

Совещание по электростатическим генераторам и ускорителям прямого действия

В конце марта 1963 г. в Дубне состоялось рабочее совещание стран-участниц Объединенного института ядерных исследований по физике и технике электростатических генераторов и ускорителей прямого действия.

В совещании участвовало более 70 специалистов из стран-участниц ОИЯИ, в том числе из различных институтов Советского Союза. Интерес к совещанию был большой, поскольку за последние годы накоплен значительный экспериментальный материал как по эксплуатации электростатических генераторов (ЭСГ), так и по конструированию отдельных узлов.

На совещании было доложено 33 работы по конструкции ЭСГ, методам фокусировки пучков частиц, вопросам построения ионных источников для различных ЭСГ и разных режимов их работы. Специальное заседание было посвящено конструкции поляризованных источников и ускорителям прямого действия.

В докладе В. И. Четверткова (Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры им. Д. В. Ефремова — НИИЭФА) были рассмотрены некоторые вопросы разработки системы стабилизации ускоряющего напряжения повышенной точности (около $\pm 0,01\%$) для ЭСГ протонного варианта. Приведенные автором формулы позволяют оценить изменение энергии ускоренных частиц, обусловленное нестабильностью угла наклона и положения пучка на входе в анализирующий магнит, а также нестабильности положения целевого прибора. В работе впервые был рассмотрен ионно-оптический метод измерения пульсации энергии заряженных частиц, использующий отклонение пучка перед входом в магнитный анализатор. Этот метод отличается быстродействием и позволяет измерять нестабильность потенциала кондуктора также при наличии лайнера. Был приведен расчет времени пробега отрицательных ионов короны в высоковольтном зазоре ЭСГ, а также дано выражение для переходной, частотной и фазовой характеристик коронирующего триода.

Доклад М. Чигака (Институт ядерных исследований АН ЧССР) был посвящен расчетам схем стабилизации высоковольтного напряжения ЭСГ с точностью не хуже 10^{-4} , произведенным с использованием общей теории автоматического регулирования.

В. И. Четвертков и А. Л. Федюлов (НИИЭФА) рассказали о работе системы стабилизации ускоряющего напряжения $\sim 150-200$ кэВ нейтронного генератора при токах до 3 мА, построенной на полупроводниковых приборах и магнитных элементах. Система обеспечивает стабилизацию в пределах 1—2%, экономична и практически, немедленно после включения, готова к работе.

Стабилизации магнитного поля электромагнитных анализаторов с применением ядерного магнитного резонанса был посвящен доклад В. Г. Кунстмана

(НИИЭФА). Автор показал, что для получения высокой точности воспроизведения распределения поля, а следовательно, и высокой точности измерения энергии пучка ЭСГ необходимо устанавливать магнитное поле анализатора по принятому раз и навсегда циклу, иначе ошибка в измерении энергии может доходить до 0,5%. Если всегда устанавливать поле по выбранной петле гистерезиса со скоростью не выше 20 э/сек, анализатор может обеспечить точность относительных измерений энергии $\sim 10^{-4}$. Ошибка возрастает при увеличении скорости, причем при установлении поля по нисходящей ветви петли гистерезиса увеличение ошибки несколько меньше, чем по восходящей.

П. Е. Воронников (Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова — ИАЭ) рассчитал фазовую фокусировку (бунчировку) ионов, выходящих из источника, переменным продольным электрическим полем для получения от ЭСГ импульсов тока с длительностью $\sim 10^{-9}$ сек при частоте повторения $10^6 \div 10^7$ сек⁻¹. Было показано, что обычный слаботочный источник ионов при добавлении к его ионно-оптической системе группирующего электрода дает на выходе из ускорителя импульсы длительностью $3 \cdot 10^{-9}$ сек при токе в импульсе $\sim 1-1,5$ мА. Последняя величина в 10—30 раз превышает токи, достигнутые в настоящее время. Этот режим работы ЭСГ имеет важные практические применения (спектроскопия по времени пролета, изучение короткоживущих ядер, работа в условиях большого фона и т. д.).

С большим вниманием был заслушан доклад Д. Парша (АН ВНР) «Замечания по вопросам фокусировки ионных пучков в электростатических генераторах». Автор рассмотрел особенности работы системы отсоса ионов в высокочастотном ионном источнике и указал на интересную возможность фокусировки пучка, приводящую к снижению потребляемого газа в источнике. Обращено внимание на особенности фокусировки многоэлементных ускорительных трубок.

Т. Сайдл (Институт ядерных исследований АН ЧССР) привел расчеты главных оптических параметров трубки (фокусное расстояние, поперечное увеличение, отношение выходного и входного диаметров пучка и т. д.).

В докладах Г. Я. Рошалья (НИИЭФА), В. А. Романова (Физико-энергетический институт — ФЭИ), Э. Гурски (АН ПНР), Ю. Цирака (АН ЧССР), Г. Винтера (ГДР) были подведены итоги опыта проектирования и эксплуатации ЭСГ на 2—5 МэВ.

Значительное внимание на совещании было уделено ионным источникам для электростатических ускорителей прямого действия.

В докладе С. Г. Цепякина и др. (НИИЭФА) сообщалось о разработке высокочастотных ионных источ-

ников на токи 300 *мкА*, 2 *мА*, 10 *мА*. Разработана серия источников типа «дуоплазматрон» на токи 20 *мА* в постоянном режиме и на токи 0,05, 0,5 и 1,5 *А* в импульсном режиме. Приведены данные источника с разрядом типа Пеннинга, работающего в импульсном режиме с током 15 *мА*. Сообщались также о разработанных источниках электронов с токами в постоянном режиме в 1 и 10 *мА*.

