

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

9-88-846

Т 16

М.Талах

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ГЕНЕРАТОР
ПИЛООБРАЗНОГО НАПРЯЖЕНИЯ
ДЛЯ РАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ЦИКЛОТРОННОГО ПУЧКА ИОНОВ

1988

В ЛЯР ОИЯИ налажено производство ядерных фильтров из полимерной пленки, облученной циклотронным пучком. Увеличению количества фильтров путем более эффективного использования пучка и улучшению их качества за счет более равномерного облучения пленки служит применение для электростатической размазки пучка высокочастотного генератора пилообразного напряжения.

1. ПАРАМЕТРЫ ГЕНЕРАТОРА

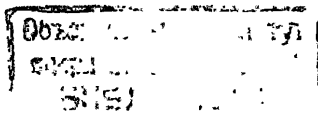
Параметры генератора пилообразного высокого напряжения /ГПВН/ определены свойствами реального пучка ионов и геометрией отклоняющих систем. Поскольку ток пучка во время макроимпульса ускорителя не является постоянным и плотность тока ионов по высоте пучка неравномерна, нужно, чтобы каждая точка полимерной ленты за время ее перемещения через зону облучения облучалась многократно - равномерность засветки получается за счет статистического усреднения. Чтобы неравномерность плотности облучения ленты по длине была ниже 10% при самых плохих условиях, каждая точка ленты должна облучиться свыше 50 раз. Это условие определило диапазон частот генератора - от 6 до 12 кГц.

Геометрия системы отклонения, масса, энергия и заряд ионов определяют размах ΔU_H от пика до пика пилообразного напряжения. Для использования уже имеющихся систем отклонения ΔU_H может достигать 25 кВ.

Отклоняющие пластины являются чисто емкостной нагрузкой генератора. Ее величина - до $60 \div 100$ пФ.

Поскольку уровень засветки ленты на данном расстоянии от центра определяет длина времени Δt действия напряжения U , отклоняющего пучок на это расстояние, условие равномерного облучения можно записать как $dt/dU = \text{const}$.

Отклонение от этого условия в расчете за весь период не должно превышать 10%. Полупромышленные условия производства фильтров требуют простоты конструкции и надежности работы генератора.



2. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Если состоящим из четырех транзисторных ключей мостом /см. рис. 1/ управлять, как это представлено на рис. 2а, то конденсатор C в $R-C$ -диагонали будет перезаряжаться, а напряжение на нем примет форму, показанную на рис. 2б. Если вместо конденсатора C посредством достаточно широкополосного высоковольтного выходного трансформатора подключить отклоняющие пучок пластины емкостью C_H , то на пластинах получится картина напряжения, представленная на рис. 2б, но с амплитудой, умноженной на коэффициент трансформации "n", который может быть довольно высоким.

Естественно, ветви функции напряжения U_C нелинейны, но условие равномерного облучения $dt/dU = \text{const}$ состоит, в расчете за весь период, из суммы двух составляющих: dt/dU - восходящей и dt/dU - нисходящей ветви функции напряжения, а эти составляющие меняются в зависимости от величины напряжения: одна из них растет, другая уменьшается. Можно рассчитать, что отклонение от условия равномерного облучения, являющееся соотношением разницы времени действия напряжения $U_C = \Delta U_C / 2$ и $U_C = 0$ ко времени действия $U_C = 0$, выражается:

$$\delta [\%] = \left\{ \frac{1}{4} \left[\exp\left(\frac{T}{2\tau}\right) + \exp\left(-\frac{T}{2\tau}\right) \right] - 0,5 \right\} \cdot 100\%,$$

где T - длина периода /рис. 2/, а $\tau = RC$ /рис. 1/. Уже для $\tau = T$ $\delta [\%] = 6,4\%$, а так как она имеет функциональную зависимость от U_C , то ее влияние можно устранить путем введения перед облучаемой поверхностью диафрагмы, закрывающей только 3% пучка.

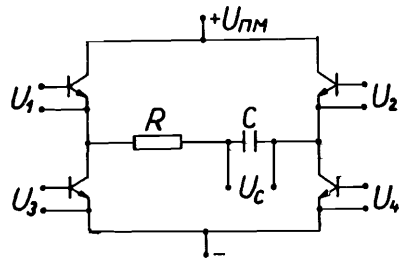


Рис. 1

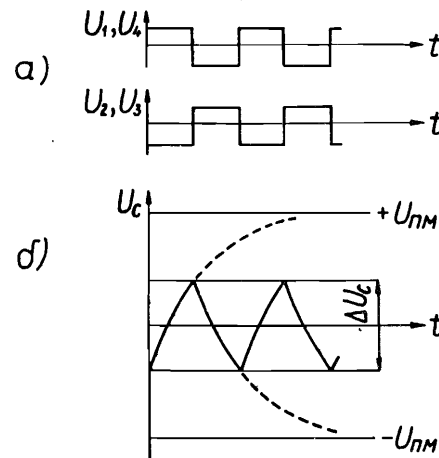


Рис. 2

Необходимую для данной системы отклонения величину размаха высокого напряжения $\Delta U_H = n \cdot \Delta U_C$ определяют параметры T и τ , так как:

$$\Delta U_C = 2U_{\text{ПМ}} \frac{1 - \exp\left(-\frac{T}{2\tau}\right)}{1 + \exp\left(-\frac{T}{2\tau}\right)},$$

