежности работы систем электроснабжения потребителей электрической энергии. Протяженные распределительные сети зачастую работают в тяжелых условиях загрязнения, увлажнения, частых динамических и термических перегрузок, при этом средняя продолжительность эксплуатации большей части основного электрооборудования этих сетей значительно превышает нормативные сроки службы.

Все это приводит к заметному увеличению повреждаемости электрооборудования сетей по причинам различных дефектов, в том числе развивающихся под действием эксплуатационного напряжения.

Наибольшую опасность представляют дуговые перенапряжения, возникающие в сети при перемежающемся характере горения дуги в месте пробоя фазной изоляции на землю. Таким образом, основным направлением мероприятий по повышению надежности работы сетей среднего напряжения является предотвращение коммутационных и, особенно, дуговых перенапряжений.

В сложившихся условиях эффективное решение задачи существенного повышения уровня надежности работы распределительных сетей может быть найдено только в комплексном подходе к решению этой проблемы.

С одной стороны, необходимо идти по пути постепенной замены электрооборудования с изношенной изоляцией на новое, для которого большинство внутренних перенапряжений не будут опасны в такой степени, а с другой - принять меры по предельному снижению всех электрических воздействий на ослабленную изоляцию, создав условия для продления срока эксплуатации состарившегося электрооборудования. В «Крымэнерго» этот процесс начался с обновления парка защищаемой от ПН

аппаратуры, кроме этого 27 вводов 110 кВ силовых трансформаторов с бумажно-масляной изоляцией заменены на ввода с RIP-изоляцией, 6 масляных выключателей 110 кВ заменены элегазовыми, 2 масляных выключателя 35 кВ на вакуумные и 36 ячеек 10 кВ с масляными выключателями на ячейки с вакуумными компании AREVA (ALSTOM). Другими словами, взят курс на замену старого и установку нового электрооборудования, которое не требует постоянного контроля за состоянием изоляции

Повышение надежности работы распределительных сетей может быть достигнуто путем существенного ограничения внутренних перенапряжений за счет оптимизации режима заземления нейтрали. Режим нейтрали электрической сети высокого напряжения является важнейшим фактором, определяющим характер эксплуатации электрооборудования, влияющим на выбор изоляции и организацию релейной защиты. Этот режим определяет переходные электромагнитные процессы и связанные с ними перенапряжения, условия электробезопасности при замыканиях на землю и требования к заземляющим устройствам электроустановок.

Основным достоинством сетей с изолированной нейтралью является высокая степень надежности электроснабжения потребителей электрической энергии при относительно малых расходах на резервирование, поскольку при однофазных замыканиях на землю (наиболее частый вид повреждения) сеть может оставаться в работе длительное время, достаточное для отыскания и устранения места повреждения. Однако при работе сети с изолированной нейтралью однофазные замыкания на землю неизбежно сопровождаются возникновением специфических для этого режима ПН, к основным из которых относят дуговые ПН. Такие ПН существуют в виде переходных процессов при перемежающейся дуге и опасны для ЭО высокими кратностями и своей продолжительностью. И тут возникает вопрос возможности использования ОПН для оптимизации режима заземления

Ещё один важный момент по обеспечению бесперебойного режима работы сетей-это оптимизация процесса компенсации емкостных токов. В настоящее время в этом направлении рассматривается комплексное решение проблемы: резистивное заземление изолированной нейтрали, использование существующих ДПК со ступенчатым регулированием и возможность применить здесь ОПНы.

Характеристики ОПН класса напряжений 6-10 кВ, большинство которых установлено в Компании, указаны в Таблице 1. Этот тип ОПН по своим характеристикам подходит для сетей, как 6 кВ, так и 10 кВ. Установочные размеры и характеристики ОПН типа Varisil других классов напряжений приведены в Таблице 2.

