

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ 6-35кВ

Карнеко Павел Андреевич

студент

Гомельского государственного технического университета имени П.О. Сухого,
Республика Беларусь, г. Гомель**Токочаков Владимир Иванович**

канд. хим. наук,

Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого,
Республика Беларусь, г. Гомель

Опасность тех или иных перенапряжений для изоляции определяется ее запасами электрической прочности. В сетях средних классов напряжения изоляцию проверяют одноминутным испытательным напряжением 50 Гц и импульсными воздействиями, причем первые с некоторыми оговорками одновременно отражают характеристики изоляции при внутренних перенапряжениях с основными частотами ближе к 50 Гц, а вторые – при грозовых перенапряжениях и внутренних перенапряжениях с основными частотами в несколько десятков или сотен кГц. Ниже приводятся допустимые кратности атмосферных и внутренних перенапряжений на изоляции силовых трансформаторов 6-35кВ, имеющих наиболее слабую изоляцию.

В таблице 1 приведена допустимая кратность атмосферных перенапряжений относительно наибольшего рабочего и номинального напряжений сети для трансформаторов с нормальной изоляцией. При этом допустимое импульсное напряжение на изоляции при грозовых перенапряжениях определено из соотношения $U_{доп} = 1,1 \times (U_{пв} - U_{н}/2)$, где $U_{пв}$ – нормированное испытательное напряжение грозовых импульсов трансформаторов, $U_{н}$ – номинальное напряжение трансформаторов.

Трансформаторы с нормальной изоляцией предназначены для работы в сетях, подвергающихся воздействию атмосферных перенапряжений и расчетными для них являются атмосферные перенапряжения.

Таблица 1.

Кратности грозовых перенапряжений для внутренней изоляции трансформаторов 6-35кВ с нормальной изоляцией

Наименование	Кратности перенапряжений					
	6	10	15	20	24	35
Номинальное напряжение, действующее значение, кВ	6	10	15	20	24	35
Наибольшее рабочее напряжение в электрической сети, действующее значение, кВ	6,9	11,5	17,5	23,0	26,5	40,5
Нормированное испытательное напряжение грозовых импульсов, максимальное значение, кВ	60	80	108	130	150	200
Допустимое значение, величины импульсных перенапряжений, максимальное значение, кВ	62,5	82	110	131	151	200
Кратность допустимых грозовых перенапряжений по отношению к наибольшему рабочему фазному напряжению	11	8,8	7,6	6,9	7,0	5,9
Кратность допустимых грозовых перенапряжений по отношению к наибольшему рабочему напряжению	6,4	5,0	4,4	4,0	4,0	3,45
Кратность допустимых грозовых перенапряжений по отношению к номинальному фазному напряжению	13	10,5	9,0	8,1	7,7	6,7
Кратность допустимых грозовых перенапряжений по отношению к номинальному напряжению	7,6	5,9	5,2	4,7	4,4	3,85

Учитывая значительную долю повреждений от внутренних перенапряжений, в таблице 2 приведены

допустимые для нормальной изоляции сетей 6-35 кВ кратности внутренних перенапряжений.

Таблица 2.

Кратности внутренних перенапряжений для внутренней изоляции трансформаторов 6-35 кВ с нормальной изоляцией

Наименование	Кратности перенапряжений					
	6	10	15	20	24	35
Номинальное напряжение, действующее значение, кВ	6	10	15	20	24	35
Нормированное испытательное напряжение промышленной частоты, действующее значение, кВ	25	35	45	55	65	85
Допустимое значение величины внутренних перенапряжений, действующее значение, кВ	29,5	41,5	53	65	76,5	100
Кратность допустимых внутренних перенапряжений по отношению к наибольшему рабочему фазному напряжению	7,5	6,2	5,2	4,8	5,0	4,3
Кратность допустимых внутренних перенапряжений по отношению к наибольшему рабочему напряжению	4,3	3,6	3,0	2,8	2,9	2,5
Кратность допустимых внутренних перенапряжений по отношению к номинальному фазному напряжению	8,4	7,2	6,0	5,8	5,5	5,0
Кратность допустимых внутренних перенапряжений по отношению к номинальному напряжению	4,9	4,15	3,5	3,3	3,2	2,9

Допустимая величина этих перенапряжений определена по формуле $U_{\text{Доп}} = \delta_{\text{ВН}} \times K_{\text{ВН}} \times U_{\text{Н}}$, где $\delta_{\text{ВН}}$ – коэффициент импульса при внутренних перенапряжениях для класса напряжения 6-35кВ, $K_{\text{ВН}} = 0,9$ – коэффициент кумулятивности, $U_{\text{Н}}$ – испытательное напряжение рабочей частоты.