при этом $\tau = RC = R \cdot n^2 (C_{\text{ВТ}} + C_H)$, где $C_{\text{ВТ}}$ - емкость выходного трансформатора со стороны высоковольтной обмотки. Плавное изменение T путем настройки частоты в рабочем диапазоне, а τ - при помощи дискретного переключения отводов резистора R , можно точно установить требуемое выходное напряжение.

Поскольку, для сбережения электроэнергии при более низких выходных напряжениях, $U_{\text{ПМ}}$ может принимать 3 значения, то для определения неравномерности облучения при его выборе удобно пользоваться формулой:

$$\delta [\%] = \frac{\left(\frac{U_C}{U_{\text{ПМ}}}\right)^2}{1 - \left(\frac{U_C}{U_{\text{ПМ}}}\right)^2} \cdot 100\%.$$

3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ИСПОЛНЕНИЕ

Функциональная схема генератора приведена на рис. 3. Транзисторный мост /ТМ/ питается от блока питания моста /ПМ/ постоянным напряжением 180, 310 или 520 В. Напряжение это поступает в ТМ через схему защиты транзисторов моста /ЗТМ/, которая быстро /в течение 5 мкс/ замыкает выход ПМ в случае пробоя одного из транзисторов ТМ. Схема управления мостом /УМ/ питается от напряжений: 14, 15 ÷ 30 В, 15 ÷ 30 В блока питания электроники /ПЭ/, состоящего из 5 стабилизаторов БСУ^{1/}, две пары которых соединены последовательно. Блок УМ вырабатывает 2 пары прямоугольных импульсов тока для управления соответствующими ключами моста. Сопротивление R - это проволочный, намотанный для устранения перенапряжений бифилярно, охлаждаемый маслом резистор, рассчитанный на 2 кВт мощности. 8 пар отводов обеспечивают величину сопротивления R от 125 до 260 Ом. ВТ - выходной трансформатор, C_H - емкость отклоняющих пластин.

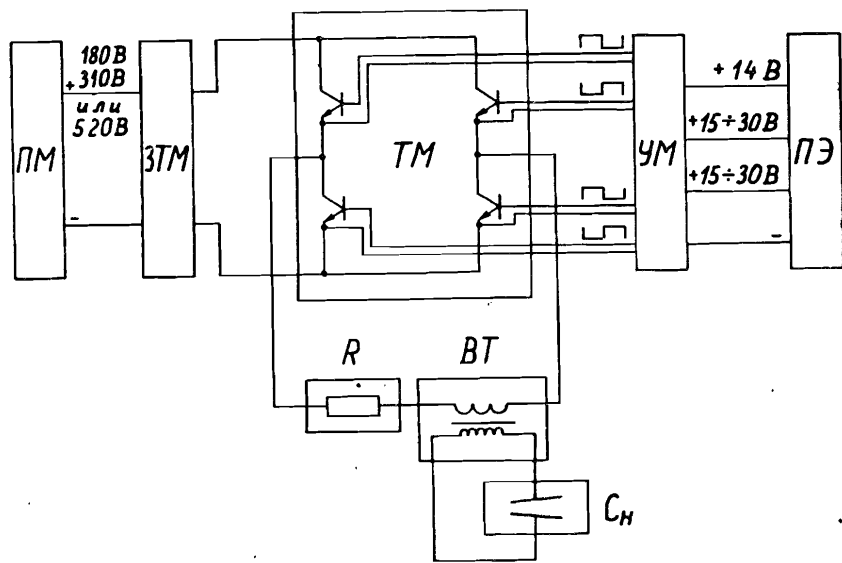


Рис. 3

Принципиальная схема блока управления мостом представлена на рис. 4. УМ построен в виде транзисторного симметричного мультивибратора /T1, T2/ с мостовыми времязадающими цепями /C3, R12, R13-C2, R4, R5; C5, R14, R15 - C4, R6, R7/, с двумя