Таблица 3

Год	Все отключения	Отключения при грозе	Успешное АПВ	Грозовые дни
2002		114	66	65
2003		35		29
2004	279	112	140	
2005	207	45	121	
2006 на 17.08	179	23		



Фото 1. ОПНы типа Varisil HE15 в ячейке ТН-10 ПС 35/10 кВ Вольная Евпаторийского ВРЭС.  
Установлены в 2004 г вместо вентильных разрядников.

ОПНы в «Крымэнерго» установлены на шинах силовых трансформаторов 35-110 кВ, в ячейках ТН 6-10 кВ, в ТП и РП и в местах перехода ВЛ в КЛ 6-10 кВ. ОПНы 35 кВ установлены пока на нескольких ПС 110 кВ в тех местах, где РВС-35 не испытывались из-за плотной компоновки ЭО и необходимости при испытаниях погашения питания большей части ПС.

За 3 года после установки ОПН произошло 4 случая их повреждения:

в ячейке ТН-10 кВ в ЗРУ на ПС Белогорск при невыясненных обстоятельствах, когда

- произошло повреждение отходящего кабеля
- в ячейке ТН-10 кВ в ЗРУ на ПС Вторчермет, когда при обесточенной релейной защите произошло выгорание всей секции шин 10 кВ
- в ячейке ТН-10 кВ в ЗРУ на ПС Марьино также при повреждении отходящего кабеля
- на шинах трансформатора 110/10 кВ ПС Ялта при не совсем ясных обстоятельствах

В Украине сейчас имеют хождение ОПНы компаний Raychem (Германия), АВВ, AREVA (ALSTOM), стали появляться и агенты Санкт-Петербургских компаний «Полимераппарат» и «Севзаппром». Наиболее предпочтительные из всех изученных ОПН, по мнению автора этой статьи- компании Raychem. На Фото 3 видны ОПН этой компании на 6, 10 кВ, 220 В со счётчиком и в разобранном виде и крепёжный элемент. В данной статье не запланирована реклама, поэтому интересные моменты об этих ОПН освещены в Приложении 1.



Фото 3. ОПНы компании Raychem и аксессуары.

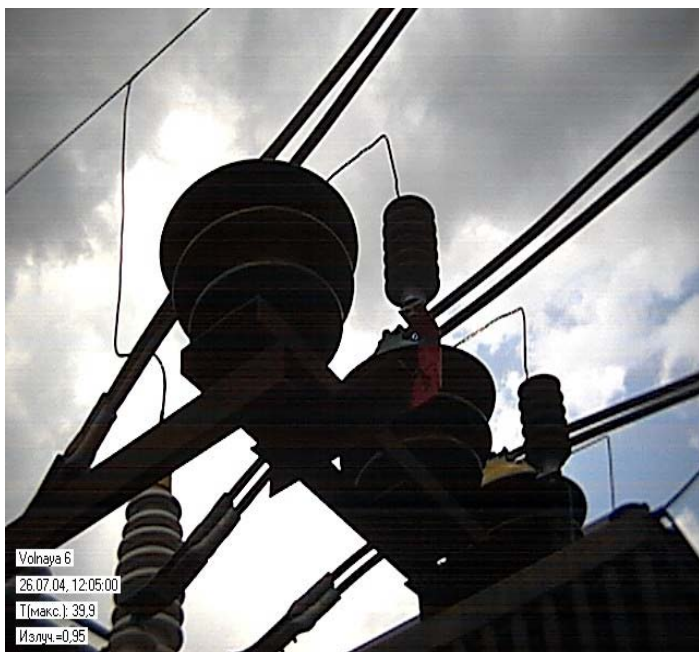


Фото 2. ОПНы типа Varisil HE15 на шинном мосту Т-2 ПС Вольная. ОПНы установлены на кронштейне с опорными изоляторами вместо вентильных разрядников.

