

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

8-85-756

В.Д.Ивкин, В.Ф.Минашкин, Ю.П.Филиппов

КОМПЛЕКС ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ
НА ТЕПЛОВОЙ МОДЕЛИ
СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО МАГНИТА

1985

Закономерности нестационарной теплоотдачи к вынужденным потокам двухфазного гелия практически не исследованы, хотя известно, например, что стабильность сверхпроводящего кабеля при импульсных тепловых нагрузках с характерной длительностью порядка миллисекунд может значительно различаться в зависимости от фазового состава гелия в зазорах между проводниками/1/.

При подготовке и проведении подобных экспериментов одна из проблем состоит в создании комплекса электронной аппаратуры, структура и состав которой рассмотрены в данной работе. Аппаратура предназначена для проведения исследований по нестационарной и стационарной теплопередаче к потоку двухфазного гелия на тепловой модели /ТМ/ сверхпроводящего магнита применительно к задачам криостатирования ускорительно-накопительного комплекса /УНК/.

Тепловыделяющий элемент /ТВЭ/ ТМ изготовлен на основе тонкой /толщиной около 1 мкм/ пленки из углерода, которая используется в качестве малоинерционного нагревателя и одновременно величиной своего сопротивления характеризует температуру поверхности/2/. ТМ состоит из двенадцати ТВЭ, представляющих собой гальванически разделенные чередующиеся участки с поверхностями $1 \times 10^{-4} \text{ м}^2$ и $2 \times 10^{-3} \text{ м}^2$. Сопротивление этих участков на уровне гелиевых температур находится соответственно в пределах от 0,2 до 1,0 кОм и от 3,0 до 6,5 кОм. Условно эти участки называются: датчик /Д/ - ТВЭД и нагреватель /Н/ - ТВЭН. Сопротивление ТВЭ зависит от температуры нелинейно и, например, для ТВЭН в интервале температур от 4,5 до 5,5 К аппроксимируется функцией вида $T = 7330,47/R^{0,846}$, где T - температура, R - сопротивление ТВЭН. Диапазон удельной мощности, выделяемой в ТВЭ, может находиться в пределах от 100 до 5000 Вт/м². При этом представляет интерес исследование процессов теплоотдачи к потоку двухфазного гелия как с помощью всей ТМ, включающей двенадцать ТВЭ, так и с одним тепловыделяющим элементом.

Главным узлом электронной аппаратуры для проведения исследований на ТМ является устройство, обеспечивающее выделение мощности в ТВЭ. Для этих целей был разработан усилитель мощности /УМ/, структурная схема которого представлена на рис.1. УМ содержит ряд блоков, из которых два непосредственно представляют собой усилители, работающие на ТВЭД и ТВЭН, а остальные обеспечивают работоспособность усилителей /блоки трансформаторов, питающих напряжений, защиты и эквивалентных нагрузок/.

Конструктивно УМ выполнен в механике стандарта КАМАК. Такое применение механики КАМАК облегчает совместимость с применяемой на криогенном стенде ОНМУ/3/ аппаратурой в стандарте КАМАК.

