



20
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СО АН СССР

Г.С. Виллевалд, Б.В. Иванов, В.Н. Карасюк,
С.Х. Мурашов, М.А. Олейников, Г.И. Сильвестров

**ВЫСОКОПЛОТНЫЕ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯТОРЫ
ИЗ СТЕКЛОПЛАСТОВ**

ПРЕПРИНТ 89-29



НОВОСИБИРСК

ВЫСОКОПЛОТНЫЕ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯТОРЫ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТОВ

Виллевалд Г.С., Иванов Б.В., Карасюк В.Н.
Мурашов С.Х., Олейников М.А., Сильвестров Г.И.

АННОТАЦИЯ

В работе рассматриваются вопросы изготовления высокоплотных, электро-и механически прочных изоляторов, а также и предварительно напряженных конструкций. Эффект достигается путем пропитки каркасов из стекловолокна эпоксидным компаундом в автоклаве. Причем как пропитка так и полная полимеризация производятся под большим гидравлическим давлением (20 +100 МПа).

При разработке электротехнических устройств и особенно устройств с импульсными токами \sim мА и магнитными полями \sim 10Т высокие требования предъявляются к одному из основных элементов конструкций-изоляции. Это обстоятельство обусловлено тем, что кроме электрического напряжения, большим токам и магнитным полям сопутствуют большие электродинамические усилия, под воздействием которых изоляторы могут разрушаться или снижаться их электроизоляционные свойства.

В качестве электроизоляторов обычно используются выпускаемые промышленностью готовые изделия (пленки, листы, трубки и т.д.) Однако иногда из-за сложности конфигурации изоляционного узла возникает необходимость изготовления специальных изоляционных элементов. Эти элементы изготавливаются из терморезистивных или термопластичных полимерных материалов и эпоксидных компаундов. Для получения особо механически и электрически прочных изделий используют способ, когда из стекловолокна изготавливается каркас, который затем пропитывается эпоксидным компаундом. В нашей практике нашла применение пропитка изделий под давлением \sim 4 МПа. Однако и эти изоляторы не всегда удовлетворяют требованиям, предъявляемым к отдельным узлам электроаппаратуры. Так при разработке электроконтактов на мегаамперные токи /1/, где прижатие контактных поверхностей с определенным и контролируемым усилием обеспечивается путем использования гидравлики высокого давления (до 200 МПа), возникла необходимость изолирования насоса от контактного узла, который находится под электрическим напряжением. Это достигалось путем постановки изоляционной трубки в разрыв металлической, по которой подавалось масло к контактному узлу. Использовать в качестве изоляционной трубки промышленные изделия (дюритовые шланги, керамические, стеклянные, винилпластовые трубки и т.д.) не представляется возможным из-за их низкой механической прочности. Попытка изготовления изоляционной трубки из существующих электроизоляционных материалов методами прессования или пропитки оказалось безуспешной, так как прессовочные материалы характеризуются относительно низкой механической прочностью, а слоистые пластики, получаемые методом пропитки, обладают удовлетворительной механической прочностью, но имеют пористую структуру и пропускают через поры жидкость при повышенных давлениях. Так цилиндр с внутрен-

ним диаметром 4 мм и толщиной стенки 30 мм, изготовленный из текстолита или стеклотекстолита, пропускает масло уже при давлениях $P \sim 5$ МПа. Подобный цилиндр, специально изготовленный путем намотки каркаса из стеклоленты с последующей пропиткой эпоксидным компаундом под давлением $P \sim 4$ МПа, начинает пропускать масло под давлением $P \sim 50$ МПа. Это обусловлено наличием пустот между нитями стеклоленты, а также тем, что эпоксидная смола не проникает в микропоры и к поверхности элементарной стеклонити, находящейся внутри нити стеклоленты. Чтобы уменьшить объем пустот и лучше пропитать нити, была предпринята попытка изготовить изоляционную трубку методом пропитки под высоким давлением в специальном автоклаве, изображенном на рис. I.

