



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

В.М. Лачинов

P-897

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ ПЕРЕСЧЕТНЫЕ
НАКОПИТЕЛЬНЫЕ СХЕМЫ

Дубна 1962 год

В.М. Лачинов

P-897

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ ПЕРЕСЧЕТНЫЕ
НАКОПИТЕЛЬНЫЕ СХЕМЫ

Направлено в ПТЭ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

В в е д е н и е

При решении многих задач требуется точное широкодиапазонное измерение частот электрических колебаний до 100 МГц. В частности, такая задача возникает при автоматизации измерений топографии магнитного поля в новом типе ускорителя заряженных частиц - в ускорителе с пространственной вариацией магнитного поля. Максимальные величины магнитных полей в подобных ускорителях достигают ~ 20 тысяч эрстед при вариации поля до 10 тысяч эрстед. Принцип работы такого ускорителя требует задания и стабилизации магнитного поля с точностью до долей эрстеда. Как известно, одним из методов измерения магнитных полей с указанной точностью является метод, основанный на ядерном магнитном резонансе, в котором обычно используются протоны, находящиеся в воде, в качестве ядерного образца. Измерение магнитного поля в этом методе сводится к измерению частоты электрических колебаний генератора, при которой в датчике при данном магнитном поле происходит ядерный магнитный резонанс. Величина магнитного поля определяется по следующей формуле:

$$H = kf,$$

где f - частота колебаний генератора, а k - коэффициент пропорциональности. Полю в 20 тысяч эрстед при магнитном резонансе протонов соответствует частота колебаний генератора ~ 85 МГц.

Таким образом, измеритель частоты должен покрывать диапазон, по крайней мере, от 20 МГц до 85 МГц с точностью измерения ~ 10^{-6} . Кроме того, желательно, чтобы время измерения было минимальным, так как для снятия топографии поля необходимо проводить измерение его во многих точках. Индикация измеряемой частоты должна осуществляться в виде десятичного числа с одновременной печатью на ленту. Промышленные измерители частоты подобного типа отсутствуют.

Наиболее удобной системой, которую можно положить в основу такого измерителя, является система декадных пересчетов или делителей частоты, фиксирующих за определенный промежуток времени (например, за 1 сек) количество периодов колебаний измеряемого сигнала. Такие устройства известны и используются при различных измерениях. Проблема возникает при создании входной скоростной декады, которая должна действовать со скоростью счета непрерывных периодических сигналов до 100 МГц.

В качестве входной пересчетной декады для периодических сигналов с частотой повторения 10 - 100 Мгц наиболее просто и естественно использовать пересчетные устройства накопительного типа. Деление частоты в относительно небольшом диапазоне является характерным режимом для подобных устройств. Они основаны на ступенчатой перезарядке емкости, а их быстродействие зависит от типа применяемого зарядного и разрядного устройства. Коэффициент деления подобных схем обычно не превышает 10, так как с его повышением действие схемы становится менее устойчивым и менее быстрым.

Известные накопительные пересчетные устройства ^{/1,2,3/} позволяют достичь скорости счета - 30 Мгц. Значительное снижение быстродействия вносят разрядные устройства, являющиеся обычно спусковыми регенеративными элементами (например, блокинг-генераторы), которые обладают большим мертвым временем.

В предлагаемых пересчетных схемах, имеющих повышенную скорость действия, в качестве зарядных и разрядных устройств используются импульсные лампы (6В1П, 6С15П) с высокой крутизной в ключевом режиме, что обеспечивает малое мертвое время.

Накопительная пересчетная схема с коэффициентом деления 2

Во входной более быстродействующей пересчетной схеме коэффициент деления выбран минимальным, равным 2. Схема (см. рис. 1) действует в интервале частот повторения входных сигналов 4 - 150 Мгц. Схема достаточно проста и не критична к входным импульсам - допускаются амплитуды 8-18 в при длительностях 3-7 мсек. При частотах повторения 70 Мгц и выше входные сигналы могут быть синусоидальными.

В качестве накопительной используется емкость C , в которую, кроме монтажных, входят емкости между катодом и подогревателем, катодом и управляющей сеткой и диодная емкость лампы L_1 , емкость анода лампы L_2 . Величина емкости C достигает - 35 пф.

При отсутствии входных импульсов лампа L_1 работает как катодный повторитель и потенциал ее катода задается приблизительно равным потенциалу управляющей сетки. Так как в катоде L_2 стоит сравнительно большое сопротивление R_2 ,

которое определяет малый анодный ток L_2 в отсутствие сигналов, то и L_1 находится в состоянии с малыми токами и низкой крутизной.

Входные импульсы поступают непосредственно на управляющую сетку L_2 и с задержкой - 2,5 нсек (U_{c1}) на управляющую сетку L_1 . Задержка обеспечивается одним звеном типа π искусственной длиной линии ($L_1, L_2, C_1, n = 1,27$), нагруженной волновым сопротивлением R_1 и входной емкостью лампы L_1 . Таким образом, на управляющую сетку и катод лампы L_1 импульсы поступают одновременно, так как на аноде лампы L_2 (катод лампы L_1) они появляются с тем же запаздыванием.