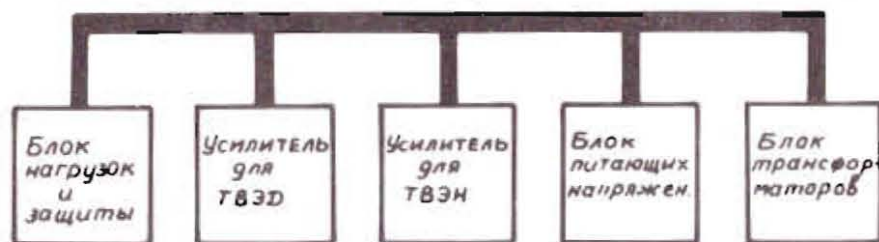


Рис. 1

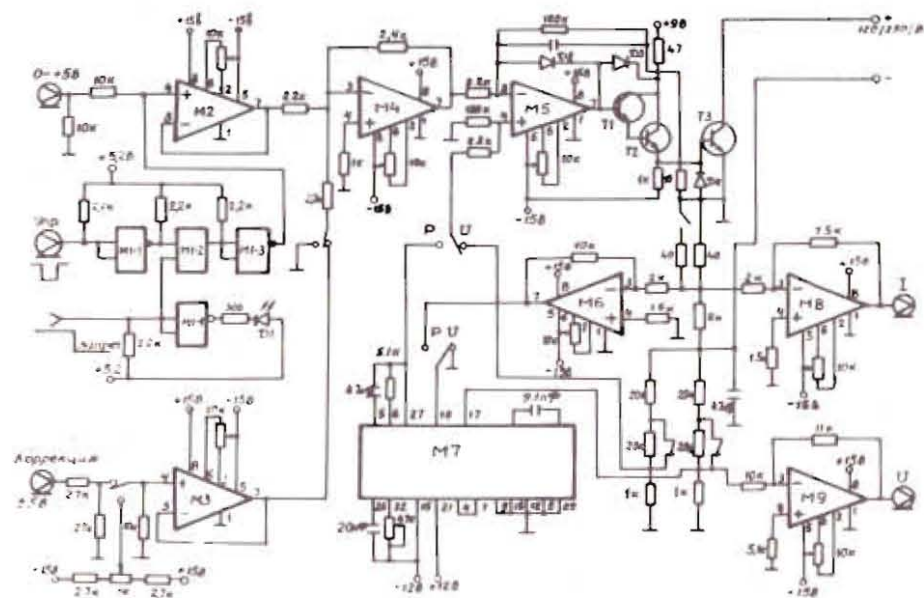


Рис. 2

Усилитель мощности предназначен для работы в двух режимах стабилизации - напряжения или мощности. Реализация в УМ режима стабилизации мощности необходима по следующей причине. При подаче относительно высокого напряжения $U \geq 100$ В/ в режиме стабилизации напряжения сопротивление пленки, а следовательно, и ее температура, изменяются более чем на 30% в течение действия импульса напряжения. В связи с этим практически невозможно непосредственно выделить причины изменения температуры, которые могут быть связаны как с особенностями процесса нестационарной теплоотдачи, так и с ростом во времени тепловой нагрузки.