Один из существенных резервов повышения надежности и экономичности эксплуатации сетей- снижение повреждаемости ЭО собственных нужд (СН) из-за ПН. Собранный и проанализированный более чем за двадцатилетний период, начиная с 1974 г., статистический материал по нарушениям нормальной работы и повреждаемости ЭО сетей СН ряда электростанций “Донбассэнерго” показывает, что ежегодная аварийность, связанная с ПН, составляет 3,9 — 5,4%. Тяжести последствий и количество выведенного из строя ЭО составляет в среднем 14,7%. Наиболее опасны ситуации во время однофазных замыканий на землю в сети 6 кВ, т.к. происходит групповой выход из строя ЭО. По анализам они составляют примерно 86% от общего числа случаев нарушения нормальной работы сети СН из-за ПН. Повреждаются в основном электродвигатели, работающие в наиболее тяжелых условиях загрязнения и увлажнения и имеющие меньшие конструктивные запасы электрической прочности. Релейная защита, предусмотренная в сетях, в большинстве случаев не чувствительна к однофазным замыканиям на землю из-за малой величины тока замыкания.

Есть точка зрения, что предусмотренные в сетях СН средства защиты от перенапряжений недостаточно надежны. И это несмотря на то, что на некоторых электростанциях установлены нелинейные оксидно-цинковые ограничители перенапряжений серии ОПН. Они сами зачастую при эксплуатации являются объектами повышенной опасности. Нередки случаи перехода однофазных замыканий в двухфазные, двойные и тройные короткие замыкания на землю. Поэтому очень важно при выборе ОПН руководствоваться полной информацией, исключающей возможность ошибок. Такой методики в Украине пока нет, поэтому в Облэнерго ведётся индивидуальный подход по выбору ОПН, основанный на рекомендациях поставщиков, их методических указаниях и отдельных моментах нормативной документации.

Таблица 1

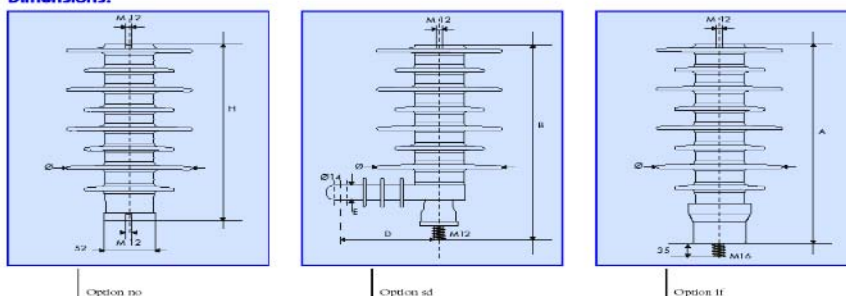
№№	Наименование характеристик	Данные
1.	Тип ОПН	HE 15
2.	Номинальное напряжение $U_r$ , кВ	15
3.	Продолжительное действующее напряжение $U_c$ , кВ	12,7
4.	Максимальное остающееся напряжение при грозовом импульсе 5 кА 8/20мкс, кВ от пика	40,7
5.	Максимальное остающееся напряжение при грозовом импульсе 10 кА 8/20мкс, кВ от пика	43,3
6.	Максимальное остающееся напряжение при грозовом импульсе 20 кА 8/20мкс, кВ от пика	47,8
7.	Коммутационное остающееся напряжение при импульсе 500 А 30/80 мкс, кВ	34,4
8.	Остающееся напряжение при крутом импульсе тока 10 кА 1/2.5 мкс, кВ	46,8
9.	Прочность изоляции к импульсу 1.2/50, кВ	110
10.	Длина пути тока утечки, мм	650
11.	Вес вариант sd	1.8

