

ВАРИСТОРЫ

Стрижевская Н.О.

научный руководитель доц., канд. тех. Наук Аникина В.И.,

доц. Симонова Н.С.

***Институт Цветных Металлов и Материаловедения
Сибирского Федерального Университета***

Каждая электроустановка имеет изоляцию, соответствующую ее номинальному напряжению. Рабочее напряжение, приложенное к установке, может отличаться от номинального, однако надежная работа обеспечивается только в том случае, если оно не выходит за пределы значений наибольших рабочих напряжений. Часто причиной выхода из строя электрооборудования становится наличие импульсов напряжения. Импульсом напряжения называется резкое изменение напряжения в точке электрической сети, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня за промежуток времени до нескольких миллисекунд. Импульсы напряжения, возникающие в электрических сетях подразделяют на коммутационные и грозовые.

Источником энергии коммутационных импульсов напряжения является энергия, запасенная в реактивных (индуктивных и емкостных) элементах системы, которая обуславливает появление импульсов в переходных режимах при нормальных и аварийных коммутациях. Значения импульсных коммутационных напряжений зависят от параметров электрической системы, характеристик коммутирующих аппаратов, а также фазы тока на момент коммутации.

Причиной возникновения грозовых импульсов напряжения являются удары молнии в электроустановку или вблизи нее.

По данным США значения напряжения коммутационных импульсов даже в бытовых сетях могут достигать 20 кВ. Примерно такие же данные приводят японские, французские и другие исследователи. Исследования, проведенные российскими учеными по эксплуатации промышленного электрооборудования в сетях 0.4 кВ, позволяют утверждать, что, например, при тяжелых условиях коммутации силовых электродвигателей значение напряжения коммутационных импульсов может превышать 70 кВ. Нет необходимости говорить о последствиях такого воздействия на электрооборудование. Положение часто осложняется тем, что во многих случаях эксплуатация электрических машин производится в тяжелых условиях (загрязнение, увлажнение изоляции, частые пуски и остановки агрегатов), что обуславливает особую уязвимость изоляции электрооборудования из-за ее ускоренного износа и уменьшения электрической прочности.

Для защиты оборудования от импульсных напряжений в разных странах применяются вентильные разрядники, RC-цепочки, LC-фильтры и т.д. Однако в последние десятилетия во всем мире наиболее эффективным (и дешевым) средством защиты от импульсных напряжений любого вида признано использование нелинейных полупроводниковых резисторов, называемых варисторами. Отличительной чертой варистора является симметричная и резко выраженная нелинейная вольт-амперная характеристика. За счет этого варисторы позволяют просто и эффективно решать задачи защиты различных устройств от импульсных напряжений. Основным принцип действия варистора весьма прост. Варистор включается параллельно защищаемому оборудованию, т.е. при нормальной эксплуатации он находится под действием рабочего напряжения защищаемого устройства. В рабочем режиме (при отсутствии

импульсных напряжений) ток через варистор пренебрежимо мал, и поэтому варистор в этих условиях представляет собой изолятор.

При возникновении импульса напряжения варистор в силу нелинейности своей характеристики резко уменьшает свое сопротивление до долей Ома и шунтирует нагрузку, защищая ее, и рассеивая поглощенную энергию в виде тепла. В этом случае через варистор кратковременно может протекать ток, достигающий нескольких тысяч ампер. Так как варистор практически безынерционен, то после гашения импульса напряжения он вновь приобретает очень большое сопротивление. Таким образом, включение варистора параллельно электрооборудованию не влияет на его работу в нормальных условиях, но "срезает" импульсы опасного напряжения, что полностью обеспечивает сохранность даже ослабленной изоляции.

Наиболее широкое применение находят варисторы на основе оксида цинка, что обусловлено, во-первых, относительной простотой их изготовления и, во-вторых, хорошей способностью оксида цинка поглощать высокоэнергетические импульсы напряжения. Варисторы изготавливают по обычной "керамической" технологии, включающей в себя прессование варисторов (чаще всего имеющих форму диска или шайбы), их обжиг, нанесение электродов, пайку выводов и нанесение электроизоляционных и влагозащитных покрытий. Такая технология в ряде случаев позволяет предприятиям-изготовителям выпускать варисторы по индивидуальным заказам.

