

О. П. ПЕЧЕРСКИЙ, А. М. СИДОРУК, В. Д. ТАРАСОВ, В. А. ЦУКЕРМАН
ГЕНЕРАТОР С ВОДЯНЫМ ДИЭЛЕКТРИКОМ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
ИНТЕНСИВНЫХ ИМПУЛЬСОВ БЫСТРЫХ ЭЛЕКТРОНОВ
И ЖЕСТКОГО ТОРМОЗНОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

(Представлено академиком Ю. Б. Харитоном 5 III 1970)

Для получения очень интенсивных вспышек жестких рентгеновских лучей продолжительностью в несколько десятков наносекунд необходимо применять сравнительно высокие напряжения и большие электронные токи. В диапазоне энергий 2—6 Мэв интенсивность рентгеновских лучей приблизительно пропорциональна энергии электронов в степени 3,4. Для обеспечения электронных токов в десятки и сотни килоампер следует предельно уменьшить внутреннее сопротивление источника напряжения. Последнее достигается использованием отрезков коаксиальных линий и сокращением индуктивности разрядной цепи за счет применения высокопрочных диэлектриков. В последние годы были предложены и практически осуществлены несколько типов установок для получения очень коротких импульсов быстрых электронов и рентгеновских лучей. В работах А. С. Денольма⁽¹⁾, Е. А. Абрамяна, О. П. Печерского и др.⁽²⁾ для этой

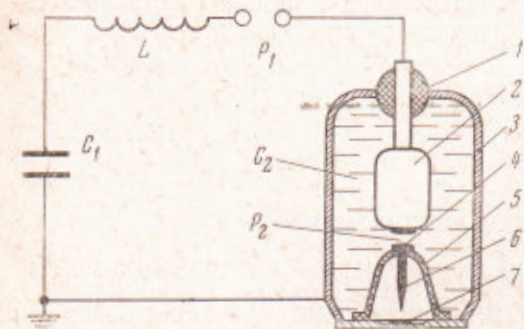


Рис. 1. Схематический разрез генератора. C_1 — емкость генератора Маркса; C_2 — емкость конденсатора с водяным диэлектриком; L — индуктивность контура; P_1 , P_2 — разрядники-коммутаторы; 1 — высоковольтный ввод; 2 — кондуктор; 3 — корпус; 4 — катодный вывод трубки; 5 — ускорятельная трубка; 6 — катод; 7 — анод

цели применялась коаксиальная линия — кондуктор в сжатом газе, заряжаемая до напряжения $3 \div 7$ Мв при помощи электростатического генератора или резонансного трансформатора Тесла со связанными контурами. Размеры генератора импульсов высокого напряжения и его внутреннее сопротивление можно заметно уменьшить, если использовать для изоляции материалы с большим значением диэлектрической постоянной ϵ . Известны несколько исследований, в которых для создания малоиндуктивных конденсаторных источников высокого напряжения в качестве диэлектрика использовалась хорошо очищенная от посторонних примесей вода ($\epsilon = 80$). В работе⁽³⁾ для экспериментов со взрывающимися проволочками были осуществлены конденсаторы с водяным диэлектриком на напряжение 500 кв. В работах^(4, 5) малоиндуктивные конденсаторные контуры с водяной изоляцией на напряжение 250 кв применялись для получения больших импульсных токов и сильных электромагнитных полей. Зарядка конденсаторов с водяным диэлектриком осуществляется импульсным напряжением. При продолжительности импульса в несколько микросекунд электрическая прочность воды приближается к прочности таких совершенных диэлектриков, как трансформаторное масло ($2 \div 5 \cdot 10^5$ в/см). Малое объемное сопротивление

ние воды ($10^6 - 10^7$ ом·см) не является здесь ограничивающим фактором, так как потеря энергии, запасенной конденсатором за время короткого электрического импульса, невелика.

Авторы настоящей работы осуществили и испытали генератор с диэлектриком из чистой воды, предназначенный для получения коротких импульсов быстрых электронов и жесткого тормозного рентгеновского излучения. Основные элементы этого устройства показаны на схематическом чертеже рис. 1.

Накопитель представляет собой цилиндрический резервуар из нержавеющей стали, на котором установлен высоковольтный ввод 1. Конденсатор с водяным диэлектриком C_2 образован цилиндрическим кондуктором 2 и заземленным корпусом 3. Нижний торец кондуктора имеет полусферическую форму и образует с катодным выводом 4 импульсной ускорительной трубки 5 разрядный промежуток P_2 .

Генератор работает следующим образом: через разрядник P_1 ударный контур C_1L заряжает конденсатор с водяным диэлектриком C_2 . При пробое P_2 этот конденсатор, представляющий одновременно коаксиальную линию, разряжается на трубку. Электроны с автокатада 6 ускоряются полем высокого напряжения и на плоском аноде 7 возникает интенсивная вспышка жесткого рентгеновского излучения. Если анодную пластинку заменить окном из тонкой титановой или бериллиевой фольги, поток быстрых электронов может быть выпущен в атмосферу.

Питание накопителя с водяным диэлектриком осуществлялось ударным контуром Маркса, описанным в работе (6). Разрядная емкость C_1 контура 6200 мкф, индуктивность L 20 мкг, разрядное напряжение 3 Мв. Коаксиальная линия с водяным диэлектриком имеет длину 50 см. Ее емкость C_2 примерно равна емкости C_1 генератора Маркса. Это обеспечивает практически полную передачу в накопитель энергии, запасенной в ударном контуре. Время зарядки емкости C_2 до полного напряжения (3 Мв) составляет 0,7 мсек. При сопротивлении водяного диэлектрика $1 \div 3$ ком снижение напряжения на емкости C_2 за время зарядки не превышает нескольких процентов.

Замена газового диэлектрика водой снижает скорость распространения электрической волны вдоль линии в 9 раз. Во столько же раз уменьшается ее волновое сопротивление. Общее внутреннее сопротивление водяного накопителя (включая сопротивление разрядника P_2) оценивается в 10 ом. В подобных условиях амплитуда электронного тока через ускорительную трубку лежит в пределах 70—120 ка. Доза рентгеновского излучения на 100 см от мишени составляет $5 \div 10$ рентген при продолжительности импульса 60 нсек.

При непосредственных разрядах на импульсную рентгеновскую трубку конденсаторного ударного контура работы (6) доза на расстоянии 100 см от мишени лежала в пределах 4—8 рентген за импульс продолжительностью 0,6—0,8 мсек. Таким образом, применение водяного накопителя более чем на порядок увеличило мощность дозы за счет сокращения продолжительности импульса и увеличения электронного тока.

Поступило
5 III 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ A. S. Denholm, IEEE, Trans. Nucl. Sci., NS — 12, 3, 780 (1965). ² Е. А. Абрамян, С. Б. Вассерман, В. М. Долгушин, Л. А. Моркин, О. П. Печерский, В. А. Цукерман, ДАН, 192, № 1 (1970). ³ В. Шеррер, Сборн. Взрывающиеся проволоочки под ред. А. А. Рухадзе, ИЛ, 1963, стр. 409. ⁴ В. М. Лагунов, Кандидатская диссертация, Новосибирск, 1969. ⁵ А. М. Искольский, В. А. Капитонов и др., Докл. на Всесоюз. межвузовск. конф. по высоковольтной аппаратуре, Томск, 1967. ⁶ К. Ф. Зеленский, О. П. Печерский, В. А. Цукерман, ЖТФ, 38, 9, 1581 (1968).