Как видно из таблиц 1, 2 трансформаторы 6-35кВ с нормальной изоляцией по внутренним и грозовым перенапряжениям имеют достаточно высокие запасы по допустимым воздействиям – более 5,0 по грозовым и 4,3 по

Показатели надежности систем электроснабжения в целом в значительной степени определяются уровнем надежности распределительных электрических сетей напряжением 6-35кВ. Аварийность в сетях напряжением 6–35 кВ, работающих в режиме с изолированной или резонансно-заземленной нейтралью, в значительной степени связана с внутренними перенапряжениями.

Основными причинами замыканий на землю являются:

- повреждение опор линий в воздушных сетях, перекрытие и повреждение изоляции на опорах, повреждение кабельных муфт при переходе воздушных линий в кабельные;
- повреждение изоляции на подстанциях в кабельных сетях, повреждение концевых и соединительных муфт, повреждение при земляных работах в районе трассы кабеля, повреждения в кабелях.

Наиболее уязвимым элементом электрической сети при воздействии внутренних перенапряжений являются кабели, в частности места соединения их друг с другом и с остальными элементами сети. Поэтому значительная доля повреждений связана с перенапряжениями при однофазных замыканиях на землю в кабельных сетях.

Однофазные замыкания возникают, как правило, в местах дефектов изоляции кабельных линий и оборудования подстанций из-за старения изоляции,

невыполнения технологии изготовления изоляционных конструкций на заводах, норм и инструкций при монтаже и эксплуатации оборудования, а также механических повреждений, которые в момент их появления приводят лишь к частичному снижению электрической прочности изоляции.

Внутренние перенапряжения часто возникают при переходных процессах от перемежающейся дуги и опасны для изоляции электроустановок своей продолжительностью и широтой охвата сети, электрически связанной с местом повреждения.

Большое влияние на процесс старения изоляции оказывают технологические и эксплуатационные факторы. К технологическим факторам относят скрытые дефекты изготовления и монтажа, использование материалов, не удовлетворяющих предъявляемым к ним требованиям, изменение режимов термовакуумной обработки изоляции после изготовления, дефекты опрессовки.

К эксплуатационным факторам, если исключить аварии, вызванные ошибками персонала, относятся, в первую очередь, перегрузки: токи короткого замыкания, коммутационные и грозовые перенапряжения.

Перегрузки ведут к зарождению различного рода дефектов, которые затем развиваются в рабочем режиме.

Накопление дефектов и ослабление изоляции приводит к тому, что ослабленная изоляция может быть затем повреждена и умеренными перенапряжениями или другими воздействиями. Поэтому перенапряжения являются скрытой причиной большего числа аварийных отключений, чем это указывается в литературе.

Междуфазное короткое замыкание возникает, как правило, после многократных случайных воздействий. В сложном комплексе мест с ослабленной изоляцией нарушение в сети происходит тогда, когда хотя бы одно место с наиболее ослабленной изоляцией (с наибольшим дефектом) окончательно потеряет электрическую прочность.

Для обеспечения достаточно высокой эксплуатационной надежности необходимо принимать меры по усилению изоляции и ограничению перенапряжений.

Наиболее частым видом внутренних перенапряжений в сетях 6–35кВ являются перенапряжения, связанные с однофазными замыканиями на землю.

Их доля от всех видов аварий составляет до 80%.

Таким образом, несмотря на значительные запасы изоляции, аварийность сетей напряжением 6–35кВ по причине внутренних перенапряжений достаточно высока. Поэтому разработка эффективных средств исследования перенапряжений в этих сетях и средств их снижения в настоящее время актуальна.

Список литературы:

1. Неклепаев Б. Электрическая часть электростанции и подстанции.
2. Котнеев С. Расчет и оптимизация трансформаторов.
3. Киреева С. Полный справочник по электрооборудованию.
4. Паначевный Б. Курс электротехники.