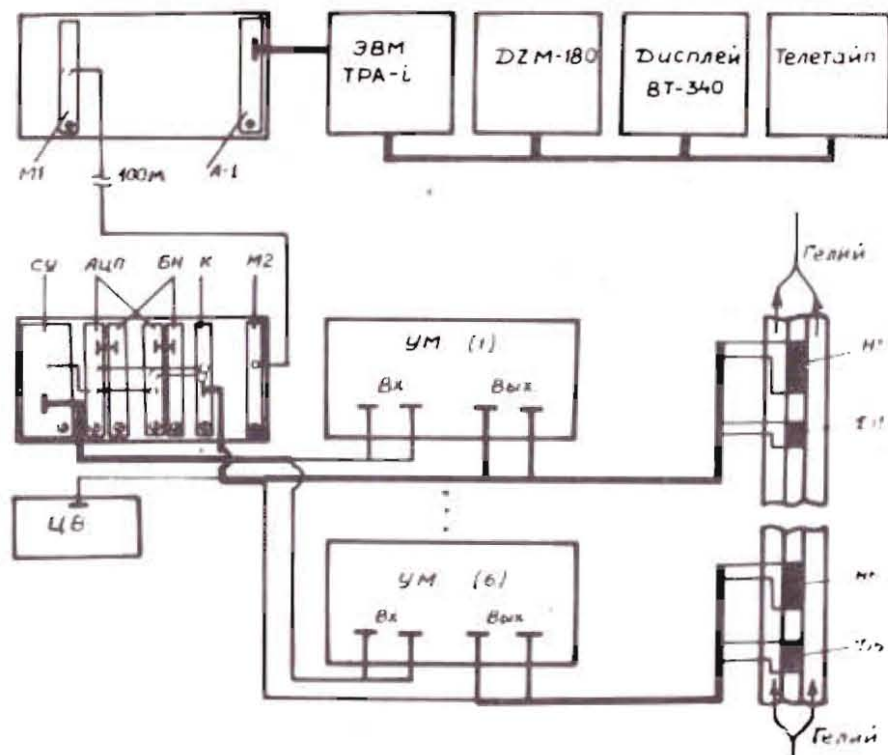


Рис. 3

Схемы усилителей, нагруженных на ТВЭН и ТВЭД, отличаются уровнем выходного напряжения. На ТВЭД подается напряжение 0-20 В /с рабочим диапазоном 2-20 В/, а на ТВЭН - 0-200 В /с рабочим диапазоном 20-200 В/. Длительность переднего фронта импульса мощности на нагрузке $\Delta t \leq 20$ мкс, нестабильность мощности - менее 4%. Принципиальная схема усилителя, работающего на ТВЭН, представлена на рис. 2, где М1-К155ЛА8, М2-М6, М8, М9-К140УД8А, М7-КГ02-УА1, Т1-КТ608Б, Т2-КТ907А, Т3-КТ809А, Д1-АЛ307А, Д2-Д4-КД521А. Принципиальная схема усилителя для ТВЭД организована аналогичным образом и отличается только номиналами сопротивлений отдельных схем и типом регулирующего элемента /ТЗ/.

На рис. 3 представлена структурная схема системы для проведения исследований на ТМ. С помощью описанного выше УМ в тепловыделяющих элементах типа Н и Д задается необходимый уровень мощности. Управляющая и измерительная аппаратура выполнена в стандарте КАМАК.

Измерение сопротивления ТВЭ и мощности, выделяемой в нем, осуществляется путем измерения мгновенных значений тока и на-

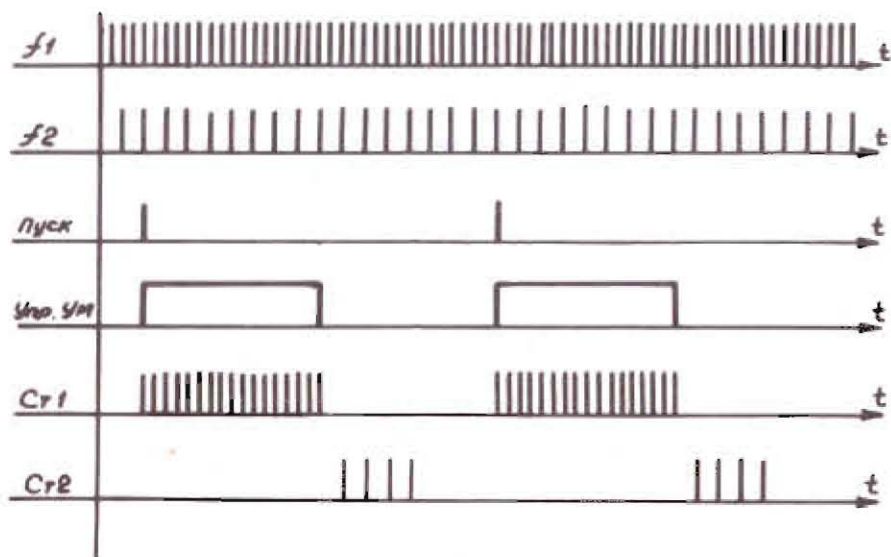


Рис. 4

пряжения. Сигналы, пропорциональные току и напряжению в ТВЭ, поступают с буферных усилителей через коммутатор /К/ КА004/6/ на АЦП САМ 4.04-1/7/. Для хранения кодов с АЦП используются буферные накопители /БН/ с объемом памяти 16x255 бит. Погрешность измерения сопротивления - не более 4%. Для контроля и калибровки предназначен высокоточный мультиметр/8/.

Система управления /СУ/ состоит из нескольких блоков. С помощью ЦАП задается уровень мощности в нагрузке. Управляется он как с магистрали КАМАК, так и с передней панели. Блок КВ002/9/ со схемой согласования обеспечивает формирование импульсов запуска и управляющих сигналов от ЭВМ. Для задания количества стробов /Ст1, Ст2/ запуска АЦП и управления длительностью импульса мощности /Упр.УМ/ используется блок управляющих импульсов /БУИ/. На рис. 4 представлена структурная схема БУИ и временная диаграмма его работы. Длительность импульса мощности опре-

деляется количеством стробов Ст1 в импульсе и частотой ($f1$) импульсов, из которых формируются стробы Ст1. Стробы Ст2 формируются в БУИ из импульсов частоты $f2$. Непрерывные последовательности импульсов частот $f1$ и $f2$ создаются генератором САМ 5.01/10/.