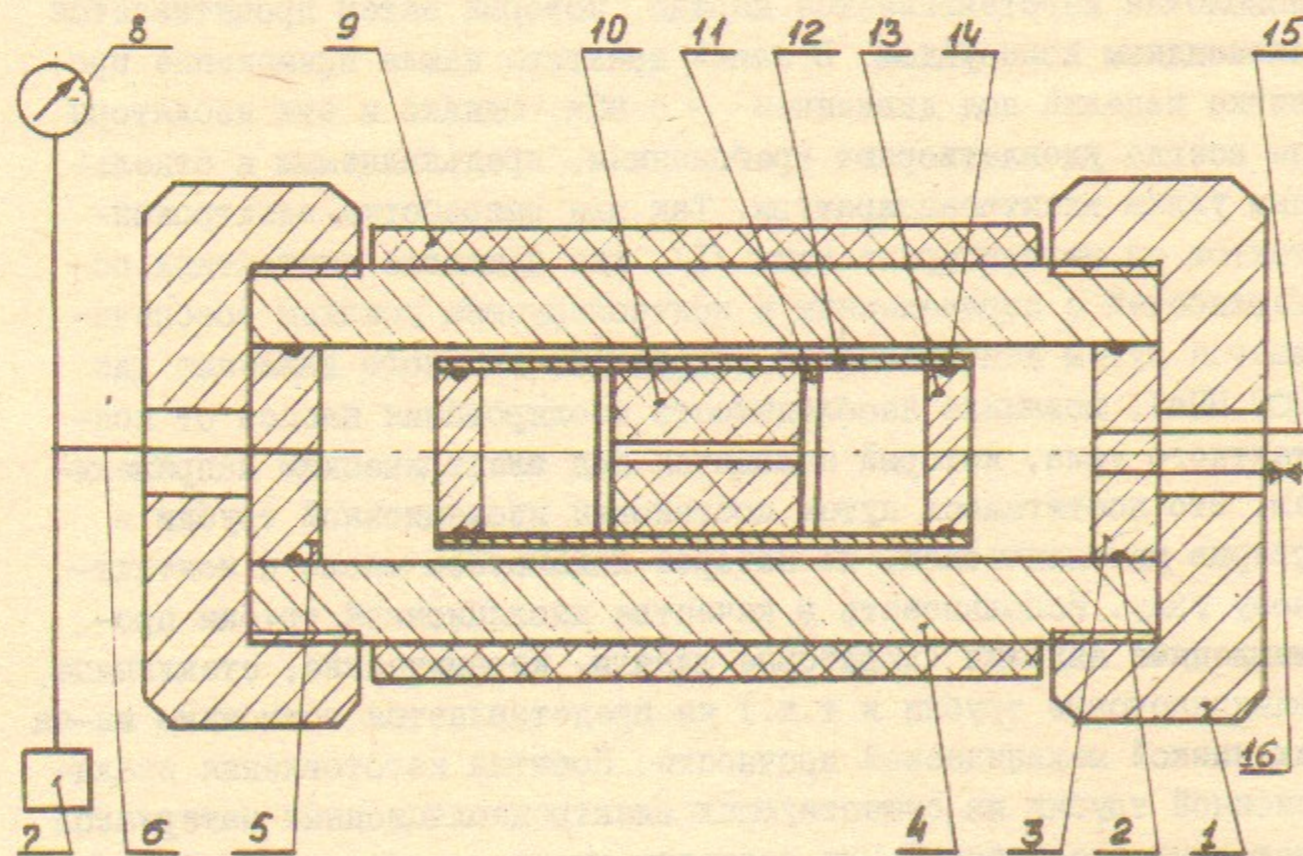


Рис. I

Основными элементами автоклава являются: цилиндр высокого давления 4, фланцы которого состоят из дисков 3 и 5 с резиновыми уплотнительными кольцами 2 и гаек 1. Масло в цилиндр поступает от насоса 7 по трубопроводу 6. Давление масла контролируется по манометру 8. Обогрев автоклава осуществляется электронагревателем с теплоизоляцией 9, а температура нагрева контролируется терморпарой 15. Выпуск воздуха и снятие давления в автоклаве осуществляется посредством клапана 16.

Процесс изготовления изоляционных трубок следующий.

