

Визит проходил после Европейской конференции по физике плазмы (Рим, сентябрь 1970 г.), поэтому основные физические результаты уже были известны и члены советской делегации больше интересовались новыми экспериментами и установками.

В настоящее время в Калемской лаборатории построена и начала работать установка «Тороидальный эксперимент с большим β ». Исследования на этой установке являются логическим развитием работы, начатой еще на установке «Зета». В поддержку этой программы ведется еще около десятка малых экспериментов на других установках. В частности, ведется диагностическая работа по измерению магнитного поля в плазме с большим β при помощи томсоновского рассеяния. Готовятся опыты по стабилизации неустойчивостей плазмы θ -пинча обратными связями.

Уже несколько лет в Калеме ведется сооружение сверхпроводящего «Левитрона» в группе Свитмена, на установке «Феникс-2» работы ведутся малыми силами. Установка «Левитрон» должна быть закончена в 1971 г., ее стоимость оценивается в 0,5 млн. ф. ст. Левитирующее кольцо и некоторые другие обмотки делаются из сверхпроводника.

В ближайшие два-три года будет закончено сооружение нового стелларатора «Клео». По существу это будет тороидальная установка, которая может работать в режиме токамака и стелларатора. На установке рассчитывают создавать горячую плазму в режиме токамака и исследовать удержание ее стеллараторным полем.

В Калемской и Резерфордской лабораториях сверхпроводящие соленоиды изготавливаются из круглой многожильной проволоки. Диаметр одной сверхпроводящей жилки, изготавливаемой из сплава ниобия и титана, не превышает 30 мк. Такой малый размер сверхпроводящих жилок при большом их числе (до 1000 жил) позволяет использовать для стабилизации малое количество меди и получить большую плотность тока. Отношение площадей сечения меди и сверхпроводника достигает трех к одному. Из такой комбинированной проволоки по заданному профилю наматывается катушка. Для надежной фиксации проволоки обмотку заливают специальной эпоксидной смолой, не трескающейся при охлаждении до 4° K и нагреве до нормальной температуры. На отработку этой технологии ушло три года. Таким образом, получается монолитный блок из сверхпроводника. Такие катушки охлаждаются гелием в газообразной, а не жидкой фазе, что упрощает технику изготовления и функционирования криогенной системы.

Конструктивная плотность тока в соленоиде колеблется от 10 000 до 25 000 а/см² в зависимости от размеров соленоидов. Были показаны обмотки диаметром 1200 мм и сечением 60 × 40 мм с силой тока 260 килоампер-витков. Эти катушки изготовлены для «Левитрона».

В Резерфордской лаборатории намечается обширная программа по изготовлению нового варианта ускорителя со сверхпроводящими магнитами, а также проектируется большая пузырьковая камера объемом несколько кубометров со сверхпроводящим соленоидом.

В Калемской лаборатории в дополнение к старой центральной ЭВМ KDF-9 в 1970 г. смонтирована и введена в строй новая, более мощная ЭВМ типа ICL-4/70. До сих пор с экспериментальными установками непосредственно были связаны малые машины типа PDP-8 и LINC-8. Теперь приобретаются новые пять машин типа «Modular One», выпускаемые фирмой С.Т.Л. ЭВМ «Modular One» более быстрая и, главное, более гибкая, чем PDP-8. Все новые эксперименты, такие, как «Тороидальный пинч», «Левитрон», «Клео», оснащаются новыми ЭВМ типа «Modular One».

Как известно, в автоматизации термоядерного эксперимента важную роль играют аналого-цифровые преобразователи (АЦП). В Калемской лаборатории на базе использования интегральных модулей системы «SAMAC» разработаны АЦП с минимальным временем между двумя измерениями 200 нсек. Такой преобразователь для одного канала измерения дает 256 временных точек и 128 градаций по интенсивности. Для эксперимента «Тороидальный пинч» устанавливается 50 быстрых АЦП, связанных с физическими датчиками. Кроме того, будет еще 50 каналов с более медленным преобразователем для контроля технологических параметров. Этот контроль будет осуществляться также и перед проведением опыта, так что ЭВМ будет давать «разрешение» на его проведение.

