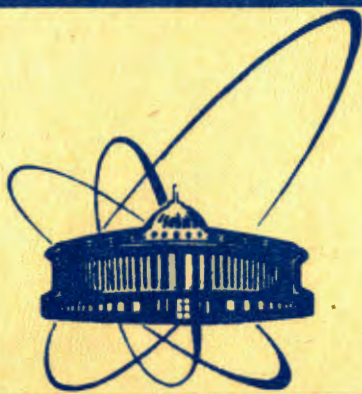


18/07/84



**сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна**

9-84-179

**Е.А.Матюшевский, В.С.Алфеев, Т.И.Волобуева,
Ю.В.Гусаков, В.И.Лобанов, Г.А.Коровкина**

**КОАКСИАЛЬНЫЙ ТОКОВОД ДЛЯ ПИТАНИЯ
СВЕРХПРОВОДЯЩИХ МАГНИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

1984

ВВЕДЕНИЕ

Испытание криогенных электротехнических устройств обуславливает необходимость связи их с источниками энергии, температура которых близка к температуре окружающей среды^{/1/}.

Связующим звеном являются токовводы, по которым в криостат всегда поступает определенное количество тепла, для отвода которого требуется затрачивать дополнительную энергию в рефрижераторной установке.

Приток тепла зависит от конструктивного исполнения токоввода, от применяемых материалов и от джоулева тепла тока нагрузки. Теплоприток удастся значительно уменьшить, если применять оптимизированные токовводы, охлаждаемые потоком газа от испарения хладагента^{/1,2/}. Для газоохлаждаемого оптимизированного медного токоввода теплоприток составляет $1 \div 1,2$ мВт/А^{/3,4/}.

В процессе работы над прототипными устройствами со сверхпроводящей /СП/ магнитной системой^{/5/} потребовались токовводы, отвечающие следующим требованиям:

1. Токовводы должны обеспечивать питание СП-элементов в импульсном режиме токами от десятков ампер до 2,5 кА.
2. Расстояние между крышками криостата должно быть 630 мм.
3. Токовводы должны иметь минимальные присоединительные размеры, чтобы на крышках теплового моста можно было расположить максимально возможное их количество.
4. Токоввод должен быть выполнен из широко применяемых в ОИЯИ материалов.

КОНСТРУКЦИЯ ТОКОВВОДА

На рис.1 дана схема разработанного нами коаксиального токоввода-горловины. Токоввод выполнен из толстостенных медных труб /1 и 2/ - токопроводов, вложенных один в другой и изолированных друг от друга. Поверх токопровода 1 надет чехол из тонкостенной трубы 3 из коррозионно-стойкой стали, закрывающий сверху канавки на нем. Токоввод охлаждается потоком газа, идущим по винтовым канавкам "Б" и "В" на наружных поверхностях токопроводов. Винтообразная форма канавок обеспечивает закручивание потока газа, способствуя лучшему теплосъему с их поверхности, и увеличивает длину пути контакта охлаждающего газа со стенками токонагруженных элементов. Тем самым обеспечивается возможность значительного сокращения осевой длины токоввода, при соблюдении