Связь с ЭВМ организована с помощью аппаратуры расширения ветви КАМАК/4/, которая состоит из блоков М1 и М2. Кроме этих блоков, для проверки правильности функционирования и облегчения настройки состав аппаратуры расширения ветви КАМАК дополнен блоками индикации содержимого линии связи и имитатора команд блока М1. Блок М1, управляющий крейт-контроллером М2, находится в крейте, который соединен с ЭВМ посредством крейт-контроллера типа А-1.

Пакет программ, написанный на языке HELP/5/, состоит из программ начальной установки, управления, обработки и вывода информации.

Результаты экспериментальных исследований нестационарной теплотеплопередачи к двухфазным потокам гелия при удельных тепловых нагрузках до 1000 Вт/м^2 и длительностях импульса мощности до 10 мс, которые получены на одном ТВЭН, представлены в/2/. В настоящее время проводятся исследования при других режимных параметрах и продолжается монтаж остальных УМ.

Авторы благодарят А.И.Губанова за участие в создании УМ и других элементов аппаратуры, В.И.Клементьева за выполнение механических работ, Н.И.Замятина за разработку блока буферного накопителя, Т.Ф.Корнееву и Г.А.Филину - за помощь в оформлении документации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Baynham D.E., Edwards V.W., Dean M.W. Transient Stability Density Cables. III Int.ICFA Workshop. Protvino, USSR, 19-23 October, 1981, p.61-69.
2. Микляев В.М. и др. Тезисы докладов Международного симпозиума "Теплообмен в криогенных системах". Изд. АН УССР, Харьков, 1985, с.37.
3. Намедов И.С. и др. ИФЖ, 1983, т. XIV, №5, с.725.
4. Губанов А.И., Инкин В.Д., Минашкин В.Ф. В кн.: Всесоюзная конференция "Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ". Тезисы докладов. Изд-во СО АН СССР, Новосибирск, 1981, с.58.
5. Help, Hybrid Easy to Learn and Use Program Language. Budapest, MTA, KFKI, 1980.
6. Антюхов В.А. и др. ОИЯИ, 10-11636, Дубна, 1978.

7. CAM.4.04-1. 12-Bit Analog-to-Digital Converter. KFKI, Budapest, 1980.
8. Digital Multimeter, Models 173A, Keithley Instruments, USA.
9. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-8754, Дубна, 1977.
10. CAM.5.01. Clock Pulse Generator. KFKI, Budapest, 1973.

Внимание организаций и лиц, заинтересованных в получении публикаций Объединенного института ядерных исследований

Принимается подписка на препринты и сообщения Объединенного института ядерных исследований.

Установлена следующая стоимость подписки на 12 месяцев на издания ОИЯИ, включая пересылку, по отдельным тематическим категориям:

ИНДЕКС	ТЕМАТИКА	Цена подписки на год
1.	Экспериментальная физика высоких энергий	10 р. 80 коп.
2.	Теоретическая физика высоких энергий	17 р. 80 коп.
3.	Экспериментальная нейтронная физика	4 р. 80 коп.
4.	Теоретическая физика низких энергий	8 р. 80 коп.
5.	Математика	4 р. 80 коп.
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия	4 р. 80 коп.
7.	Физика тяжелых ионов	2 р. 85 коп.
8.	Криогеника	2 р. 85 коп.
9.	Ускорители	7 р. 80 коп.
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных	7 р. 80 коп.
11.	Вычислительная математика и техника	6 р. 80 коп.
12.	Химия	1 р. 70 коп.
13.	Техника физического эксперимента	8 р. 80 коп.
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами	1 р. 70 коп.
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях	1 р. 50 коп.
16.	Дозиметрия и физика защиты	1 р. 90 коп.
17.	Теория конденсированного состояния	6 р. 80 коп.
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники	2 р. 35 коп.
19.	Биофизика	1 р. 20 коп.

Подписка может быть оформлена с любого месяца текущего года.

По всем вопросам оформления подписки следует обращаться в издательский отдел ОИЯИ по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 октября 1985 года.