В Калеме много труда было затрачено на разработку программ для эффективной комплексной работы малых ЭВМ и центральной ЭВМ, обслуживающих двадцать различных потребителей. Калемская лаборатория имеет прямую телефонную связь с Лондонским университетом, где установлена большая вычислительная машина. Плата за вычисления на этой машине составляет 4 ф. ст./ч.

В ближайшие два года новая вычислительная техника, о которой упоминалось выше, будет введена в строй и Калемская лаборатория по уровню автоматической обработки экспериментальной информации достигнет уровня современных лабораторий по ядерной физике.

В конце визита по инициативе дирекции Калемской лаборатории проходили обсуждения вопросов о будущих научных контактах. Дирекция лаборатории выразила, в частности, пожелание продолжать участие английских физиков в экспериментах на токамаках в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова.

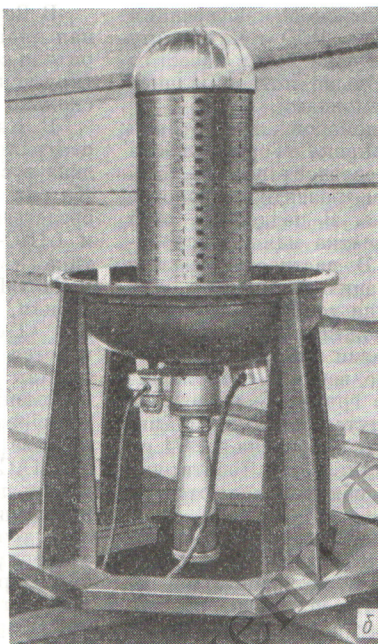
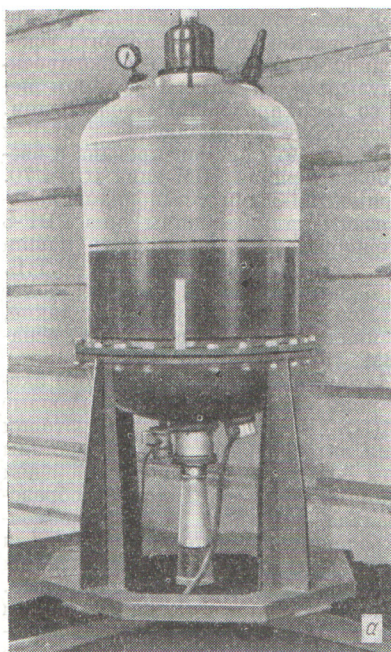
Л. И. АРТЕМЕНКОВ

Резонансный трансформатор для малогабаритных ускорительных установок

В Научно-исследовательском институте электрофизической аппаратуры им. Д. В. Ефремова разработан и прошел испытания опытный образец резонансного трансформатора с номинальным напряжением 1 Мв. Трансформатор предназначен для питания ускорительной трубки малогабаритной передвижной или стационарной ускорительной установки. В зависимости от

типа анодного узла трубки установка может быть использована как источник ускоренных электронов для облучения различных материалов и изделий или как источник рентгеновских лучей для дефектоскопии.

В общих чертах конструкция резонансного трансформатора и ускорительной установки на его основе хорошо известна. В стальном баке (рис. 1, а) разме-



Р и с. 1. Рентгеновский аппарат на 1 Мэ на основе резонансного трансформатора на испытательном стенде:

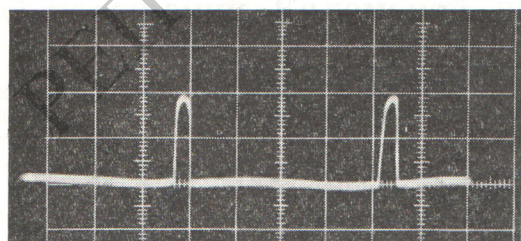
а — в сборе; б — удалена часть сосуда высокого давления.

