

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДОГО АЗОТА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ВТСП СИСТЕМ МАГНИТОЛЕВИТАЦИОННОГО ТРАНСПОРТА

М. П. Волков

**Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе
(Санкт-Петербург, Россия)**

EFFICIENCY OF SOLID NITROGEN APPLICATION FOR THE COOLING OF MAGLEV HTS SYSTEMS

M. P. Volkov

**A. F. Ioffe Physical-Technical Institute
(St. Petersburg, Russia)**

Для охлаждения бортовых магнитных систем магнитолевитационного транспорта, созданных с использованием ВТСП материалов, может использоваться жидкий азот. Жидкий азот на порядок дешевле жидкого гелия, а теплота испарения жидкого азота в 60 раз превышает теплоту испарения жидкого гелия. Однако технические токи ВТСП материалов (кабелей, лент) при температуре жидкого азота (77.4К) уступают критическим токам технических низкотемпературных сверхпроводников при температуре жидкого гелия. Для увеличения критического тока в ВТСП системах может потребоваться работа при температурах, существенно более низких, чем температура жидкого азота. Использование криогенных жидкостей с меньшими, чем у жидкого азота, температурами кипения при атмосферном давлении, неэффективно, так как жидкий гелий и жидкий неон слишком дороги, а жидкий водород взрывоопасен. Хорошим решением получения более низкой температуры может стать использование твердого азота для охлаждения бортовых ВТСП магнитных систем магнитолевитационного транспорта.

Жидкий азот затвердевает при температуре 63.2К, а при дальнейшем понижении давления над твердым азотом его температуру относительно несложно понизить до 50К. Твердый азот имеет очень большую теплоемкость при низких температурах и магнитная система, охлаждаемая твердым азотом, может несколько часов находиться при температуре, достаточной для работы системы. Учитывая большие скорости планируемых и используемых систем Маглев, этого времени вполне достаточно для перемещения транспорта в пункт, где можно пополнить «запас холода». Имеющийся тепловой приток при этом не приводит к потере криогенной жидкости (как в случае охлаждения жидким азотом), а требуется только периодически понижать температуру используемой массы твердого азота откачкой паров (сублимационное охлаждение) или путем использования внешних (отсоединяемых) криокулеров.

Охлаждение магнитной ВСТП системы твердым азотом имеет еще дополнительное достоинство в том, что при случайном переходе магнитной системы с большим током в нормальное состояние твердый азот может поглотить большое количество выделившегося тепла, а в системе с жидким азотом происходит вскипание жидкости, образуется плохо проводящая тепло паровая рубашка, что может привести к перегреву магнита и выходу его из строя. Кроме того, испарение жидкости может привести к опасному повышению давления в криостате.

При использовании криокулеров, периодически подсоединяемых для охлаждения массы твердого азота (например, во время остановки Маглева на станциях), рабочая точка магнитной системы может быть выбрана еще более низкой (например, 30 К), что, во-первых, еще более увеличит «запас холода» в объеме твердого азота, а, во-вторых, позволит использовать магнитные системы, созданные на основе недорогих проводов из диборида магния, имеющего критическую температуру $T_c=39$ К.

Сведения об авторе:

Волков Михаил Павлович, m.volkov@mail.ioffe.ru

Information about author:

Mikhail P. Volkov, m.volkov@mail.ioffe.ru