Main features of VARISIL HE - 10 kA - line discharge class 1

	HE 05	HE 06	HE 09	HE 10	HE 12	HE 15	HE 18	HE 21	HE 24	HE 27	HE 30	HE 33	HE 36	
Distribution heavy duty surge arresters														
Rated voltage $U_r$	kV rms.	5	6	9	10	12	15	18	21	24	27	30	33	36
Continuous operating voltage $U_c$	kV rms.	4.25	5.1	7.65	8.4	10.2	12.7	15.3	17.5	20	22.5	25	27.5	30
Maximum residual voltage at 5 kA 8/20 impulse	kV peak	14.3	15.4	26.4	27.5	30.8	40.7	46.2	56.1	61.2	72.2	76.2	87.2	91.7
<b>Maximum residual voltage at 10 kA - 8/20 impulse</b>	<b>kV peak</b>	<b>15.2</b>	<b>16.4</b>	<b>28.1</b>	<b>29.3</b>	<b>32.8</b>	<b>43.3</b>	<b>49.1</b>	<b>59.7</b>	<b>65.1</b>	<b>76.8</b>	<b>81.1</b>	<b>92.8</b>	<b>97.5</b>
Maximum residual voltage at 20 kA 8/20 impulse	kV peak	16.8	18.1	31.1	32.4	36.2	47.8	54.3	66.0	71.9	84.9	89.6	102.5	107.7
Switching residual voltage at 500 A - 30/80 impulse	kV peak	12.1	13.0	22.3	23.3	26.1	34.4	39.0	47.5	51.8	61.1	64.5	73.8	77.5
Steep current impulse residual voltage at 10 kA - 1/2.5 impulse	kV peak	16.4	17.7	30.3	31.6	35.4	46.8	53.0	64.5	70.3	82.9	87.6	100.2	105.3
Insulation withstand - 1.2/50 impulse	kV peak	95	95	95	95	95	110	110	125	125	170	170	170	170
Creepage distance	mm	480	480	480	480	480	650	650	800	800	1200	1200	1200	1200
Weight - option sd	kg	1.2	1.2	1.4	1.4	1.5	1.8	1.9	2.5	2.6	3.0	3.1	3.3	3.4

Таблица 2.

Dimensions:



HE ref	05	06	09	10	12	15	18	21	24	27	30	33	36
H			165			205		245			325		
∅			105			110		110			115		
A			215			255		295			375		
B			245			285		325			405		
D			105							175			
E			14							23			

All dimensions in mm.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ОПН Компании Raychem

Наряду со стандартными характеристиками, общими для всех ОПН, ОПН 10-110 кВ Компании Raychem имеют такие:



- постоянство параметров (полностью исключается возможность появления электрической дуги внутри конструкции, поэтому нет воздействия влажности и загрязненности окружающей среды на момент срабатывания и, следовательно, нет необходимости в периодическом освидетельствовании, как для разрядников, что снижает эксплуатационные расходы);

- малый вес и габариты (вес ОПН производства Райхем HDA-41 весит 5,9кг);

- малые величины токов утечки по поверхности (корпус изготовлен из самоочищающегося полимера с антитрекингowymi свойствами, не подверженного старению под воздействием солнечного ультрафиолета и погодных условий);

- при критических значениях поглощаемой энергии нет опасности повреждения оборудования и персонала осколками из-за теплового взрыва как это происходит с разрядниками (тепловой взрыв происходит из-за резкого увеличения объема содержащихся внутри разрядника газов, в частности, остаточного воздуха и водяных паров). Цельный трекингостойкий изолирующий корпус, молекулярная склейка элементов, уникальные свойства материалов и конструкции ОПН Райхем позволяют гарантировать отсутствие воздуха внутри ОПН и обеспечить наилучшую стойкость к явлениям трэкинга и эрозии, что значительно продлевает срок службы продукции и снижает эксплуатационные расходы.

- высокая механическая прочность и пренебрежимые токи утечки позволяют использовать ОПН в качестве опорного изолятора и обеспечивают универсальность применения;

