ИЗВЕСТИЯ ТОМСКОГО ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Том 206 1973

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ГЕНЕРАТОР ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ФОКУСИРОВКИ СВЧ ПОЛЯМИ НА ЗАХВАТ ЭЛЕКТРОНОВ В УСКОРЕНИЕ В БЕТАТРОНЕ

Ю. А. НЕПОКРЫТЫХ, В. И. ЗЕЛЕНЦОВ

(Представлена научным семинаром сектора сверхвысоких частот и теории ускорителей НИИ ЯФЭА)

Генераторы сверхвысоких частот находят очень широкое применение в ускорительной технике. Они позволяют получить очень высокие напряженности электромагнитных полей, которые используются для целей ускорения, формирования и фокусировки пучков заряженных частиц. Описанный ниже генератор был изготовлен для экспериментального изучения процессов влияния дополнительной фокусировки электронного пучка СВЧ-полями при захвате его в ускорение. Блок-схема генератора приведена на рис. 1. Основным элементом генератора является мощный магнетрон, работающий в импульсном режиме. Наиболее важным и определяющим достоинством мангетрона является то, что он имеет механическую перестройку частоты в очень широком диапазоне и позволяет производить настройку по частоте с большой точностью.

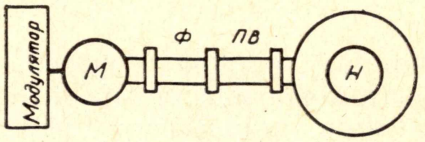

Рис. 1. Блок-схема генератора

При длительности генерируемого импульса СВЧ, мощности 3 *мксек* частота повторения посылок достигает 400 *гц*. Магнетрон имеет принудительное водяное охлаждение. Ввиду сравнительно большого тока накала катодные вводы перегреваются, поэтому их необходимо обдувать вентилятором. Для создания рабочего магнитного поля напряженностью $H = 2200 \pm 50$ *эрстед* был сконструирован и изготовлен электромагнит Ш-образного профиля с тремя катушками, намотанными медной шинкой 2×6 *мм*^{2} и соединенными согласованно. Общее количество ампервитков $IW = 13000$ *ав*. Генератор запитан от стандартного модулятора, собранного по схеме разряда формирующей линии через два последовательно соединенных тиратрона марки ТГИ1-400/16 и первичную обмотку импульсного трансформатора.

Электрическая схема цепей генератора приведена на рис. 2. Положительный импульс высокого напряжения с модулятора поступает на первичную обмотку импульсного трансформатора. Со вторичной обмотки сигнал в отрицательной полярности поступает на катод магнетрона и возбуждает в нем колебания. Передний фронт импульса $\tau_{\phi} \leqslant 0{,}2$ *мксек*. Конденсаторы $C_{1,2,3}$ служат для выравнивания потенциалов между плечами вторичных обмоток. Питание накала магнетрона осуществляется через контакты K_1 и K_2 гидрореле и вентилятора, которые замыка-

ют цепь при подаче воды и воздуха. Лабораторный трансформатор служит для плавной регулировки тока, а прибор A_1 для его измерения. Автотрансформатор установлен в связи с тем, что обмотка импульсного трансформатора не рассчитана на большие токи. При включении цепи накала автоматически запитывается обмотка электромагнита, так как контакт K_3 реле P замыкается. Лабораторный автотрансформатор и прибор A_2 служат для регулировки и изменения напряженности магнитного поля в анодном блоке магнетрона. Контакт K_4 реле P и контакт K_5 в блокировке дверей шкафа генератора включены последовательно в цепи питания модулятора и предотвращают поступление импульсов высокого напряжения при отсутствии накала и магнитного