На оправку II наматывается из стеклонити (с максимально возможным натягом, определяемым прочностью нити) несущий каркас трубки 10 и помещается в цилиндр 12. Объем цилиндра вакуумируется, заполняется отвакуумированным эпоксидным компаундом и закрывается поршнями 13 с резиновыми уплотнителями 14. Подготовленная подобным образом капсула помещается в цилиндр высокого давления, который заполняется маслом. Усилие от давления масла перемещает поршни 13, которые сжимают компаунд в цилиндре 12 и последний пропитывает каркас трубки. Давление в цилиндре поднимают ступенчато следующим образом. Повышают давление до $P = 5$ МПа и выключают насос. Происходит медленное проникновение компаунда в каркас трубки и давление в цилиндре падает. После прекращения спада давления включается насос и к оставшемуся давлению добавляется $P = 5$ МПа, насос выключается. Этот процесс повторяется до тех пор, пока не будет достигнуто давление необходимой величины. Так для получения изоляционных трубок, работающих под давлением до $P = 200$ МПа, давление в цилиндре автоклава поднималось до $P = 100$ МПа. Подобный процесс подъема давления обусловлен тем, что при быстром увеличении давления на компаунд, он становится слаботекучим и пропитка происходит только на глубину 2+3 мм.

После окончания подъема давления включают подогрев и производят полимеризацию компаунда при температуре $(80+85)^{\circ}\text{C}$ в течении 48 часов. Давление в цилиндре автоклава в течении всего времени полимеризации поддерживается неизменным, равным максимальному давлению при пропитке.

Заготовка, полученная в результате изготовления по данному технологическому процессу, диаметром 40 мм, обладает такой плотностью, что при прохождении через трубку масла под давлением $P = 200$ МПа (диаметр отверстия в заготовке равен

4 мм) незаметно никакого проникновения масла через стенки. Заготовка трубки практически прозрачна, в ней незаметен каркас и отсутствуют воздушные включения. Создается впечатление, что она изготовлена только из эпоксидного компаунда. Этот факт позволяет предположить, что в отличие от промышленных стеклотекстолитов, этот материал будет иметь близкую к эпоксидной смоле или стеклу электрическую прочность, а пробивные напряжения вдоль и поперек волокон стеклоткани будут мало отличаться друг от друга. Кроме того, полученный материал обладает и относительно высокой механической прочностью. Так при разработке жидкометаллических контактов на мегаамперные токи /2/ возникла проблема изготовления изоляционных колец, через посредство которых создавались усилия предварительного давления на уплотнитель. Кольца, изготовленные из текстолита, стеклотекстолита, керамики, а также из стеклоткани, пропитанной эпоксидным компаундом под давлением $P = 4$ МПа, не обладали достаточной механической прочностью и разрушались после однократного уплотнения. Кольца, изготовленные из материала, полученного по описанной выше технологии, позволили производить многократные переборки системы.

Следует отметить, что при полимеризации эпоксидного компаунда под давлением в замкнутом объеме, последний получается предварительно напряженным, что может оказаться полезным при решении некоторых технических задач.

Так это свойство было использовано при изготовлении модели магнита, а затем на ее основе поворотного магнита с полями 5 Т, поперечное сечение которых изображено на рис.2.

При пропитке этих изделий эпоксидным компаундом и его полимеризации в автоклаве под давлением $P = 20$ МПа, удалось получить неразборную, предварительно напряженную конструкцию, стыки между элементами которой внутри корпуса не раскрываются под действием электродинамических усилий, возникающих при прохождении тока по шинам.

Автоклав, в котором производилась пропитка магнитов, изображен на рис.3 и характеризуется следующими параметрами: диаметр рабочей полости - 500 мм; высота рабочей полости - 1000 мм; макс.рабочее давление - 20 МПа.

Изготовление автоклава на большие давления в наших условиях связано с большими техническими трудностями, поэтому было решено остановиться на рабочем давлении $P = 20$ МПа, т.к. при

