

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>

ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВТСП-ДАТЧИКОВ УРОВНЕМЕРОВ ЖИДКИХ КРИОПРОДУКТОВ

Актуальной задачей является теоретическое и экспериментальное исследование характеристик датчиков уровнемеров жидких криоагентов. Появление высокотемпературных сверхпроводящих материалов (ВТСП) с температурой перехода в диапазоне 77...135 К позволяет создавать измерители уровня таких широко востребованных и наиболее распространённых криопродуктов, как жидкие кислород, азот, аргон, а также сжиженный природный газ. В качестве ВТСП используются купратные материалы Bi2212 и Bi2223. Рассматриваются особенности этих материалов, приводятся характеристики датчиков, описывается их физико-математическая модель. Экспериментально и расчётно получены рабочие статические вольт-линейные характеристики различных ВТСП-датчиков. Показано, каким образом на их основе можно обеспечить высокую точность измерения уровня криожидкости. Сравнение экспериментальных данных с расчётами показало, что их различие достигает не более 4 % в средней части диапазона изменения уровня криожидкости и не более 13,5 % — на его концах.

Ключевые слова: Высокотемпературная сверхпроводимость (ВТСП). ВТСП-датчик. Жидкий азот. Вольт-линейная характеристика. Уровнемер. Физико-математическая модель датчика.

1. ВВЕДЕНИЕ

В объектах современной техники и науки, а также в медицинских, биологических, химических технологиях широко используются жидкие криопродукты. В связи с этим актуальными являются вопросы диагностики, контроля и измерения параметров жидких и парожидкостных криогенных сред. Особое место среди них занимает разработка надёжных и достаточно точных измерителей их уровня в криогенных резервуарах, ёмкостях и сосудах.

Уровнемеры жидких гелия и водорода на основе сверхпроводящих материалов Nb-Sn или Nb-Ti уже заслужили всеобщее признание благодаря своей простоте, долговечности, надёжности, малому временно-му дрейфу характеристик [1]. С появлением новых материалов с температурой перехода в диапазоне температур 77...135 К одним из практических приложений может быть использование подобных материалов для создания уровнемеров таких сжиженных газов, как азот, кислород, аргон и, в перспективе, сжиженный природный газ (СПГ) [2]. Эти криоагенты являются широко востребованными и наиболее распространёнными среди других низкотемпературных жидкостей.

Сдерживающим фактором применения ВТСП является существенное отличие характеристик пере-

хода в сверхпроводящее состояние низкотемпературных и высокотемпературных сверхпроводников (СП). У классических СП ширина области перехода составляет 0,01...0,1 К, в то время как у ВТСП — 1...3 К. В результате ВТСП имеют более пологие характеристики и, в случае их использования в качестве чувствительных элементов криогенных уровнемеров, зона перехода в сверхпроводящее состояние и фактический уровень жидкости могут различаться. Ввиду этого для создания терморезистивных уровнемеров на высокотемпературных сверхпроводниках необходимы дополнительные исследования. Изложению их результатов посвящается настоящая статья.

2. ВТСП-МАТЕРИАЛЫ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

Существующие типы уровнемеров можно систематизировать по следующим признакам: методу измерения уровня жидкости; принципу воздействия на объект измерения; способу визуализации (отображения) результатов измерения. При такой их оценке трудно отдать предпочтение тому или иному методу измерения уровня криогенных жидкостей.

В связи с созданием новых ВТСП (табл.1) с температурой перехода в диапазоне 77...135 К появилась возможность разработки на их основе уровнемеров сжиженных N₂, Ar, O₂ и также СПГ.