

РЕЗУЛЬТАТЫ ЗАПУСКА ИМПУЛЬСНОГО ДВУХКАМЕРНОГО СТЕРЕОБЕТАТРОНА НА 25 Мэв

В. А. МОСКАЛЕВ, Б. В. ОКУЛОВ, Ю. А. ОТРУБЯНИКОВ,
Ю. М. СКВОРЦОВ, А. Г. СКОРИКОВ, В. Г. ШЕСТАКОВ

Проблема повышения интенсивности излучения, генерируемого ускорителями заряженных частиц, разрабатывается в последнее время многими лабораториями. Интерес к этой проблеме обусловлен тем, что интенсивность излучения ныне действующих ускорителей часто оказывается недостаточной для проведения ряда интересных физических исследований, имеющих большое теоретическое и практическое значение (например, изучение структуры элементарных частиц и атомных ядер в области физики ядра или взаимодействие излучения со специальными материалами в области радиационной химии). Кроме того, в получении установки, генерирующей излучение высокой интенсивности, заинтересованы промышленные предприятия (дефектоскопия толстостенных изделий), медицина (лечение раковых опухолей), биология (действие излучения на живой организм) и т. д.

В 1960 году в НИИ ТПИ запущен и сдан в эксплуатацию двухкамерный импульсный стереобетатрон на 25 Мэв с повышенной интенсивностью излучения.

Конструкция установки описана в работе [1], а результаты предварительного запуска стереобетатрона в режиме питания током промышленной частоты — в работе [2].

Основные режимы работы схем стереобетатрона

Электромагнит установки питается от импульсной схемы импульсами тока 2760 а при напряжении 7,5 кв. Частота повторения импульсов 0,2 гц. Конденсаторная батарея емкостью 1200 мкф разряжается через намагничивающие обмотки электромагнита и систему вентилях из пяти параллельно включенных тиратронов типа ТР1-85/15. При этом в воздушных зазорах электромагнита создается магнитное поле напряженностью до 3520 эрст на радиусе равновесной орбиты, что обеспечивает получение максимальной расчетной энергии ускоренных электронов 25 Мэв в обеих ускорительных камерах.

Ввод электронов в каждую ускорительную камеру осуществляется с помощью внешнего инжектора, рассчитанного на рабочее напряжение до 300–400 кв и работающего в комплекте с вводным электростатическим конденсатором-инфлектором. Инжектор питается от импульсного генератора импульсами напряжения до 400 кв отри-

цательной полярности длительностью 4 *мксек*. На инфлектор подается импульс положительной полярности с плоской вершиной, амплитудой до 60 *кв* и длительностью до 15 *мксек*. Фаза импульса инфлектора опережает на несколько микросекунд фазу импульса напряжения на инжекторе. Соотношение между фазами этих импульсов может с помощью специальной схемы плавно изменяться, обеспечивая тем самым настройку установки на стабильную работу.

Для подбора оптимальных условий захвата электронов в ускорение в конструкции инфлекторных пластин и их крепления предусмотрены устройства, позволяющие в необходимых пределах изменять расстояние между пластинами, угол расходимости пластин, а также угол влета электронов в ускорительную камеру. В конструкции инжектора предусмотрена возможность изменять междуэлектродное расстояние анод-фокусирующий электрод, а также глубину погружения катода в фокусирующем электроде. Все эти регулировки можно осуществлять без нарушения вакуума.

В качестве источника электронов применена вольфрамовая спираль, покрытая окисью тория. Спираль состоит из пяти отдельных участков, соединенных друг с другом последовательно и расположенных зигзагообразно (в виде буквы *W*). Импульсный ток такого катода достигает нескольких ампер при сроке службы не менее 100 часов. Инжектируемый в ускорительную камеру ток из инфлектора достигает 1,6 *а*.

С целью получения импульса излучения минимальной длительности смещение ускоренных электронов с равновесной орбиты осуществляется в два этапа. Сначала включается обмотка предварительного расширения орбиты, размещенная на центральных сердечниках электромагнита, при этом электронный пучок начинает двигаться по равномерно развертывающейся спирали до радиуса, близкого к радиусу размещения мишени. Затем включается схема окончательного сброса электронов на мишень. Эта схема дает импульсы тока амплитудой до 2500 *а* и длительностью 1,5 *мксек*. Для снижения паразитных индуктивностей схема вынесена к самому ускорителю, в ней использованы безындуктивные конденсаторы типа ИМ-100,0,1, а в качестве коммутирующего прибора использован вольфрамовый разрядник, разработанный в лаборатории института. Смещающая обмотка, содержащая 2 секторных витка, охватывающих около 120° по азимуту, размещена внутри ускорительной камеры выше и ниже плоскости орбиты электронов.

Применение такой системы сброса электронов на мишень позволило получить импульсы тормозного излучения, не превышающие по длительности 0,2 *мксек*. Модернизация схем управления [3] позволила добиться стабильной работы установки.