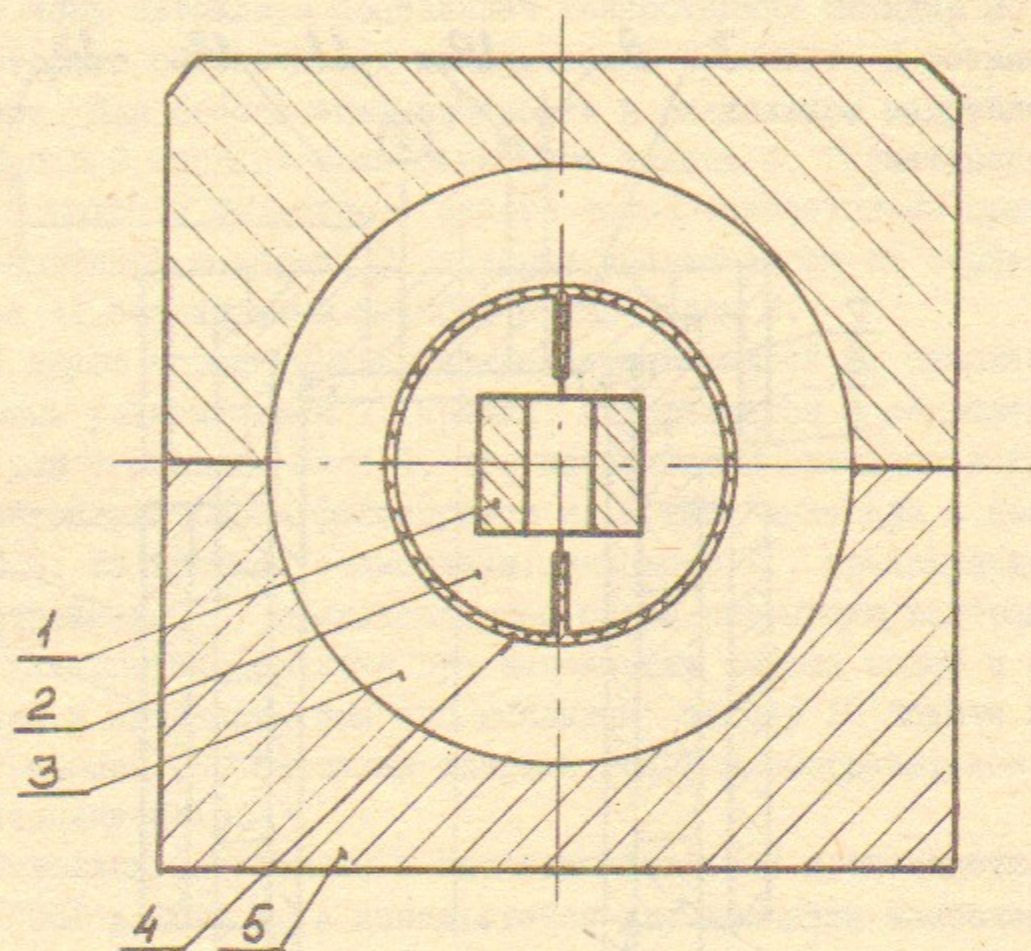


Рис.2

- 1 - токоведущие шины;
- 2 - полукольца магнитопровода;
- 3 - несущие кольца магнитопровода;
- 4 - изоляция;
- 5 - корпус.

