Основные параметры установки соответствуют оптимальным параметрам переносных испытательных устройств.

Результаты испытаний подтвердили эффективность работы портативного устройства и его расчетные параметры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок. М., «Энергия», 1966. 459 с.
2. Сооружение и эксплуатация кабельных линий. М., «Энергия», 1974, 632 с. Авт.: Б. М. Баранов, П. Г. Поклад, Л. И. Смирнов и др.
3. Ясенев Ю. Д., Козюков В. А., Кормухов В. П. Малогабаритная установка для испытания высоковольтных кабелей. — «Тр. Челябинск. политехн. ин-та», 1974, № 146, с. 152—155.
4. Платонов В. В., Канашинский А. В., Сенчуков А. Л. Малогабаритный аппарат ИК-6М для испытания изоляции силовых кабелей. — «Промыш. энергетика», 1970, № 4, с. 16—18.

УДК 621.315

В. И. ГУЛЬ, канд. техн. наук,
А. А. МИНЧЕНКО

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА РЕАЛЬНУЮ КОНСТРУКЦИЮ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА В УСЛОВИЯХ, СООТВЕТСТВУЮЩИХ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ *

Стеклопластик обладает высокими механическими характеристиками и как изоляционный материал широко применяется в электроэнергетике. Недостаток стеклопластиковой изоляционной конструкции — в ее подверженности к разрушениям поверхностным разрядом. Под действием частичных разрядов в объеме и на поверхности конструкции происходят необратимые изменения с ухудшением изоляционных и, возможно, механических свойств. Внедрение стеклопластиковых изоляционных элементов в электроаппаратостроении и на линиях электропередачи предполагает оценку надежности элемента из стеклопластика после весьма длительного воздействия электрического поля в условиях реальной эксплуатации. Для решения частной задачи, т. е. для конкретной изоляционной конструкции, в Харьковском политехническом институте на кафедре «Передача электрической энергии» в 1973—1975 гг. проведены исследования элемента воздуховода для выключателя ВВБ в габаритах 330 кВ и световода для электропередачи постоянного тока в габаритах 200 кВ. В обоих случаях элемент имеет форму трубы. Разрушительное действие электрического поля на изоляционную конструкцию пропорционально напряженности E. Распределение напряженности E по поверхности стеклопластиковых труб не-

---

* В экспериментах принимали участие Л. В. Галенюк, Н. Н. Секретная, А. С. Цымбал.

равномерное. Исследование распределения напряженности E по поверхности столь совершенного в исходном состоянии изолятора представляет значительные трудности. В данной статье для световода, работающего под воздействием напряжения постоянного тока, применен модернизированный компенсационный метод, а для воздуховода при напряжении переменного тока — метод измерений с использованием клидонографов и последующей экстраполяцией на нулевое влияние измерительных объектов. Результаты измерений приведены на рис. 1.

Позиция *а* — распределение напряженности E постоянного тока по поверхности световода. Отсчет l_x ведется от заземленного конца вертикально стоящей трубы. В верхней части световода смонтирован макет в натуральных размерах устройства, находящегося под высоким напряжением. Наибольшая напряженность наблюдается вблизи макета и составляет при рабочем напряжении световода $E_{max}=0{,}7$ кВ/см. В позиции *б* вертикально установленная труба имеет тонкие бандажи в верхнем и нижнем концах. Напряженность при рабочем напряжении $E_{max}=2{,}86$ кВ/см.

Характер рис. 1 допускает предположение, что отдельные небольшие по длине участки труб находятся под воздействием определенных напряженностей E. Изменения в материале стеклопластиковой трубы будут происходить в первую очередь на участках с наиболее высокой напряженностью поля E. Поэтому именно для указанных участков целесообразно прогнозировать изменение электрических характеристик и по степени этих изменений оценивать надежность всей изоляционной конструкции. Изменяются следующие электрические характеристики: сухоразрядное напряжение $U_{с.р}$, tgδ и C (оба параметра измерялись мостом P-595 при напряжении переменного тока 3 кВ), а также ток утечки $I_{ут}$. Исследование охватило 15 образцов, т. е. отрезков световодов высотой от 15 до 25 см в случае длительного воздействия высокого напряжения постоянного тока от 35 до 132 кВ. Общая длительность приложения высокого напряжения для отрезков световода 763 ч. Электрическое поле по поверхности образцов близко к однородному, что достигается установкой в верхней части образцов сплошных металлических дисков большого диаметра с небольшой кривизной всей поверхности и скругленными краями. Однородность поля по поверхности образцов подтверждается экспериментально.

Исследование при длительном приложении высокого напряжения переменного тока охватывало 27 образцов длиной от 5 до 15 см при воздействующих напряженностях от 1,33 до 4,0 кВ/см. Общая длительность приложения высокого напряжения для отрезков воздуховодов 1086 ч.

В опытах с отрезками световода и воздуховода для ряда образцов периодически (два раза в сутки) измерялся ток утечки $I_{ут}$. Постоянно регистрировалась влажность воздуха. Измере-

ния $u_{с.р}$, tgδ и C выполнялись через 100—150 ч воздействия высокого напряжения.