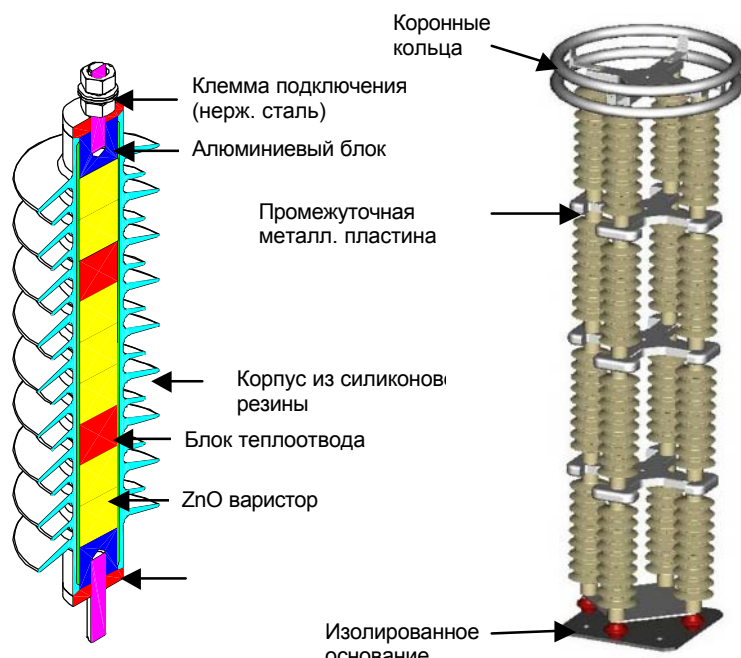
- мягкий полимерный корпус (в отличие от фарфора нет опасности повреждения при неаккуратном обращении или хранении);

- срок хранения неограничен;

Корпус изготовлен из уникального материала HVOT (патент на использование этого материала имеется только у компании Райхем) на молекулярном уровне пропускающем за сутки ориентировочно в 20 раз воды меньше, чем силиконовый материал других производителей напряжения 6-35кВ, что полностью исключает появление электрической короны внутри ОПН, а следовательно значительно продлевает срок эксплуатации, повышает надежность и снижает удельные расходы), кроме того корпус ОПН является термоусаживаемым, что абсолютно исключает наличие воздушных включений, сшивка корпуса производится методом лучевого выбивания атомов H<sub>2</sub>. Технология производства ОПН Raychem включает меньшее количество операций и поэтому является более оптимальной по цене, при очевидных технических преимуществах. Эти ОПН имеют

меньшее остающееся напряжение, большую длину пути утечки, более устойчивы к старению от теплового и ультрафиолетового излучений.

Для напряжений 110кВ-500кВ компанией Райхем производится ОПН модульной конструкции:



Ключевые моменты ОПН модульной конструкции следующие:

- Высокоэффективное выравнивание напряженности электрического поля по всей длине ОПН благодаря геометрическому распределению поля между несколькими колонками и наличию промежуточных металлических пластин, которые создают дополнительную емкость, (что ведет к значительному увеличению срока службы, снижению затрат на обслуживание и эксплуатацию).
  - Высокая эффективность и пропускная способность ОПН при обеспечении низкого уровня остающегося напряжения, (что предохраняет изоляцию дорогостоящего оборудования от ПН и значительно продлевает срок его эксплуатации).
  - Легкий вес и быстрота сборки благодаря модульности конструкции (не требуется применение тяжелых подъемных механизмов при монтаже и массивного основания под ОПН, необходимо меньше персонала).
  - Решетчатая структура обеспечивает небольшой вес и дает конструкции исключительную прочность (ОПН способен противостоять сейсмическим воздействиям).
  - Конструкция содержит прочные небольшого размера коронные кольца, поэтому основание намного меньше, чем у колонковых ОПН.
  - Полимерный корпус не бьется и не разрушается при перевозке и в эксплуатации.
  - Отсутствие воздушных включений в конструкции гарантирует более длительный срок службы и исключает возможность взрыва.
  - Отличная работа в самых тяжелых условиях промышленного и природного загрязнения, доказана многолетней эксплуатацией в СНГ, Северной Америке, Западной и Восточной Европе.
  - Модульная конструкция ОПН Райхем позволяет применять нестандартный ОПН любого класса напряжения с параметрами любого класса разряда линии, т.е. произвести ОПН 4-го или 5-го класса для напряжения 6-10кВ, если в этом возникает необходимость.
  - Экологически чистый продукт.
- Компания Райхем производит счетчики импульсов срабатывания различных модификаций.