щаются магнитный экран с системой охлаждения аппарата, первичная и вторичная обмотки трансформатора (см. рис. 1, б), его высоковольтный электрод и ускорительная трубка с системой питания и управления катодного узла. Анодный узел трубки выведен из бака наружу, где размещаются фокусирующая катушка и при необходимости система развертки и выпуска электронного пучка.

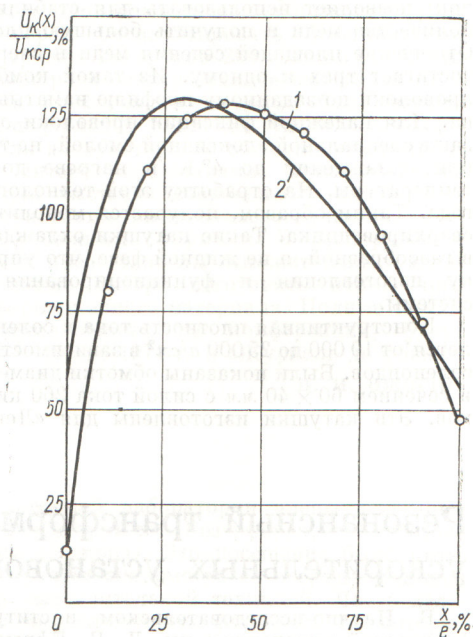
Применение в качестве основной изоляции сжатого сухого азота с 10%-ной добавкой фреона-12 при рабочем давлении в баке 10 кг/см^2 и использование для питания установки напряжения повышенной частоты ($430 \div 500 \text{ гц}$) позволили не только получить малые габариты аппаратуры, но и заметно уменьшили общий ее вес. В результате резонансный трансформатор вместе с ускорительной трубкой и устройствами ее питания удалось разместить в баке диаметром 912 мм и длиной 1450 мм (без кожуха вентилятора) при весе этой части установки 740 кг.

Использование напряжения питания повышенной частоты и связанное с этим увеличение реактивной мощности трансформатора повлекли за собой увеличение номинального тока нагрузки установки. В частно-

сти, во время испытаний аппарата в рентгеновском варианте был получен пучок ускоренных электронов с максимальным током в импульсе 27 ма (рис. 2). При этом искажений формы кривой вторичного напряжения



Р и с. 2. Форма кривой тока нагрузки резонансного трансформатора ($U=1000 \text{ кэ}$; $I_{\text{макс}}=27 \text{ ма}$; $f=470 \text{ гц}$).



Р и с. 3. Распределение напряжения по длине вторичной обмотки резонансного трансформатора:

1 — экспериментальные данные; 2 — расчетные данные.

резонансного трансформатора отмечено не было. Оценки показывают, что при использовании соответствующего по мощности источника питания установки ток нагрузки аппарата может быть увеличен до 30 — 50 ма.

При отработке резонансного трансформатора как источника высокого напряжения для ускорительных установок возникли определенные трудности, связанные с необходимостью обеспечить равномерное распределение напряжений по основным секциям ускорительной трубки и создать соответствующие фокусирующие потенциалы на ее электродах в начальной части ускорения. Расчеты показывали, что распределение напряжений по вторичной обмотке резонансного трансформатора не является равномерным. Измерения, проведенные при помощи специально заложенных пробных витков на действующем трансформаторе в диапазоне напряжений от 20 до 700 кВ, подтвердили расчетные результаты (рис. 3). Кроме того, эти измерения отвергли опасения, что распределение напряжения по обмотке трансформатора может меняться в зависимости от величины выходного напряжения аппарата. Таким образом, возникла возможность получить любое требуемое распределение по 12 секциям ускорительной трубки за счет использования частого секционирования вторичной обмотки трансформатора (120 — 130 секций). Следует отметить, что в резонансном трансформаторе качество фокусировки электронного пучка в ускорительной трубке не столь сильно по сравнению с другими установками зависит от соотношения напряжений на первых ускоряющих (но существу фокусирующих) электродах. Это обстоятельство объясняется тем, что ускорительная трубка размещена на оси соленоида

вторичной обмотки трансформатора и создаваемое этой обмоткой магнитное поле, хотя и небольшое по величине из-за почти девятидесятиградусного сдвига фазы, дополнительно фокусирует пучок.