В докладе Н. Ф. Иванова, В. С. Кузнецова, А. И. Солнышкова (НИИЭФА) «Формирование импульсных ионных пучков с током порядка сотен миллиампер в ускорителях прямого действия» представлена методика расчета оптической системы сильноточных пучков с учетом объемного заряда. Указанный метод использован для расчета оптики инжектора ионов водорода на 400 *мА* при энергии 700 *кэВ*. Приведены результаты измерений, согласующиеся с расчетными. Получен пучок диаметром 15 *мм* с током 400 *мА* при энергии пучка 700 *кэВ*.

А. Н. Сербинов и В. И. Мороко (ФЭИ) сообщили о разработанном ими импульсном высокочастотном ионном источнике с сотовой системой вытягивания. Было испытано два варианта системы вытягивания, отличающихся величиной зазора между катодом и анодом (1,8—2,2 *мм*). Для первого варианта при ускорении до энергии 270 *кэВ* получен ионный ток 21 *мА* в импульсе длительностью 1 *мксек*. Другой вариант дал ток 220 *мА*. Расход газа источника на водороде составил 15 *см³/ч*.

В докладе П. С. Маркина (АН УССР) приведены данные экономичного источника ионов. Ионный источник основан на дуговом разряде в аксиальном магнитном поле с накаленным катодом, полым анодом и изолированным антикатодом (по типу источника Абеля, Мекбаха). Источник исследован в постоянном и импульсном режимах работы. В спектре ионного тока имеются двухзарядные ионы углерода, азота и кислорода.

В докладе В. И. Манько и др. (ИАЭ) рассмотрен вопрос параллельного питания ионных источников электростатического генератора с двумя ускорительными трубками.

Б. П. Адысевич (ИАЭ) сообщил об устройстве и результатах испытаний источника поляризованных ионов (протонов и дейтронов), в котором поляризация ядер в атомном пучке достигалась адиабатическим выволом атомов водорода, находящегося в состоянии с $m_l = +1/2$ из области сильного в область слабого магнитного поля и последующей их ионизацией электронным ударом. Разработанный авторами источник поляризованных

ионов обеспечивает ток ~ 0,1 *мкА*. Поляризация протонов достигает 50%, поляризация дейтронов — 33%.

Построению источника на этом же принципе был посвящен доклад Р. П. Слабоспицкого и др. (Физико-технический институт АН СССР — ФТИ).

В докладе А. Я. Таранова, Ю. З. Левченко (ФТИ) «Система инжекции отрицательных ионов перезарядного электростатического ускорителя ПГ-5» была рассмотрена конструкция источника отрицательных ионов перезарядного электростатического ускорителя, который основан на преобразовании положительных ионов в отрицательные через пароструйную ртутную мишень.

Авторами получены интенсивные пучки отрицательных ионов водорода и кислорода. Изучены условия инжекции пучка отрицательных ионов в перезарядный ускоритель, условия проходимости пучка по ионпроводу ускорителя при различных напряжениях на кондукторе и т. д.

Вопросу построения серийных нейтронных генераторов НГ-200-III с потоком нейтронов свыше 10^{10} *нейтр/сек* посвящен доклад В. Д. Михайлова (НИИЭФА).

В сообщении О. Б. Овчинникова (НИИЭФА) говорилось о конструкции ускорителя на 2,5 *МэВ* с симметричной схемой умножения в качестве источника высокого напряжения. Ускоритель рассчитан на получение пучка ионов или электронов мощностью 25 *кВт*. Высоковольтная часть ускорителя помещена в котел со сжатым газом.

Б. И. Альбертинский выступил с сообщением о работе группой сотрудников НИИЭФА инженерной методики расчетов выходных характеристик конденсаторных схем умножения напряжения. Проведенное докладчиком сравнение расчетов и результатов измерений на различных моделях симметричных каскадных генераторов показало, что предлагаемая методика вполне удовлетворительно учитывает влияние внутреннего сопротивления вентиля (в том числе и полупроводниковых), внутреннего сопротивления источника питания, распределенных по каскадам защитных сопротивлений, паразитных емкостей конструкции и распределенных по каскадам компенсирующих индуктивностей. Были приведены выражения для расчета коэффициентов моделирования различных схем напряжения.

По окончании совещания делегаты посетили Лабораторию ядерных проблем, Лабораторию ядерных реакций и Лабораторию нейтронной физики.

Г. М. Осетинский

Международная конференция по секторным циклотронам и мезонным установкам

В течение последних нескольких лет циклотроны с секторной фокусировкой (ЦСФ) вызывают все больший интерес во многих лабораториях мира. В некоторых лабораториях ЦСФ уже работают или находятся в процессе строительства, многие другие лаборатории планируют их сооружение. Поэтому ученые университетов и лабораторий (особенно европейских), занимающиеся ЦСФ, проявляют большой интерес к любой возможности обмена идеями и опытом. В состоявшейся в ЦЕРНе в апреле 1963 г. конференции приняло участие 150 ученых из 60 лабораторий Европы (в том числе

СССР) и Америки; было заслушано 66 докладов. Поскольку предыдущая конференция в Лос-Анжелосе проходила сравнительно недавно, эта конференция была посвящена либо новым разработкам, либо темам, не обсуждавшимся на предыдущих конференциях (физические эксперименты, которые могут быть выполнены при помощи этих ускорителей, ускорение поляризованных частиц и т. д.).

Опыт эксплуатации циклотронов. Р. Ливингстон (Ок-Ридж), открывая заседание, сделал обзор уже работающих машин, приведенных в таблице. Он отме-