

УДК 621.642.6

В.Ю. Емельянов, канд. техн. наук

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, ул. 2-ая Бауманская, 5, г. Москва, РФ, 105005

e-mail: 72072@mail.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4130-2753>

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛИННОМЕРНЫХ ВТСП-УРОВНЕМЕРОВ

Во многих отраслях промышленности всё шире используются различные технологии с применением жидких криопродуктов. В связи с этим актуальными являются вопросы диагностики состояния, контроля и измерения параметров жидких и парожидкостных криогенных сред. Особое место среди них занимает разработка устройств контроля уровня жидкости в криогенных резервуарах. Прогресс в производстве высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) создал предпосылки к разработке простых и удобных датчиков нового типа для измерения на их основе уровня криогенных жидкостей. Разработана физико-математическая модель работы ВТСП-датчика на основе дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности в теле длинномерного проводника с учётом внутренних омических тепловыделений и теплообмена на его поверхности отдельно с жидкой и паровой фазами криоагента, находящегося в лабораторном сосуде Дьюара. Создана методика расчёта основных параметров ВТСП-датчика, удобная для практических расчётов. На основе численного решения дифференциального уравнения построены зависимости перегрева датчика относительно температуры жидкости от пропускаемого по нему тока для серийно выпускаемых ВТСП-проводников первого поколения $Bi2223$ и $Bi2212$.

Ключевые слова: Высокотемпературный сверхпроводник (ВТСП). Терморезистивный измеритель уровня жидких криопродуктов. Вторичный прибор-измеритель уровня. Уровнемер. ВТСП-датчик. Сосуд Дьюара. Жидкий азот. Расчёт времени нагрева.

1. ВВЕДЕНИЕ

На всех этапах развития криогенной техники, в целом, и её направлений, связанных с получением, транспортировкой и хранением сжиженных газов, в частности, вопросы диагностики состояния, контроля и измерения параметров газожидкостных потоков криогенных сред являются первостепенными. Поэтому разработкам средств измерения уделяется большое внимание. К таковым относят устройства контроля уровня жидкости в криогенных резервуарах.

В настоящее время промышленное производство высокотемпературных (ВТСП) проводников на базе купратных материалов $Bi2212$ и $Bi2223$ хорошо освоено [1]. Как следствие, конечное изделие обладает невысокой стоимостью (около 20 \$/м). Однако использование такого ВТСП-проводника в качестве первичного чувствительного элемента устройства контроля уровня жидкости (уровнемера) имеет некоторые особенности, рассмотрению которых посвящена настоящая статья.

2. СТАДИИ РАЗРАБОТКИ ВТСП-ДАТЧИКА УРОВНЯ КРИОЖИДКОСТИ

Предлагаемая методика, созданная на основе работ [2, 3], позволяет определить в зависимости от типа ВТСП-проводника величину его нагрева в парах, значение тока I и время нагрева τ .

При использовании ВТСП-проводника в качестве уровнемера криогенной жидкости контроль её уровня осуществляется посредством измерения сопротивления нагретой серебряной оболочки, находящейся в парах хранимой криогенной жидкости. Та часть проводника, которая находится в криогенной жидкости представляет собой короткозамкнутую цепь. Сопротивление этой части проводника стремится к нулю.

Для практического применения ВТСП-проводника в качестве первичного преобразователя уровнемера криогенной жидкости инженеру необходимо знать условия его применения, определяемые следующими параметрами:

1. Тип криогенной жидкости (N_2 , O_2 , Ar , CH_4 и т. д.).
2. Абсолютное давление хранения в сосуде (1; 6; 16 атм.).
3. Время измерения (время нагрева для перехода в нормальное состояние).

После определения указанных выше параметров необходимо последовательно решить ряд задач, в