Оценка дозы излучения

Для регистрации импульсов излучения использовался стандартный рентгенометр „Кактус“ с алюминиевой ионизационной камерой ДИГ-1 объемом 1 *л*. Показания прибора в виде отбросов стрелки рентгенометра служили для качественной оценки настройки установки на оптимальный режим работы. Были проведены специальные измерения импульсов излучения методом зарядки определенной емкости ионизационным током камеры с целью проверить показания рентгенометра „Кактус“. Оказалось, что отброс стрелки рентгенометра при любой достижимой на нашем ускорителе интенсивности излучения остается строго пропорциональным показаниям контрольного прибора,

т. е. пропорциональным ионизационному току камеры в импульсе. Однако измерить дозу излучения в принятых единицах (например, рентгенах) не представлялось возможным, во-первых, вследствие высокой энергии излучения и, во-вторых, вследствие непригодности всех имевшихся в нашем распоряжении приборов к измерениям коротких импульсов излучения. Поэтому для грубой количественной оценки мощности дозы излучения, генерируемого стереобетатроном за 1 импульс, мы применили метод импульсного просвечивания свинцового слоя максимально возможной толщины. Был изготовлен специальный свинцовый клин в виде блока с 7 цилиндрическими углублениями, расположенными симметрично по окружности, причем глубина их менялась ступенями по 5 мм. В качестве индикатора γ -излучения применялась рентгеновская пленка „Илфорд“ с передним и задним усиливающими экранами. Оптимальная величина интенсивности γ -излучения позволила просветить свинцовый блок толщиной 14 см за 1 импульс от одной ускорительной камеры на расстоянии 1 м от мишени ускорителя.

При бетатронной дефектоскопии толстостенных изделий [4] просвечивание стального блока эквивалентной толщины достигается дозой порядка 50 р на расстоянии 1 м от мишени. Если предположить, что доза в пучке стереобетатрона даже в 10 раз меньше указанной величины, т. е. составляет всего 5 р за цикл ускорения, это дает увеличение выхода излучения в 250–300 раз по сравнению с существующими бетатронами на ту же энергию.

Оценка размеров фокусных пятен стереобетатрона

На стереобетатроне было проведено фотографирование фокусного пятна как от правой, так и от левой ускорительных систем. Для фотографирования была изготовлена свинцовая фотокамера. При установке объектива камеры на расстоянии 600 мм от мишени на фотопленке получилось изображение фокусного пятна в масштабе 1:2.

Фотографии показали, что размеры фокусного пятна в правой ускорительной камере не превышают 4×2 мм² и в левой ускорительной камере не превышают 10×1 мм², причем фокусные пятна вытянуты в вертикальном направлении.

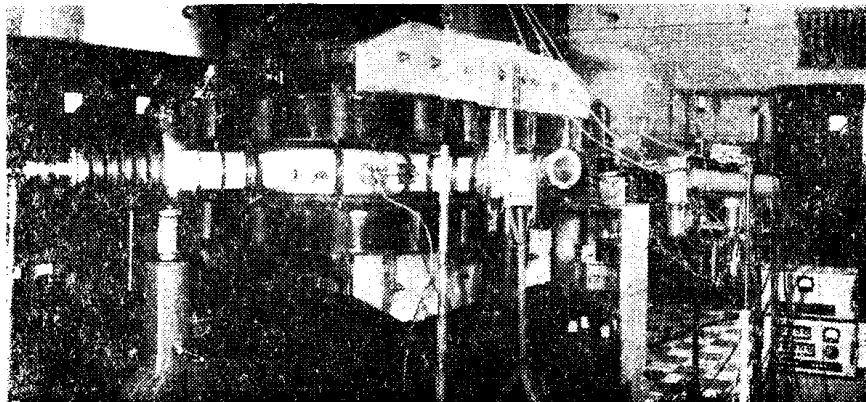


Рис. 1.

Оценки заряда ускоренных электронов

Для оценки величины ускоренного заряда были проведены измерения электронного тока, образуемого „падающим“ на мишень пучком

электронов при энергии их около 1,5 Мэв. Измерения дали величину порядка $(5-7) \cdot 10^{11}$ электронов, что соответствует заряду около 10^{-7} кулона. Это значение превышает величину ускоряемого в существующих бетатронах заряда примерно на 2 порядка. Общий вид стереобетатрона представлен на рис. 1. На основе созданного импульсного стереобетатрона начата разработка бетатрона на 30 Мэв, который будет работать на промышленной частоте.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Москалев, М. Ф. Филиппов, А. Г. Скориков, Ю. М. Скворцов. Сильноточный импульсный стереобетатрон. Изв. вузов МВО СССР, Физика, 5, 1959.
2. В. А. Москалев, Ю. М. Скворцов и др. Запуск импульсного стереобетатрона на 25 Мэв. Доклад на 3-й Межвузовской конференции по ускорителям. г. Томск, 1959.
3. В. А. Москалев, Б. В. Окулов, Ю. А. Отрубьянников, Ю. М. Скворцов, А. Г. Скориков, В. Г. Шестаков. Результаты запуска импульсного двухкамерного стереобетатрона на 25 Мэв. Отчет НИИ при ТПИ, г. Томск, 1960.
4. В. И. Горбунов. Диссертация. Томск, 1958.