Входной импульс вызывает на управляющей сетке и катоде лампы L_1 импульсы противоположной полярности, которые возбуждают сильный (70-100 ма) диодный ток. Появление тока диода и анода в пентоде со вторичной эмиссией 6В1П задержано на время ~ 4 нсек. Потенциал катода U_k лампы L_1 (см.рис.2) сначала несколько понижается за счет тока в L_2 , а после появления диодного тока $I_{дин}$ проходящего через C_2 и L_3 (СГ13П), резко возрастает - происходит заряд емкости C . Этот заряд продолжается еще в течение ~ 4 нсек после окончания входного импульса, приводя лампу L_1 в состояние с глубокой отсечкой. Увеличение потенциала на емкости C может достигать величины ~ 10 в. На анодном сопротивлении лампы L_1 , соответственно, появляется импульс отрицательной полярности U с амплитудой до 18 в, который используется как выходной.

В период до следующего импульса емкость C разряжается через L_2 достаточно малым током, величина которого определяет предельную низшую частоту следования импульсов.

Новый импульс может открыть лишь лампу L_2 , так как L_1 глубоко заперта по катоду. Таким образом, в этом случае L_1 почти не открывается, диодный ток отсутствует и нет выходного импульса. Анодный ток лампы L_2 разряжает емкость C до уровня, который задается потенциалом управляющей сетки лампы L_1 .

При увеличении частоты следования импульсов средний ток через обе лампы возрастает. Для снижения падения напряжения на R_2 до 3 в параллельно ему подключены два последовательно соединенных диода D_1 и D_2 (типа Д102). Ем-

кость C_3 несколько корректирует работу схемы на высоких частотах. Режим лампы L_1 по постоянному току осуществляется с помощью стабилитрона L_3 . Сопротивления R_4 и R_5 задают минимальный ток через L_3 и существенно на работу устройства не влияют.

Необходимо отметить тесную связь последовательно соединенных пентода со вторичной эмиссией L_1 и триода L_2 в процессе заряда и разряда накопительной емкости. Благодаря своеобразному взаимодействию ламп в схеме достигнута скорость счета до 150 Мгц. Кроме того, взаимосвязь ламп при заряде и разряде емкости позволяет допускать значительные изменения в амплитудах входных импульсов. Существенным для действия устройства является задержка во времени диодного тока пентода со вторичной эмиссией относительно входного сигнала и катодного тока. Эта своеобразная память пентода позволяет получить особый способ работы схемы. Кроме того, нужно заметить, что в работе устройства используется значительная разница в величинах тока катода и тока диода, характерная для пентода со вторичной эмиссией.

Данная схема обладает одним устойчивым состоянием. Состояние с запертой лампой L_1 неустойчиво - емкость C через лампу L_2 постепенно разряжается до начального потенциала. Кажется возможным добавление достаточно инерционного устройства, которое компенсировало бы разряд C током покоя лампы L_2 и делало это состояние схемы также устойчивым. В качестве такого устройства можно использовать одну из известных схем триггера или специальную маломощную схему подзаряда C . Это добавление расширит диапазон работы до самых низких частот.

Накопительная пересчетная схема с коэффициентом переосчета 5

На рис. 3 показана накопительная пересчетная схема с коэффициентом переосчета 5. Действие устройства происходит по обычному для накопительных схем принципу (см. рис. 4). В начале цикла емкость C и связанные с ней монтажные емкости не заряжены, и U_{g1} - потенциал диода лампы L_1 - равен 36 в. Все лампы в отсутствие входных импульсов заперты по управляющим сеткам напряжения смещения, которые обеспечиваются низкоомными делителями. Первые четыре входных импульса поднимают ступеньками потенциал U_{g1} до -4 в. Следующий, пятый импульс, создавая очередной скачок напряжения на емкости C , про-

ходит через диод D_3 на управляющую сетку лампы L_2 . На диноде лампы L_2 возникает импульс положительной полярности, который, в свою очередь, отпирает разрядную лампу L_3 . Через диод D_2 и лампу L_3 происходит полный разряд емкости C . Это исходное состояние фиксируется диодом D_1 . В устройстве используются диоды типа Д2-В с повышенными обратными сопротивлениями.

Одновременно с разрядным импульсом на аноде лампы L_2 появляется импульс отрицательной полярности, который используется в качестве выходного ($U_{\text{вых}}$). Время восстановления исходного состояния схемы или мертвое время определяется длительностью входных импульсов и временем задержки в лампах L_2 и L_3 (~ 6 нсек). Устройство позволяет достичь скорости счета ~ 80 Мгц, минимальная скорость счета зависит от обратных сопротивлений, применяемых диодов и бывает обычно ниже 1 Мгц.