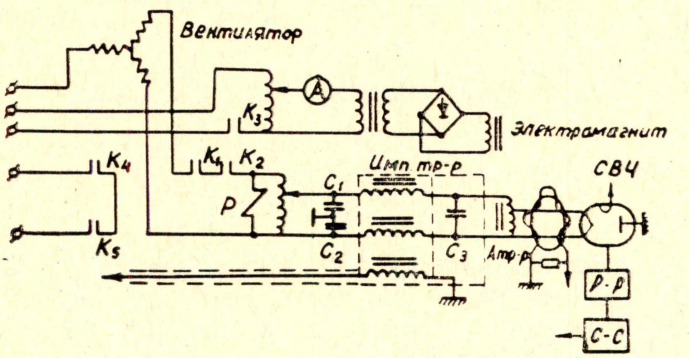

Рис. 2. Электрическая схема цепей генератора

поля в магнетроне. Контроль тока, протекающего через магнетрон, осуществляется магнитным датчиком, который охватывает высоковольтный изолятор импульсного трансформатора. Датчик представляет собой кольцо диаметром 18 *см* и сечением 15×15 *мм*^{2}, выполненное из пермаллоевой ленты толщиной 0,05 *мм*. Обмотка состоит из 180 витков ПЭЛШО-0,1. Перестройка частоты магнетрона производится дистанционно с помощью сельсинов $C - c$ и редуктора $P - p$. Импульс СВЧ мощности из магнетрона (рис. 1) поступает через переходной волновод и ферритовый вентиль в нагрузку. Вентиль служит для подавления волн, отраженных нагрузкой [1], и предохраняет магнетрон от перегрузок при коротком замыкании. Испытания, калибровка и измерение характеристик генератора производились при подключении стандартной нагрузки с водяным охлаждением измерителя мощности ИМ-4.

На рис. 3 показана зависимость генерируемой мощности от напряжения в первичной цепи трансформатора анодного питания формирующей линии модулятора и тока накала магнетрона.

Из сравнения кривых видно, что генерируемая мощность значительно зависит от тока накала. Генератор обеспечивает высокую стабильность частоты. На рис. 4 показано изменение частоты генератора в зависимости от числа оборотов сельсина, вращающего механизм перестройки. Диапазон изменения частоты составляет более 7%. При конструировании резонансных нагрузок с высокой добротностью и использовании магнетронов с фиксированной частотой генерации предъявляются столь высокие требования к точности изготовления, что приходится предусматривать в них специальные устройства для подстройки частоты. При изменении параметров нагрузки (например, температуры) требуется подстройка частоты, а это представляет значительные трудности и неудобства, если резонатор находится в вакуумном пространстве [2, 3]. Данный генератор позволяет конструировать резонаторы с большими допусками и без устройств для перестройки частоты.

