

ВЫВОД ИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА ИЗ УСКОРИТЕЛЬНОЙ КАМЕРЫ СИЛЬНОТОЧНОГО БЕТАТРОНА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

В. А. МОСКАЛЕВ, В. В. ШАШОВ, А. М. СЛУПСКИЙ

В работе [1] описана система вывода электронного пучка из сильноточного бетатрона импульсным однооборотным методом. Применение этого метода позволило получить от бетатрона импульсный ток выведенного пучка, амплитуда которого в сотни тысяч раз превышает ток в импульсе, получаемый от бетатронов до сих пор. Длительность импуль-

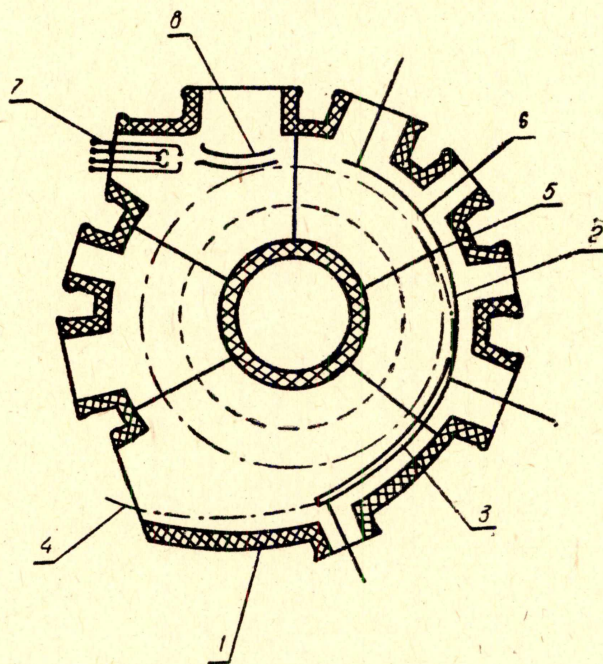


Рис. 1. Схема вывода электронного пучка из ускорительной камеры: 1 — ускорительная камера; 2 — пластина, предназначенная для увеличения шага орбиты; 3 — отклоняющая пластина; 4 — траектория выведенного пучка; 5 — равновесная орбита; 6 — расширенная орбита; 7 — инжектор; 8 — инфлектор

са выведенного тока составляет 5—6 нсек. Такие короткие импульсы получили применение в различных областях науки и техники. Однако для ряда исследований, особенно для исследования действия излучения на

различные материалы, требовалось увеличить длительность импульса выведенного пучка. Требование увеличения длительности импульса, выведенного из сильноточного бетатрона электронного тока, было удовлетворено в результате осуществления электростатического способа вывода при помощи выводного устройства особой конструкции. Известно [2], что для сброса на мишень электронов, ускоренных в сильноточном бетатроне до 25 Мэв, с помощью центральной обмотки требуется генератор тока, средняя мощность которого равна 30 кВт. При этом в рабочей зоне ускорителя создается возмущающее магнитное поле, энергия которого