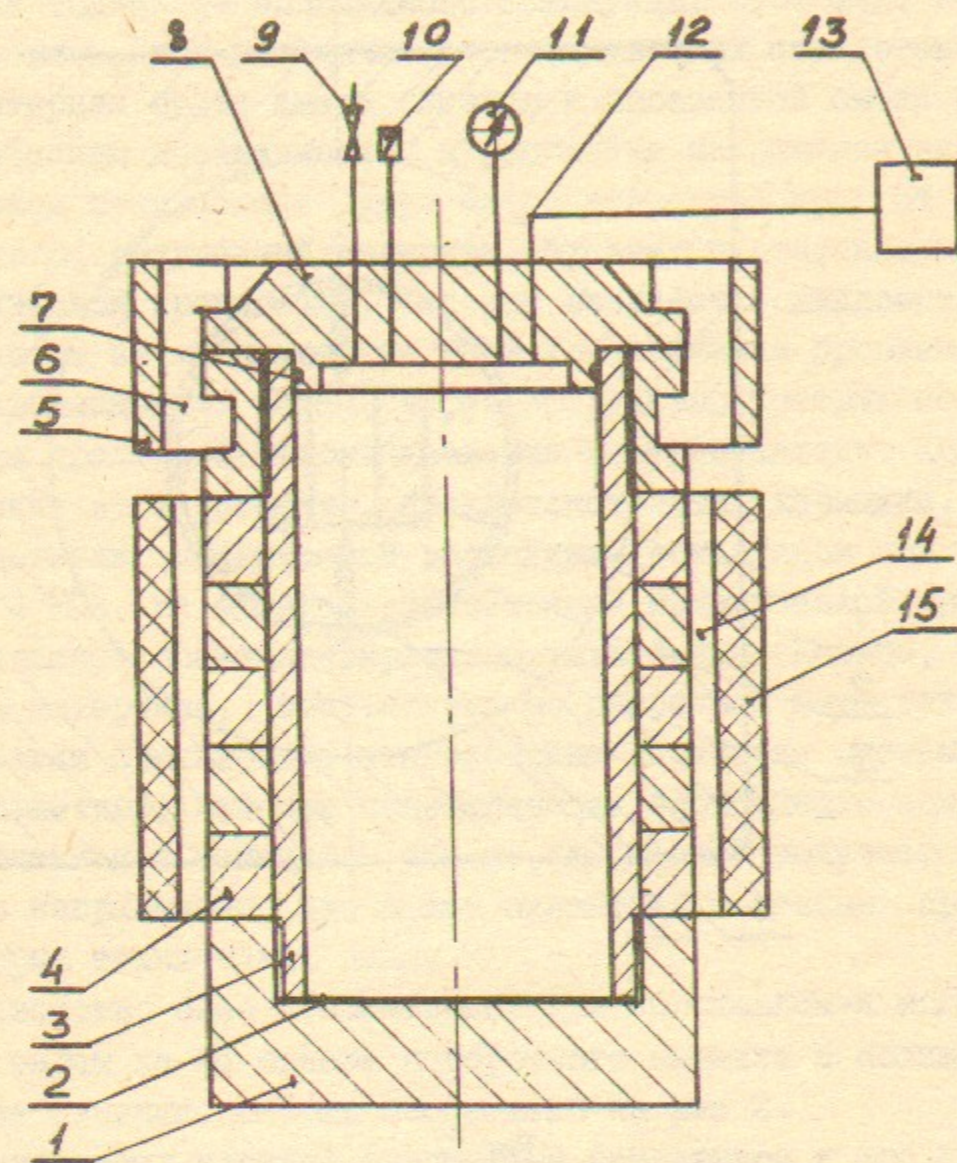


Рис.3

этом давлении обеспечиваются и достаточные предварительные напряжения в конструкции и получается достаточно качественный материал изоляторов.

Основу автоклава составляет тонкостенный цилиндр 3, стенка которого обеспечивает механическую прочность в осевом направлении. Для обеспечения прочности в радиальном направлении на цилиндр 3 напрессованы бандажные кольца 4. Герметизация рабочей полости цилиндра с одного торца осуществлена приваркой к цилиндру мембраны 2, которая удерживается от отрыва фланцем 4, соединенным резьбой с цилиндром 3.

С другого торца цилиндр закрывается крышкой 8, снабженной резиновым уплотнителем 7. Крышка удерживается в сопряжении с цилиндром с помощью скоб 6, что позволяет оперативно вскрывать автоклав. Скобы фиксируются на крышке цилиндра с помощью кольца 5. На крышке установлены: манометр II, предохранительное устройство 10, представляющее собой разрывную мембрану, кран 9 для выпуска воздуха при заполнении объема водой и снятия давления в автоклаве при его вскрытии, штуцер 12 подачи давления от насоса 13. Автоклав снабжен водяным обогревателем 14 и теплоизоляцией 15.

Автоклав изготовлен в экспериментальном производстве ИЯФ СО АН СССР в 1977 г. и используется для пропитки наиболее ответственных изделий.

Авторы выражают благодарность Баженову В.А. и Данилову В.А. за помощь при внедрении автоклава с $P = 20$ МПа в производство.

Литература

1. Г.С.Виллевалд, В.Н.Карасюк, Г.И.Сильвестров. Использование гидравлики для создания контактов на мегаамперные токи. Препринт Института ядерной физики СО АН СССР ИЯФ 77-16, 1977, Новосибирск.
2. Г.С.Виллевалд, Л.Л.Данилов, В.Н.Карасюк, Г.И.Сильвестров. Жидкометаллические контакты в импульсных системах с мегаамперными токами. Препринт Института ядерной физики СО АН СССР, ИЯФ 78-98, 1978, Новосибирск.

Г.С.Виллевалд, Б.В.Иванов, В.Н.Карасюк,
Мурашов С.Х., М.А.Олейников, Г.И.Сильвестров

ВЫСОКОПЛОТНЫЕ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯТОРЫ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТОВ

Препринт
№ 89-

Работа поступила -13 марта 1989г.

Ответственный за выпуск - С.Г.Попов
Подписано к печати 24.03.1989г. МН 10111
Формат бумаги 60x90 1/16 Усл.0,9 печ.л., 0,7 учетно-изд.л.
Тираж 180 экз. Бесплатно. Заказ № 29

Ротапринт ИЯФ СО АН СССР, г.Новосибирск, 90