Сопоставление экспериментальных данных для образцов, находящихся в одинаковых условиях опыта, показывает их различие. Такая группа образцов характеризуется при последующей обработке результатов эксперимента средними значениями параметров. Отклонения отдельных результатов от средних значений достигают 25%, в большинстве случаев — до 15%. Характер изменения тока утечки образцов в основном не согласуется с изменением влажности воздуха, что подчеркивает пре-

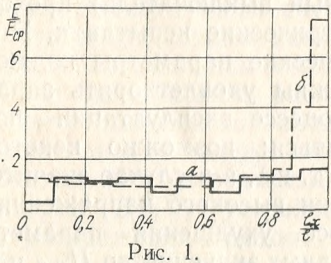

Рис. 1.

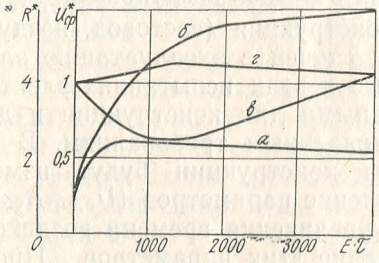

Рис. 2.

имущественное влияние на ток утечки параметров образцов, не зависящих от влажности воздуха. Величину тока утечки в свою очередь определяет приведенное активное сопротивление, найденное по данным измерений tgδ и C образца. Графики изменений усредненных относительных величин сопротивлений образцов R^* в функции $E\tau$ (E кВ/см, τ — время воздействия электрического поля, ч) даны на рис. 2 (*а* — отрезки световода; *б* — отрезки воздуховода).

Сухоразрядное напряжение наиболее полно характеризует электроизоляционные свойства конструкции в условиях закрытого помещения, т. е. заданного условия эксплуатации. Для участка изоляционной трубы сухоразрядное напряжение следует рассматривать наравне с другими параметрами, такими как tgδ или R^*. Изменение усредненных относительных величин $U_{с.р}$ в зависимости от $E\tau$ приведено на рис. 2 (*в* — отрезки световодов, *г* — отрезки воздуховодов).

Анализ рис. 2 позволяет отметить во времени некоторое улучшение параметра R^* для обоих конструкций, что можно связывать с уменьшением под действием электрических разрядов числа «слабых» мест образцов вследствие технологических дефектов при установке электродов на образцы и т. п. При больших $E\tau$ для образцов световода характерно снижение R^* и, соответственно, рост тока $I_{ут}$. Сухоразрядное напряжение $u_{с.р}$ для образцов воздуховода, т. е. при переменном токе, имеет четко выраженную тенденцию к снижению величины после неко-

торого повышения. По-видимому, процессы, приводящие к возрастанию R^* и $U^*_{с.р}$, имеют общие причины. Изменение $U^*_{с.р}$ образцов световода носит менее определенный характер. Однако при наибольших достигнутых за время исследований значениях $E\tau$ ход кривой позволяет отметить тенденцию к снижению $U^*_{с.р}$ при больших $E\tau$.

Аналитическое описание кривых *а, г* (рис. 2) после максимума с достаточной точностью соответствует экспоненциальному закону:

для отрезков световода $R^* = 2{,}32 \exp(-1{,}28 \cdot 10^{-5} \tau E)$;

для отрезков воздуховода $U^*_{с.р} = 1{,}115 \exp(-7{,}7 \cdot {}^{-7} \tau E)$.

Конструкция (световод, воздушный выключатель) проходит перед сдачей в эксплуатацию электрические испытания. Полученные в этих испытаниях электрические параметры являются исходными для конструкции и должны удовлетворять заранее установленным требованиям. В процессе эксплуатации параметры конструкции будут изменяться: возможно некоторое улучшение параметров ($U_{с.р}$, $R_{ут}$ и т. п.), а в случае значительного увеличения времени воздействия высокого напряжения — снижение этих параметров. Процесс ухудшения параметров весьма медленный. Достижение исходных значений по $U_{с.р}$ и $R_{ут}$ для наиболее нагруженных участков стеклопластиковой трубы соответственно воздуховода и световода в условиях опытно-промышленной эксплуатации составит: для воздуховода $496 \cdot 10^3$ ч (при времени работы конструкции в год 8650 ч с учетом времени профилактических и аварийных отключений дает примерно 20 лет); для световода $95 \cdot 10^3$ ч (при времени 7000 ч в год составит около 20 лет).

Разработанная и примененная методика оценки электрических параметров конструкции из стеклопластика в виде труб большой длины (3—6 м) после длительного воздействия напряженности электрического поля позволяет в первом приближении дать заключение о допустимости использования таких труб в электрических конструкциях для линий электропередач высокого напряжения и подстанционного оборудования. Методика не лишена недостатков, один из которых — экстраполяция экспериментальных данных в весьма удаленные области графиков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ерухимович С. З. Исследование пластмасс в процессе старения. М., ВНИИЭМ, 1965. 79 с.
2. Рахлин И. В. Экономика производства и применения стеклопластиков. М., «Химия», 1972. 240 с.