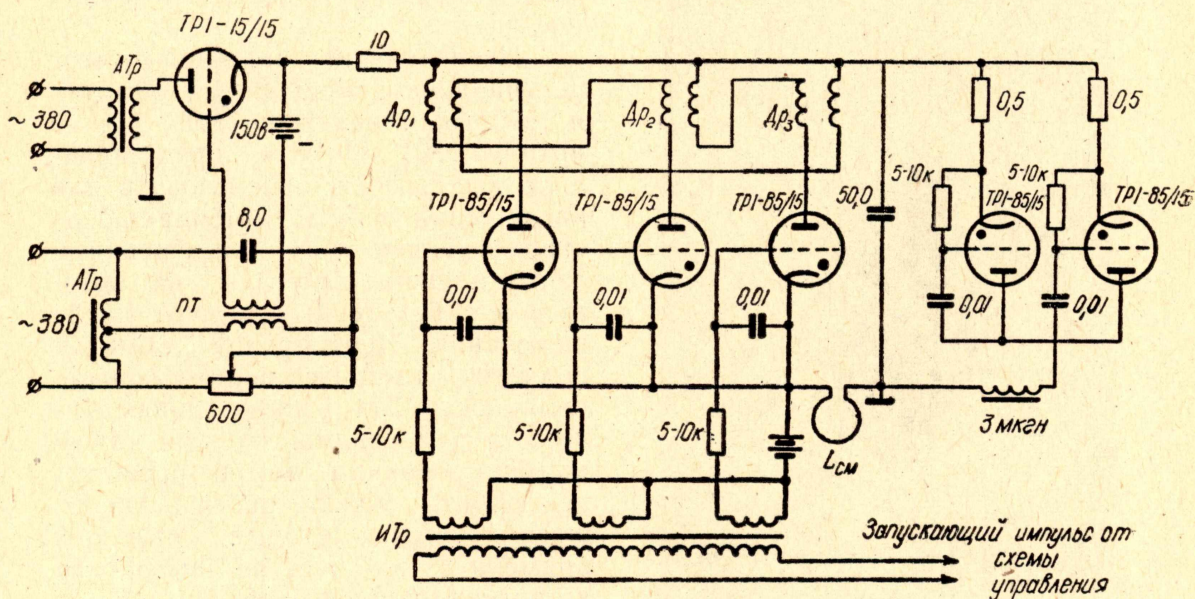


Рис. 2. Схема генератора, питающего расширительную обмотку

равна 360 джоулям. Радиальная скорость движения орбиты [3] при смещении электронного пучка на мишень в районе расположения инфлектора составляет всего $2,9 \cdot 10^4$ см/сек, а шаг орбиты — единицы микрон. Значительное увеличение возмущающего магнитного поля приводит к весьма малому увеличению шага орбиты.

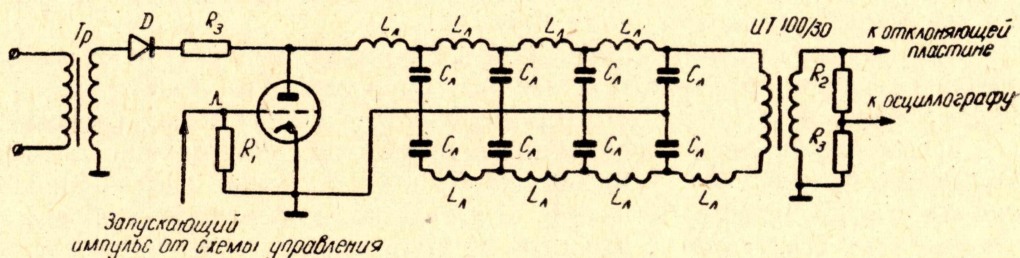


Рис. 3. Схема генератора, питающего выводное устройство

Для решения проблемы вывода электронов из сильноточного бетатрона электростатическим способом нужно было найти такой способ подведения пучка к щели отклоняющего конденсатора, чтобы уже на радиусах, меньших границы расположения инфлектора, шаг электронной орбиты при ее расширении был много больше отсекающей пластины конденсатора. Это требование вытекает из того, что конденсатор необходимо устанавливать на радиусе, несколько меньшем радиуса размещения

инфлектора, так как в противном случае весь пучок, прежде чем попасть в конденсатор, упадет на инфлектор.

Авторами была предложена конструкция конденсатора с удлиненной отклоняющей пластиной.

В [4] показано, что если в процессе симметричного расширения равновесной орбиты с помощью центральной обмотки на определенном азимутальном участке в рабочей области ускорительной камеры создать возмущающее электрическое поле E , то на этом участке можно получить сильное радиальное отклонение частиц.



Рис. 4. Фотография сечения выведенного пучка

Исследуемый бетатрон имеет центральную смещающую обмотку и готовый генератор тока для ее питания [2]. Поэтому представляется возможным использовать для расширения орбиты комбинацию из существующей схемы смещения и азимутальной пластины, на которую в определенный момент после включения центральной обмотки подается импульс положительной полярности. Из расчета, проведенного в [4], видно, что при таком комбинированном методе расширения орбиты можно достичь такого шага орбиты, который позволяет применять в качестве выводного устройства конденсатор.