Одной из важных характеристик ускорительной установки, особенно предназначенной для использования в производственных или полупроизводственных условиях, является надежность работы. В рассматриваемом случае эта надежность в значительной степени определяется надежностью работы самого резонансного трансформатора. В ходе испытаний было установлено, что кратковременная электрическая прочность собственно резонансного трансформатора составляет не менее 1400 кВ при условии, что изолирующая газовая смесь хорошо осушена. Дополнительным испытанием электрической прочности трансформатора явилась его шестичасовая непрерывная работа на напряжении 1200 кВ. Отсутствие разрядов, непропорционального роста потерь холостого хода и каких-либо других ненормальных явлений в ходе этого опыта свидетельствовало о достаточном запасе электрической прочности аппарата при номинальном напряжении 1000 кВ.

Проведенные исследования позволили разработать на базе резонансного трансформатора малогабаритную передвижную рентгеновскую установку на 1 МэВ. При оснащении этого аппарата необходимыми выпускными и развертывающими устройствами он может служить мощным, надежным и дешевым источником ускоренных электронов для широкого промышленного использования.

Б. И. АЛЬБЕРТИНСКИЙ, А. Т. ЕРМОЛАЕВ,
Я. Я. ПИЛЬКЕВИЧ, Г. И. ПОЛЯКОВА

Устройство передачи информации «Квант»

Устройство передачи информации «Квант» предназначено для автоматического вывода информации из многоканальных анализаторов типа АИ-1024, АИ-4096 и ее передачи в оперативное запоминающее устройство ЭВМ типа «Минск» по проводной связи.

Конструктивно устройство выполнено в виде двух стоек (передающей и приемной) и выносного пульта управления. Передающая стойка располагается вблизи анализатора. Она содержит блок и согласования с анализатором, трансляции (передатчик), вывода на рулонный телеграфный аппарат и питания. В приемную стойку, расположенную на вычислительном центре, входят блоки согласования с ЭВМ, трансляции (приемник), контроля передач, вывода на перфоратор и питания.

Передача информации из анализатора в ЭВМ осуществляется по многожильному телефонному кабелю. Возможен также вывод информации из анализатора через рулонный телеграфный аппарат РТА-60 (на перфоленду с одновременной распечаткой на бумаге), или через ленточный перфоратор ПЛ-150, или ПЛ-80 (на приемной стойке). Информация перфорируется в телеграфном коде М2 со всеми служебными пробивками (начало зоны, пробелы, конец зоны и т. д.). Работа устройства автоматизирована.

С клавишного набора выносного пульта управления устройства «Квант» возможна ручная передача инфор-

мации в выбранные ячейки МОЗУ ЭВМ. Правильность передачи информации контролируется по соответствующей световой индикации на пульте управления.

Блочный функциональный принцип конструирования устройства позволяет использовать отдельно блоки вывода информации на ПЛ-150 и на РТА. В устройстве заложена возможность осуществления связи с другими типами ЭВМ и анализаторов при соответствующих изменениях в блоках согласования.

Продолжительность непрерывной работы устройства составляет 12 ч в сутки. Питание осуществляется от сети переменного тока напряжением $220 \text{ в} \pm 10\%$. Потребляемая мощность при этом не превышает 300 Вт.

Устройство передачи информации «Квант» обеспечивает дальность связи до 1000 м. Кодом передачи из АИ служит 18-разрядный двоичный код, кодом передачи с ВПУ — 20-разрядный двоично-десятичный код. Скорость передачи по проводной связи составляет 30 000 чисел/сек, скорость вывода информации на перфоленду через перфоратор ПЛ-150 ~ 20 чисел/сек, через перфоратор ПЛ-80 ~ 10 чисел/сек, через телеграфный аппарат РТА-60 ~ 1 число/сек. Надежность работы устройства характеризуется 1 сбоем (максимально) на 20 000 знаков.

И. Н. ИВАНОВ, В. В. ЕЛДАШЕВ, В. В. ФИЛИППОВ