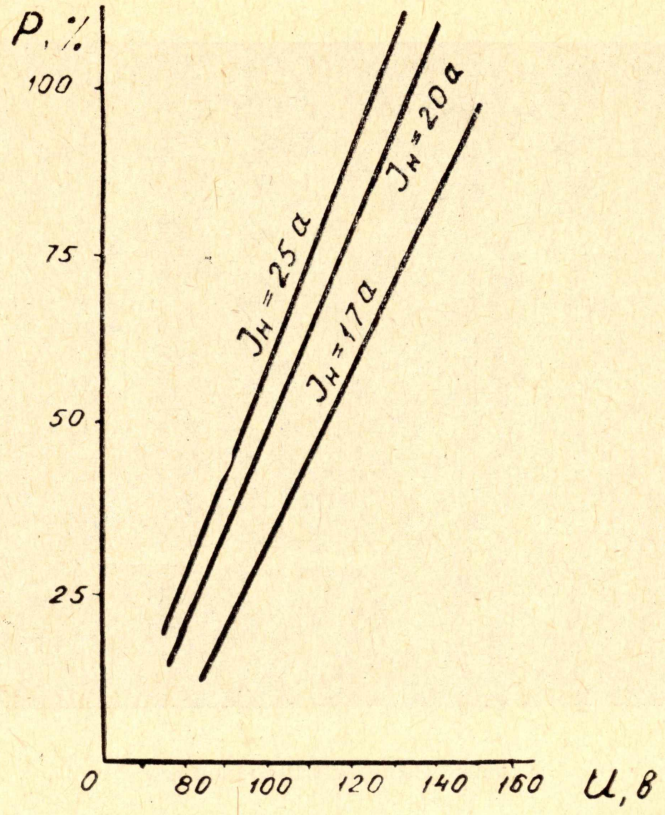

Рис. 3. Вольтамперные характеристики

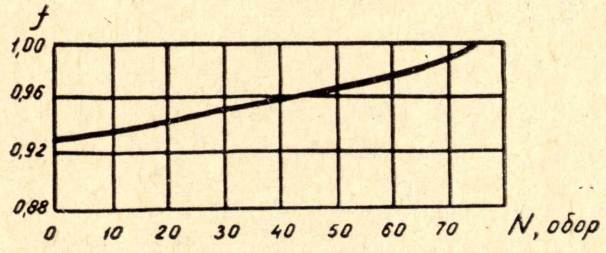

Рис. 4. Диапазон изменения частоты генератора при перестройке

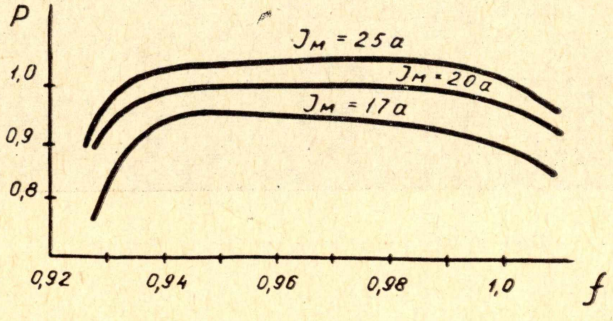

Рис. 5. Зависимость генерируемой мощности от частоты

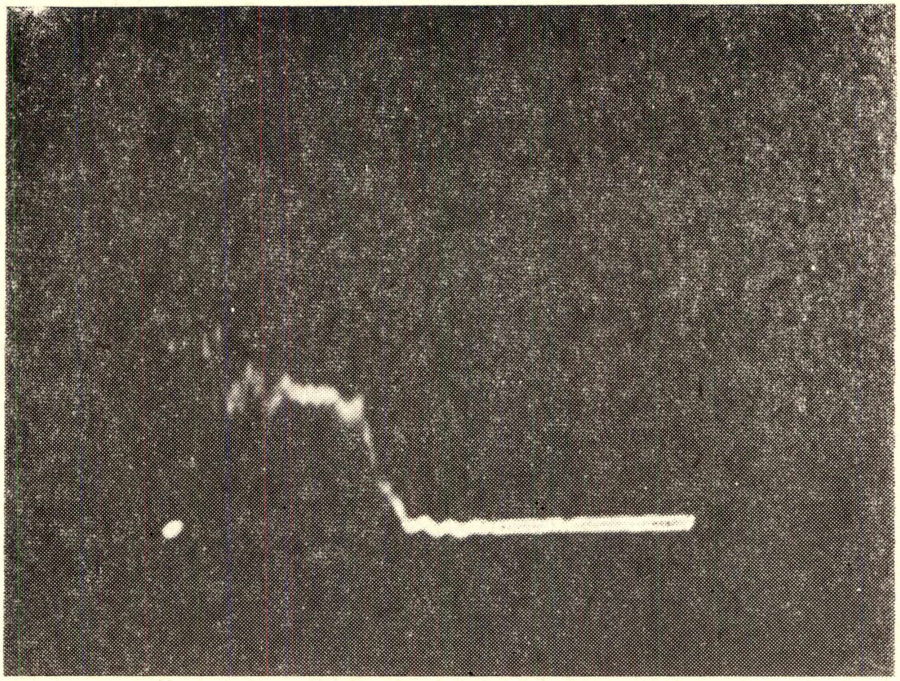

Рис. 6. Импульс СВЧ мощности

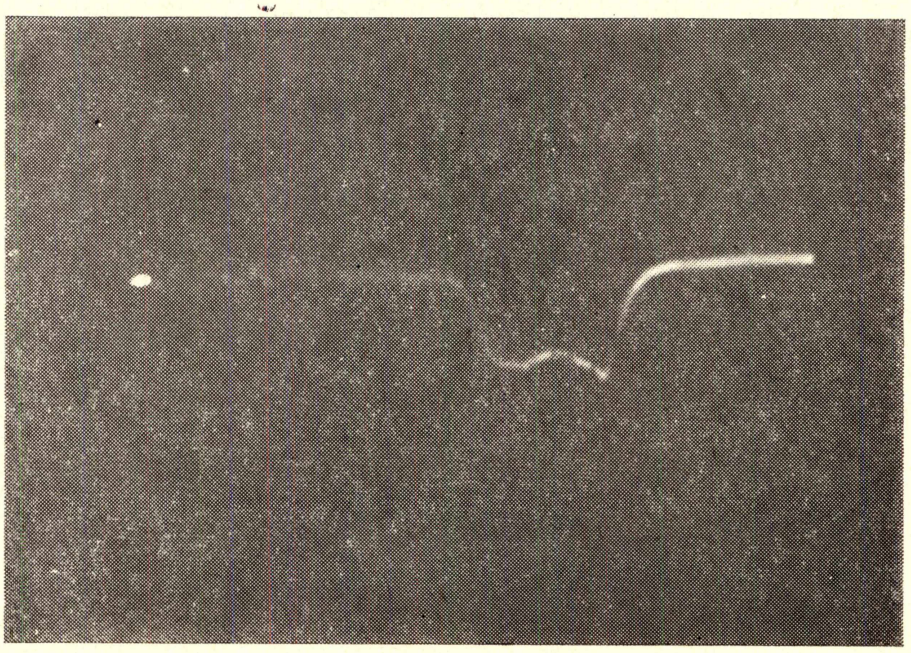

Рис. 7. Импульс с магнитного датчика

Ввиду значительной мощности небольшие расстройки частоты нагрузки мало влияют на работу. На рис. 5 показана зависимость генерируемой мощности от частоты в диапазоне перестройки. Огибающая импульса СВЧ мощности показана на рис. 6, а контрольный импульс с магнитного датчика показан на рис. 7. Генератор позволяет получать импульсы длительностью до 10 *мксек* номинальной мощности при спаде не более 3%. Для корректировки импульса можно применять *RC* цепи (рис. 8) и [4]. Параметры цепей подбираются экспериментально. По требованиям технической эксплуатации магнетрона окно из кварцевого стекла, через которое излучается мощность, необходимо охлаждать воздухом. В данном случае это не представлялось возможным, так как в процессе эксплуатации нагрузка и высокочастотный тракт были вакуумированы. Случаев проплавления окна не наблюдалось.

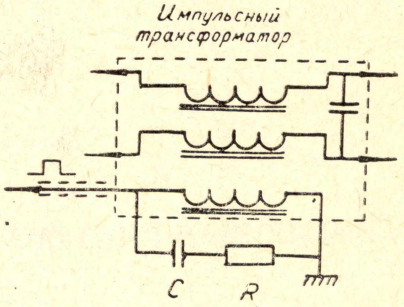

Рис. 8. Включение корректирующей цепи

ЛИТЕРАТУРА

1. И. В. Лебедев. Приборы и техника СВЧ, т. 1, 2, 1964.
2. Технический отчет. Библиотека НИИ ЯФЭА.
3. Технический отчет. Библиотека НИИ ЯФЭА.
4. Н. И. Воробьев и др. Электронные ускорители, 229, 1964.