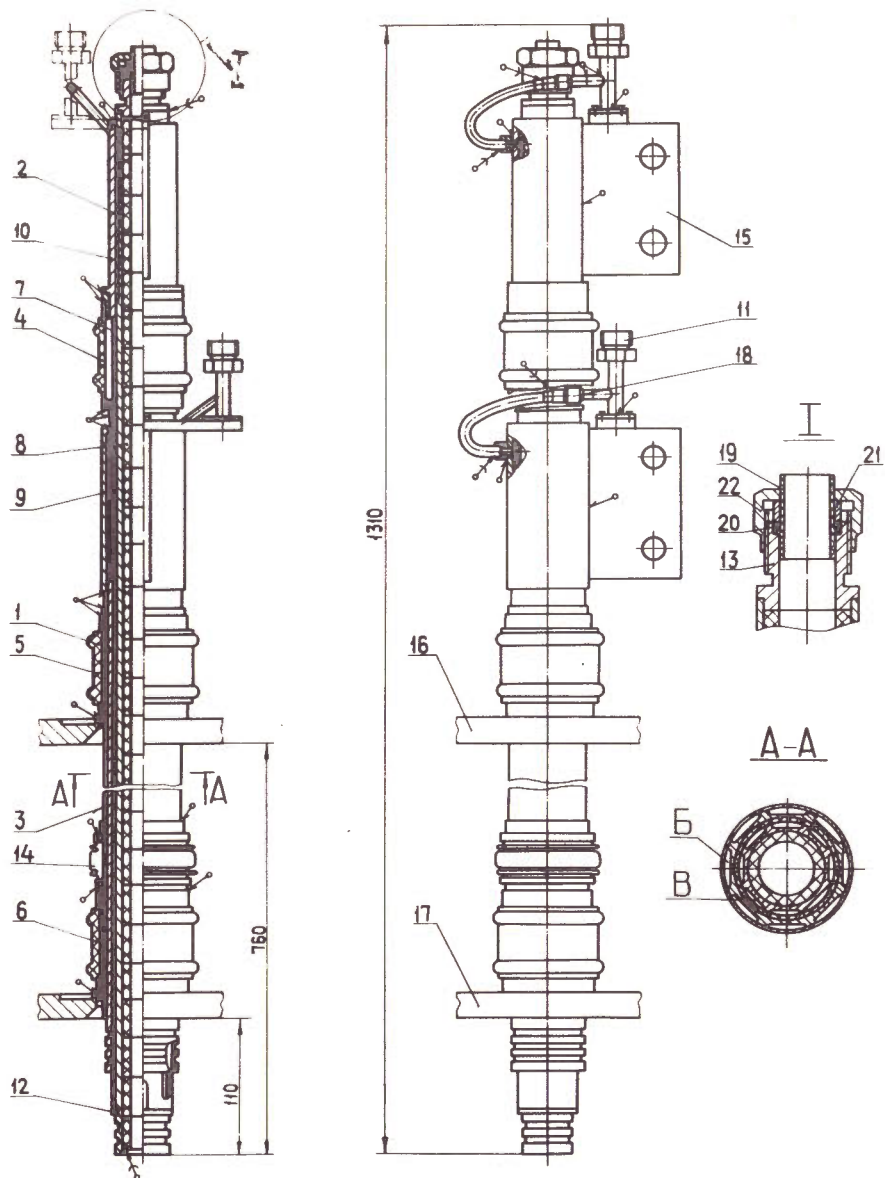


Рис.1. Принципиальная схема токоввода. 1 - внешний токопровод; 2 - внутренний токопровод; 3 - чехол; 4-6 - изоляторы; 7-8 - изолирующие кольца; 9 - коллектор внешнего токопровода; 10 - коллектор внутреннего токопровода; 11 - штуцер; 12 - стопорное кольцо; 13 - штуцер; 14 - сифон; 15 - контактная пластина; 16 - крышка вакуумного кожуха криостата; 17 - крышка гелиевого сосуда криостата; 18 - изолятор; 19 - изоляционная прокладка; 20 - уплотнительная прокладка; 21 - вкладыш, 22 - гайка.

параметра оптимизации для рабочего тока/1,6/. Все соединения элементов токоввода выполнены с помощью сварки.

Внутренняя полость токоввода используется для ввода переливного сифона, наконечник которого проходит через штуцер 13 и герметизируется на нем с помощью уплотнительной 20 и изолирующей 19 прокладок, зажимаемых через вкладыш 21 гайкой 22.

Замыкание наконечника сифона на внутреннюю стенку токоввода предотвращается изолирующими кольцами 8.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОКОВОДА

Конструкция токоввода выбрана такой, что все основные элементы его выполняются на высокопроизводительном токарно-винторезном оборудовании.

Сборка производится по узлам, разделенным по принадлежности к наружному и внутреннему токопроводам. В процессе сборки сварные швы подвергаются контролю на герметичность с помощью течеискателя типа ПТИ-7. Окончательная сборка производится путем стыкового шва по юбке изолятора 4.

Далее проводится контроль герметичности всех швов собранного токоввода и проверка изоляции токопроводов друг относительно друга.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

В Лаборатории высоких энергий ОИЯИ изготовлено два токоввода описанного типа, которые были установлены на горловине горизонтального криостата /7/. В этом криостате гелиевый сосуд через тепловой мост горловины соединен с вакуумным кожухом, что обусловило крепление токовводов только к крышке вакуумного кожуха. Внешний 1 и внутренний 2 токопроводы соединены в криостате с помощью перемычки из сверхпроводящего кабеля. К одному из них подсоединялась плюсовая, к другому - минусовая шины силового питания. Входные штуцеры коллекторов 18 и патрубков для выхода газа из криостата соединялись через ротаметры с линией обратного гелия. Суммарный поток газа от испаряемого жидкого гелия определялся как сумма потоков газа через все ротаметры. Величина тока поднималась от 0 до 3000 А ступенями по 500 А с выдержкой для достижения стационарного режима течения газового потока.

Результаты эксперимента представлены на рис.2, где по оси ординат обозначено отношение мощности, выделенной на токопроводе, к величине эффективного значения тока, а по оси абсцисс - эффективное значение тока нагрузки.

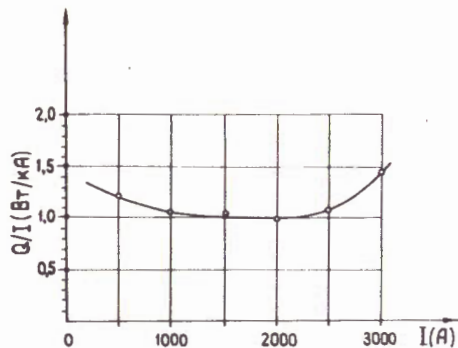


Рис. 2

Испытания тоководов в импульсном режиме питания проводились в процессе испытания магнитов и линз с обмоткой из сверхпроводника.