Так, например, используя для расширения орбиты существующую центральную обмотку и подавая на пластину длиной 50 см импульсное напряжение амплитудой 100 кВ, шаг орбиты при входе в конденса-

тор равен 0,17 мм. Эффективность вывода электронов η без учета потерь внутри конденсатора и при толщине отсекающей пластины, равной 0,1 мм, будет составлять около 40% [4].

Расчет и построение траекторий электронов при выводе электростатическим способом позволили выбрать оптимальную конструкцию выводного устройства и место его размещения в ускорительной камере.

Нами предложена конструкция конденсатора, отличающаяся от применяемых до сих пор. Это вызвано тем, что с целью увеличения шага орбиты в исследуемом бетатроне используется поперечное электростатическое поле. Пластина 2, на которую подается импульс положительной полярности, изготовлена как одно целое с отклоняющей пластиной конденсатора (рис. 1) (в дальнейшем изложении — отклоняющая пластина).

Таким образом, устройство, предназначенное для увеличения шага орбиты при ее расширении, и выводное устройство объединены в одну конструкцию.

Отклоняющая пластина и основная часть отсекающей изготовлены из немагнитной нержавеющей стали толщиной 1,2 мм. Входной конец отсекающей пластины изготовлен из танталовой фольги толщиной 100 мк. Крепление выводного устройства сконструировано так, что имеется возможность радиального перемещения конденсатора как с входной, так и с

выходной стороны без нарушения вакуума в камере. Выходной конец конденсатора отстоит по азимуту от выводного окна на 30—35 градусов.

Принципиальные схемы генераторов, предназначенных для питания расширительной обмотки и выводного устройства, приведены на рис. 2 и 3, а их параметры — в табл. 1 и 2. В табл. 2 приведены также параметры выводного устройства и выведенного пучка.

Таблица 1

Параметры системы предварительного расширения орбиты [2]

Число витков центральной обмотки W , вит.	Амплитуда напряжен. на обмотке U_m , кв	Амплитудное значение тока в обмотке I_m , а	Величина емкости в разрядном контуре C , мкф	Индуктивность обмотки L , гн	Длительность импульса тока в обмотке τ , мксек
10	5	2000	50	$360 \cdot 10^{-6}$	280

Таблица 2

Параметры выводного устройства, схемы его питания и выведенного пучка

П а р а м е т р ы	Обозначение	Величина
Длина конденсатора, см	y	60
Длина отклоняющей пластины, см	l	110
Расстояние между пластинами конденсатора, см	d	1,0
Высота пластин конденсатора, см	z	4,0
Амплитуда напряжения на отклоняющей пластине, кв	U_m	100
Длительность импульса тока на отклоняющей пластине, мксек	τ_n	3,0
Энергия выведенных электронов, Мэв	ε	25
Число выведенных электронов в импульсе	n	$8 \cdot 10^{10}$
Длительность импульса излучения, мксек	τ_β	1,0
Средний ток пучка, ма	$i_{\beta \text{ ср}}$	0,64
Ток пучка в импульсе, ма	$I_{\beta m}$	12,8
Горизонтальный размер пучка, см	ΔR_e	3,5
Вертикальный размер пучка, см	ΔZ_e	1,5
Расходимость пучка, град	γ	12—14°

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Москалев, В. В. Шашов. Система вывода электронного пучка из ускорительной камеры сильноточного бетатрона на 25 Мэв. Труды Всесоюзного научно-технического совещания по использованию ускорителей в народном хозяйстве и медицине. Л., 1971.
2. В. Г. Шестаков. Диссертация. Томск, ТПИ, 1969.
3. В. В. Шашов. Выбор метода вывода пучка ускоренных электронов из сильноточного бетатрона «Луч». Научный отчет № 03592, НИИ ЯФЭА при ТПИ, 1968.
4. В. В. Шашов. Диссертация. Томск, ТПИ, 1970.