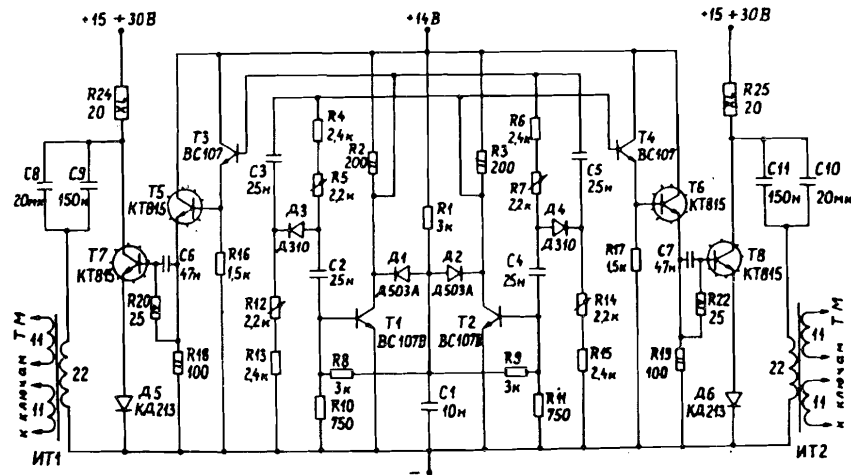


Рис. 4

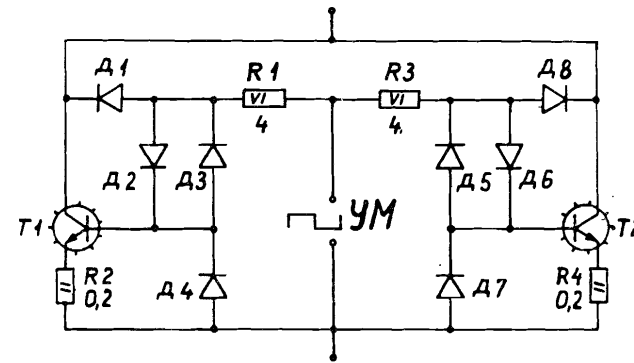


Рис. 5

противофазными выходами через двойные эмиттерные повторители, и двумя соответственно отдельно питаемыми выходными усилителями /T7, T8/. Для гальванического отделения импульсы УМ передаются в ТМ посредством импульсных трансформаторов ИТ1, ИТ2 с индуктивностью рассеяния меньше 0,1 мкГн. Параметры обоих двойных выходов УМ: размах напряжения 5 ÷ 15 В, внутреннее сопротивление двойного выхода 3,5 Ом, длина фронтов под нагрузкой меньше 0,5 мкс.

Транзисторный мост состоит из четырех одинаковых ключей, содержащих по два параллельных транзистора КТ 828 А /рис. 5/. Диодные цепи определяют их рабочую точку и препятствуют глубокому насыщению.

Изготовлены два выходных трансформатора^{/3/}. Для выходных напряжений до 15 кВ от пика до пика ВТ выполнен в виде компактного импульсного трансформатора с коэффициентом передачи $\eta = 72$. Обмотки / $w_1 = 25, w_2 = 1800$ / намотаны на два кольцевых ферритовых сердечника сечением по 6,8 см², а изолированы лавсаном и стеклотканью. Емкость этого ВТ со стороны высоковольтной обмотки $C_{BT} = 100$ пФ. Влияние насыщения сердечника на форму пилы начинается с напряжения размахом 8 В/виток при частоте 6 кГц.

Для напряжений размахом в 15-30 кВ ВТ намотан на крупногабаритном кольцевом феррите сечением 20,8 см². Цилиндрические обмотки / $w_1 = 25, w_2 = 2000$ / с воздушной изоляцией обеспечивают емкость $C_{BT} = 25$ пФ. Влияние насыщения сказывается на форме напряжения с 12,5 В/виток при 6 кГц.

4. ПРИМЕНЕНИЕ

С ноября 1988 г. началось успешное применение высоковольтного генератора пилообразного напряжения для размазки пучка ионов ксенона-128 при облучении полимерных пленок для ядерных фильтров на циклотроне У-300 ЛЯР ОИЯИ в Дубне.

В заключение автор выражает благодарность К.И.Семинову за помощь и ценные советы и С.В.Ежкову за помощь в реализации трансформаторов и бифилярного сопротивления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов Б.Ю., Фролов Н.С. ОИЯИ, 2645, Дубна, 1966.
2. Ильин В.А., Коншин Б.Н. Импульсные устройства с мостовыми времязадающими цепями. М.: Энергия, 1972.
3. Вдовин С.С. Проектирование импульсных трансформаторов. Л.: Энергия, 1971.

Рукопись поступила в издательский отдел

22 декабря 1988 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. (2 тома)	7 р. 75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р. 00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р. 80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике Алушта, 1986.	4 р. 50 к.
—	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. (2 тома)	13 р. 50 к.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. (2 тома)	7 р. 35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. (2 тома)	13 р. 45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р. 10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа - 86". Дубна, 1986.	4 р. 45 к.
Д4-87-692	Труды Международного совещания по теории малочастичных и кварк-адронных систем. Дубна, 1987.	4 р. 30 к.
Д2-87-798	Труды VIII Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987.	3 р. 55 к.
Д14-87-799	Труды II Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987.	4 р. 20 к.
Д17-88-95	Труды IV Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1987.	5 р. 20 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу: 101000 Москва, Главлпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.