Индуктивность токовода, измеренная по клеммам питания, при закороченных перемычкой концах, составила примерно 30 мкГн. Добротность - 0,6. Индуктивность перемычки при этом составила 22 мкГн. Емкость токопроводов, измеренная между клеммами, составила 985 пФ при тангенсе угла потерь, равном 0,009. Сопротивле-

ние изоляции, замеренное мегомметром типа М4100/3, - более 500 МОм, что достаточно для эксплуатации тоководов как элементов на линии питания СП-обмоток элементов синхротрона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создан токовод-горловина коаксиального типа, позволяющий подводить ток в криостат к электротехническим устройствам с небольшими тепловыми потерями. Питание может осуществляться как постоянным, так и импульсным токами с эффективным значением до 3,0 кА в режиме раздельного подключения токопроводов и до 6 кА - в режиме параллельного включения.

Использование созданных тоководов для питания элементов магнитной оптики сверхпроводящего синхротрона позволяет добиться значительного уменьшения размеров фланцев вакуумного кожуха и гелиевого сосуда теплового моста по сравнению с размерами этих фланцев в случае размещения на них тоководов и заливной горловины применявшихся до этого конструкций.

Надежность работы коаксиального токовода-горловины выше, чем надежность работы пары отдельных тоководов, так как в нем отсутствуют изгибающие усилия от пондеромоторных сил, обусловленных протеканием тока нагрузки.

Герметичное соединение элементов токовода между собой, а также с крышками гелиевого сосуда и вакуумного кожуха, позволяет для детектирования "дыр" в корпусах и соединениях сосудов синхротрона применять гелиевые и галоидные течеискатели.

Токовод-горловина прост по конструкции, для его изготовления используются материалы и оборудование, широко применяемые в ОИЯИ.

Оценка по комплексам оптимизации^{/1/} показывает, что в случае необходимости можно еще уменьшить толщину стенки токопроводов или использовать его на большие значения токов.

В заключение авторы выражают благодарность академику А.М.Балдину и Л.Г.Макарову за постоянный интерес и поддержку работы, И.А.Шелаеву за ценные советы и обсуждения данной конструкции, Б.К.Курятникову за помощь в изготовлении головного образца токовода, Э.В.Комогорову, А.А.Абрамову, П.М.Пятибратову за проведение испытаний токовода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фастовский В.Г., Петровский Ю.В., Ровинский А.В. Криогенная техника. "Энергия", М., 1974, с.347-355.
2. Беляков В.П. Криогенная техника и технология. Энергоиздат, М., 1982, с.179-180, 239-242.
3. Теплопередача при низких температурах. /Под ред. У.Фроста/. "Мир", М., 1977, с.50.
4. Брехна Г. Сверхпроводящие магнитные системы. "Мир", М., 1976, с.613.
5. Шелаев И.А. и др. ОИЯИ, Р9-82-383, Дубна, 1982.
6. Сверхпроводящие магниты и устройства. /Под ред. С.Фонера и Б.Шварца/. "Мир", М., 1977, с.537-539.
7. Балдин А.М. и др. В кн.: Труды Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. "Наука", М., 1977, с.64-65.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 марта 1984 года.

Матюшевский Е.А. и др.
Коаксиальный токоввод для питания сверхпроводящих
магнитных элементов

9-84-179

Представлены результаты по созданию токоввода, подводящего энергию в гелиевый криостат /4,2 К/ к сверхпроводящим /СП/ магнитным элементам модельного синхротрона от внешнего источника тока /300 К/. Токоввод должен обеспечивать минимум занимаемого места на поверхности криостата, надежность работы и импульсный режим питания. С этой целью токоввод выполнен коаксиальным из двух изолированных медных труб, охлаждаемых газом; центральное отверстие используется для заливки хладагента в криостат. Создан компактный токоввод, обеспечивающий питание СП-элементов синхротрона токами до 3 кА при последовательном включении и 6 кА - при параллельном.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Matyushevskij E.A. et al.
Coaxial Conductor for Feeding Superconducting
Magnetic Elements

9-84-179

The results on creation of a conductor feeding in energy into helium cryostat /4.2 K/ to superconducting /SC/ magnetic elements of a model synchrotron from an external current source /300 K/ are presented. It should secure a minimum place occupied on the surface of the cryostat, reliability of operation and feed pulsed regime. For this purpose the conductor is designed as coaxial, made of two isolated copper tubes cooled with a gas. The central aperture is used to flood a coolant into cryostat. A compact conductor made which provides supply of SC elements of the synchrotron with currents up to 3 kA at a serial connection of conductors and 6 kA at a parallel connection.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984