

УДК 621.642.6

¹М.А. Колосов, канд. техн. наук, ²В.Ю. Емельянов, аспирант

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Лефортовская наб., д. 1, факультет «Энергомашиностроение», г. Москва, РФ, 105005

e-mail: ¹kolosov@power.bmstu.ru; ²72072@mail.ruORCID:¹http://orcid.org/0000-0003-2451-8333; ²http://orcid.org/0000-0003-4130-2753

СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОРЕЗИСТИВНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ УРОВНЯ КРИОГЕННОЙ ЖИДКОСТИ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ

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 совершенных 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. Построена физико-математическая модель ВТСП-датчика на основе дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности в теле длинномерного проводника с учётом внутренних омических сопротивлений и теплообмена на его поверхности отдельно с жидкой и паровой фазами криоагента. Рассматриваются результаты моделирования теплообмена ВТСП-проводника с жидким азотом. Приводятся экспериментально полученные его рабочие характеристики. На их основе разработан и создан вторичный прибор-измеритель уровня жидкого азота. Проведена его апробация на сосуде Дьюара, заполненном жидким азотом.

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

1. ВВЕДЕНИЕ

На всех этапах развития криогенной техники в целом и её направлений, связанных с получением, транспортировкой и хранением сжиженных газов, вопросам диагностики состояния, контроля и измерения параметров газожидкостных потоков криогенных сред уделялось большое внимание. Среди таких систем измерения особое место занимают устройства контроля уровня жидкости в криогенных резервуарах.

В настоящее время, когда прошло более 25 лет после открытия купратных сверхпроводников, ряд известных мировых компаний предлагает длинномерные изделия из высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП), главным образом на основе материалов YBCO(123), DyBCO(123), BSCCO(2212) и BSCCO(2223). [1]. Использование одного из ВТСП в качестве чувствительного элемента устройства контроля уровня жидкости (уровнемера) и позволило создать современный прибор.

2. АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

В металлургии, энергетике, машиностроении, пищевой промышленности и других отраслях широко

применяется стационарное и транспортное ёмкостное оборудование, эксплуатация которого требует обеспечения безопасности как при работе самого оборудования, так и обслуживающего его персонала.

Особенно остро эти вопросы стоят при использовании ёмкостного оборудования в технологических процессах криогенной техники, поскольку в этой области безопасность и надёжность связаны со спецификой физических свойств самих жидких криопродуктов. Часто датчики в криососудах применяются для диагностики параметров состояния криогенных сред и контроля уровня жидкости одновременно.

Анализ тяжёлых аварий (взрывы транспортных цистерн, баллонов со сжиженными газами и т. д.) показывает, что основной причиной их являлось переполнение сосудов сверх нормы, которое происходит из-за отсутствия контроля заполнения или при выходе из строя датчиков уровня. Поэтому законодательно предельный уровень заполнения криогенных ёмкостей ограничивается величиной 80% от номинальных их объёмов.

3. АНАЛИЗ ИМЕЮЩИХСЯ ДАТЧИКОВ

Отечественным приборостроением выпускается