Наиболее важными электрическими свойствами варисторов являются:

- пороговое напряжение - определяется как величина напряжения через варистор, проходящего через него. От этого значения напряжения варистор начинает меняться из изоляционного в проводящее состояние;

- энергетическая мощность - максимальная мощность поглощения энергии варистор без каких-либо повреждений, в то время как разряд тока из-за перенапряжения проходит через него.

Помимо оксида цинка, варисторы содержат оксиды других металлов (Bi_2O_3 , Sb_2O_3 , Mn_3O_4 , Co_3O_4 и другие).

В данной работе были проанализированы группы исследований, посвященных влиянию оксидов металлов и шпинели на различные характеристики варисторов.

1) ZnO-керамические варисторы, легированные Bi_2O_3 , обычно спекаются при температурах, близких к $1200\text{ }^\circ\text{C}$. При такой температуре присутствует богатая висмутовая жидкая фаза, которая частично выпаривается во время процесса спекания. Для данного эксперимента были приготовлены три образца, два из которых были одинаковыми по размеру и диаметру. И одна выборка – меньшего размера и диаметра. Также был задан определенный химический состав. Процесс спекания проходил при $1240\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 4 ч на воздухе. С помощью РФА и электронной микроскопии были сделаны выводы о том, что произошло испарение оксида висмута и оксида кобальта с поверхности образцов. Это повлияло на микроструктуру варисторов: с увеличением испарения оксида висмута размер зерна ZnO имеет тенденцию к уменьшению. Размер зерна определяет общее пробивное напряжение варистора.

2) He – Омические варисторы ZnO содержат две главные фазы : богатая межгранулированная фаза Bi_2O_3 и шпинель $\text{Zn}_7\text{Sb}_2\text{O}_{12}$. Чтобы оценить влияние шпинели на свойства варисторов, были сформированы диски заданного химического состава. С помощью дифрактометра, электронно-зондового анализа и электронной микроскопии получены выводы, что частицы шпинели были рассеяны в Bi_2O_3 -фазе. После спекания часть шпинели испарилось, другая часть распалась, что привело к появлению дислокаций.

Сделано предположение, что шпинель образует крупные зерна по границам зерен ZnO, что ведет к сужению эффективной проводимости варистора. Это приводит к текущей локализации и локальной перегрузке, и, следовательно, низкой энергетической способности абсорбировать из-за неравномерного распределения энергии.

3) Влияние температуры спекания на микроструктуру и фаз и межгранульных оксидов празеодима в ZnO-варисторной керамике была исследована с помощью просвечивающей электронной микроскопии, РСА, рентгеновского флуоресцентного анализа (РФА) и термического анализа (ТА). Зерна ZnO были трехмерно отделены от межзеренных оксидов празеодима. Целью данного эксперимента являлось исследование микроструктуры и кристаллической фазы межгранульных оксидов празеодима в ZnO-варисторной керамике при жидкофазном спекании.

На основе анализа микродифракции межкристаллитного слоя, фазовое превращение из Pr_6O_n в ГПУ- Pr_2O_3 был найден, когда температура спекания увеличилась с 1300°C до 1350°C .

Также был сделан вывод, что легирование оксидами празеодизма представляется перспективным для подготовки ZnO-варисторов с высоким пробивным напряжением, а также высокой энерго-абсорбционной способностью. Это может быть удачный шаг, так как будет меньше ограничителей перенапряжения в электрической сети. Эта цель включает в себя такие варисторы, которые обладают высокой проводимости порогового напряжение, в то время как их способность поглощения энергии остается на достаточно высоком уровне. В таких условиях можно использовать меньшее количество варисторов, чтобы сделать высоковольтный разрядник. Следовательно, это обеспечит меньше перенапряжений.