

**КИМ ЕН ДАР**, д-р.техн. наук, УИПА  
**В.Н. ТАРАН**, инженер, ГП НИИВН (Харьков)

### СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПО АВАРИЙНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ 220 кВ И ВЫШЕ

В статті проаналізовано статистичні дані щодо відмов ізоляції високовольтного обладнання розподільчих пристроїв 220 кВ та вище.

In this paper have been analysed failure insulators' for high-voltage equipment of distributing devices for 220 kV and higher statistical data.

В энергосистемах Украины находятся в эксплуатации 131 трансформаторных подстанций класса напряжений 220кВ и выше. Каждой из подстанции присущи свои условия работы, характеризующиеся климатическими условиями, степенью загрязненности окружающей среды, средствами и качеством контроля оборудования, своевременностью выполнения профилактических работ и т.д. С учетом большого количества оборудования и аппаратов высокого напряжения различного назначения, составляющего систему подстанционной сети, при оценке надежности работы подстанции в качестве показателя принимается удельная частота отказов одной подстанции:

$$F = \frac{n}{N \times t},$$

где:  $n$ - число отказов оцениваемой подстанции;  $N$ - число обследуемых подстанций;  $t$  – период контроля, лет.

Аналогичным образом определяется удельная частота отказов отдельного подстанционного оборудования, только при этом в формуле принимается:

$$n = n_{об},$$

где  $n_{об}$  – число отказов интересующего нас оборудования на конкретной подстанции.

Под отказом энергетических объектов понимается авария или выход из нормального режима согласно РД 34.20.801-90 «Инструкция по расследованию и учету технологических нарушений в работе электростанций, сетей и энергосистем».

Основными объектами обследования являлись: силовые трансформаторы; измерительные трансформаторы; высоковольтные выключатели; разъединители; разрядники; отделители; короткозамыкатели; реакторы; изоляция; сборные шины.

Под отказом подстанции принимается отказ хотя бы одного из перечисленных объектов.

В статье приведены результаты анализа отчетных материалов энергосистем Украины за период 1982-2002гг. Нам представляется, что за истекшее время соотношения между рассматриваемыми параметрами не потеряли значительных изменений.

Сводные данные по удельной частоте отказов за этот период показывают, что величина  $F$  на разных подстанциях колеблется в диапазоне от нуля до единиц отказов в год. При этом было выявлено, что урони отказов на подстанциях с большим классом напряжения заметно выше, чем на подстанциях более низкого напряжения.

В качестве примера на рис.1 приведено распределение удельной частоты отказов по каждому оборудованию подстанций 330кВ. Эти данные являются результатом анализа 58 рассмотренных подстанций этого класса напряжения, поэтому представляются наиболее объективными.



Как видно из этого рисунка, чаще всего выходят из нормального режима работы выключатели, силовые трансформаторы и разъединители. Такая тенденция отмечается и для оборудования на подстанциях 750кВ и 220кВ.

Так как оборудование состоит из различных элементов и узлов, и конструктивное исполнение оборудования для разных классов напряжений существенно отличаются друг от друга, статистика отказов составляющих элементов тоже была различна в зависимости от класса напряжения. В частности, для воздушных выключателей на 220кВ отказы до 49% были обусловлены повреждением привода, до 33% - дугогасительной камерой, до 16% - контактной системой. Для воздушных выключателей на напряжении 330кВ самой весомой причиной отказа явились повреждения опорных изоляторов – до 40%, затем идут поломка привода - до 28% и выход из строя высоковольтных вводов – до 14%.

Для силовых трансформаторов на 750кВ чаще всего происходит нарушение внутренней изоляции – до 43%; на втором месте по значимости, до 19%, зарегистрировано перекрытие внешней изоляции; на третьем месте –

попадание птиц и посторонних предметов (до 14%); около 10% отказов трансформаторов вызваны повреждением высоковольтных вводов и опорных изоляторов. В то же время, для трансформаторов класса 330кВ на первое место по весомости причин отказов выходит повреждение высоковольтных вводов - до 44%; на внутреннее короткое замыкание относят отказы до 20%, на перекрытие и разрушение опорных изоляторов-до 5%.

Весовые составляющие причин отказов разъединителей для различных классов также значительно отличаются между собой (таблица 1).

В целом, если ранжировать причины аварий на подстанциях по уровню повреждаемости элементов, то можно составить следующую последовательность:

- 1-внутренняя изоляция трансформаторов;
- 2-высоковольтные вводы;
- 3-приводы коммутационных аппаратов;
- 4-опорные изоляторы;
- 5-дугогасительные камеры;
- 6-резиновые уплотнения высоковольтных выключателей;
- 7-полые провода

Таблица 1

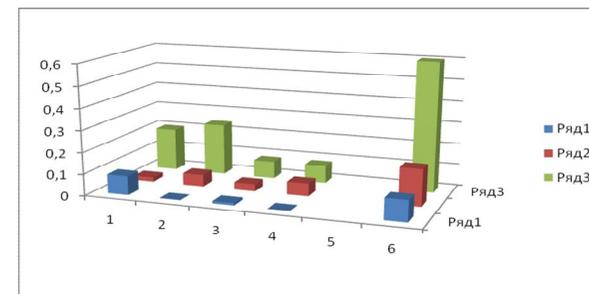
Класс напряжения	Элементы повреждения			
	привод	изолятор	контактная система	прочие
750кВ	61%	32%	3,2%	3,2%
330кВ	15%	74%	7,4%	3,7%

В таблице 2 приведены показатели надежности оборудования с наиболее высоким уровнем повреждаемости (см. рис.1) и связанная с ним доля удельных отказов высоковольтных вводов и опорных изоляторов, обобщенные по всем подстанциям на 330кВ.

Таблица 2

Объект подстанционного оборудования						
Силовой трансформатор		Высоковольтный выключатель				Разъединитель
		воздушный		масляный		
$F=0,2$		$F=0,24$		$F=0,08$		$F=0,08$
ввод	изолятор	ввод	изолятор	ввод	изолятор	изолятор
43,9%	9,8%	--	22,4%	14%	41,8%	74,1%
0,088	0,02	--	0,0538	0,0112	0,0334	0,0593

Для наглядности удельные уровни отказов таблицы 2 представлены в виде гистограмм на рис. 2, где ряд Ряд1 относится высоковольтным вводам; ряд Ряд2- опорным изоляторам; ряд Ряд3- оборудованию.



1 – силовые трансформаторы, 2 – выключатели воздушные; 3 – выключатели масляные; 4 – разъединители; 6 – суммарная частота отказов

Рис. 2 Удельные уровни отказов оборудования

Из приведенных данных обследования подстанций 330кВ получаем, что из суммарной удельной частоты отказов  $F$  силовых трансформаторов, высоковольтных выключателей и разъединителей, равной 0,60 отк/год, 0,1 отк/год относится высоковольтным вводам и около 0,17 отк/год – опорным изоляторам. Это означает, что для наиболее подверженного к отказам подстанционного оборудования доля отказов по причине повреждения только вводов и изоляторов достигает до 45%. К тому же следует отметить, что выход со строя перечисленного оборудования на подстанциях квалифицируется как тяжелая аварийная ситуация.

Высокий уровень повреждаемости опорных изоляторов подтверждается недавно проведенными обследованиями их состояния в Юго-Западной электроэнергетической системе НЭК «Укрэнерго». (М.П. Лабзун. Диагностика опорно-стержневых изоляторов средствами инфракрасной техники// Электрические сети и системы. -2009-№2). За период 2002-2008гг проверены 7500 изоляторов, что составляет более половины от общего количества изоляторов в данной энергосистеме. Из них дефектных изоляторов составило около 12%.

**Заключение.** В данной статье дана информация как об общей картине аварийности распределительных устройств 220 – 750 кВ Украины, так и, в частности, об уровнях отказов конкретных видов энергетического оборудования и их составных элементов, проведено ранжирование весовых составляющих причин отказов различных элементов подстанционного оборудования.

**Список литературы:** 1. Лабзун М.П. Диагностика опорно-стержневых изоляторов средствами инфракрасной техники / М.П. Лабзун // Электрические сети и системы. -2009. -№2 .

Поступила в редколлегию 03.09.2010