Увеличивая исходный потенциал динода лампы L_1 , возможно получить все промежуточные коэффициенты пересчета - 2,3,4. С повышением коэффициента пересчета требуется большая стабильность входных импульсов по амплитуде и длительности. Существенная стабилизация амплитуды входных импульсов обеспечивается высокоомным сопротивлением утечки лампы L_1 . Входные импульсы достаточной амплитуды вызывают ток утечки управляющей сетки лампы L_1 . Этот ток создает падение напряжения на R_1 , которое является дополнительным смещением лампы L_1 . Вариация амплитуды входных импульсов вызывает соответствующее изменение напряжения смещения, компенсирующее нестабильности амплитуд входных импульсов.

При каскадировании рассмотренных схем требуется применение между ними высокочастотного трансформатора для получения импульсов положительной полярности. Все источники питающих напряжений должны быть стабилизированы.

З а к л ю ч е н и е

Описанные схемы достаточно просто решают задачу построения входной декады широкодиапазонного измерителя частоты 10-100 Мгц, поскольку от этой декады не требуется индикации ее промежуточных состояний.

Настройка и проверка схем производились с помощью осциллографа ОС-508 путем подачи исследуемого сигнала непосредственно на отклоняющие пластины

электронно-лучевой трубки. Формирование необходимых входных импульсов из синусоидального сигнала, поступающего с генератора, представляет самостоятельную проблему и требует отдельного рассмотрения.

Автор пользуется возможностью выразить благодарность Л.В.Васильеву за монтаж и наладку описанных схем.

Л и т е р а т у р а

1. И. Льюис, Ф. Уэлс. Миллимикросекундная импульсная техника. ИЛ Москва, 1956, стр.288.
2. R.I. Fawc. *Nucl. Instr.* 1, N. 4, 201 (1957).
3. В.Г.Зинов, С.В.Медведь, Ламповые быстродействующие пересчетные схемы
Препринт ОИЯИ Р - 518, Дубна, 1960 г.

Рукопись поступила в издательский отдел
19 января 1962 года.

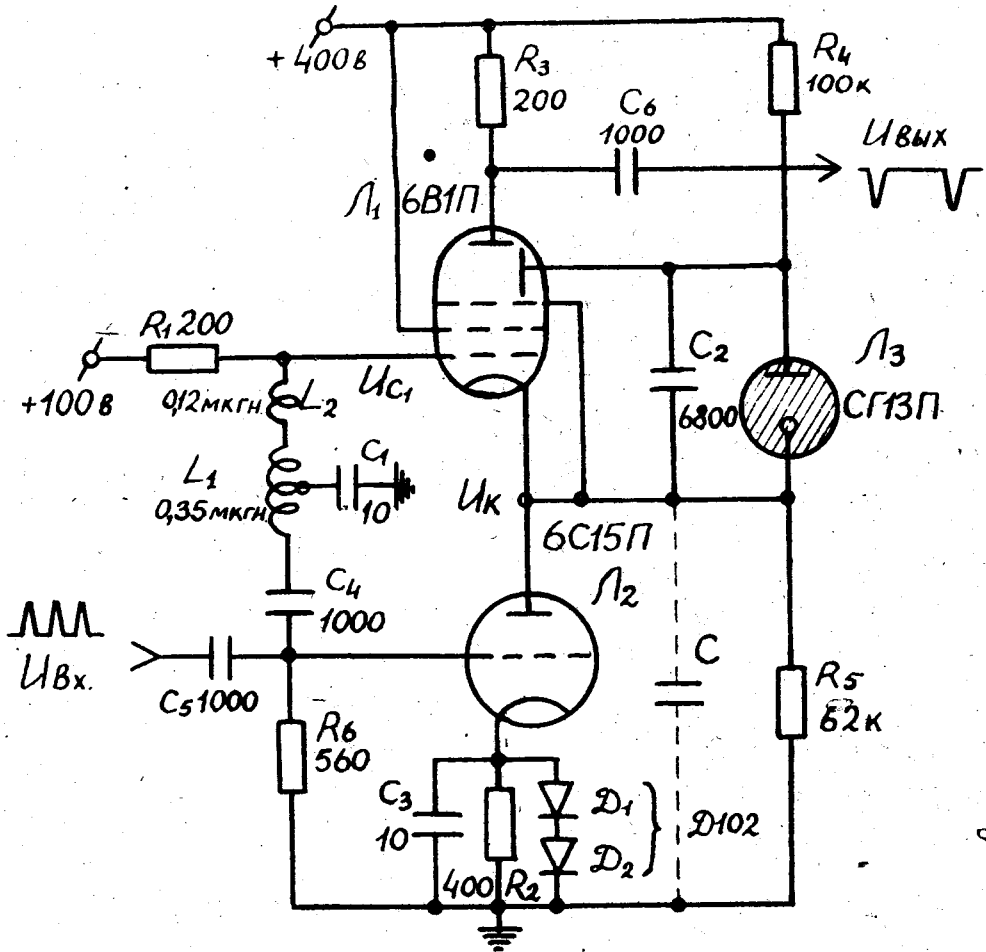


Рис. 1. Накопительная пересчетная схема с коэффициентом пересчета 2.

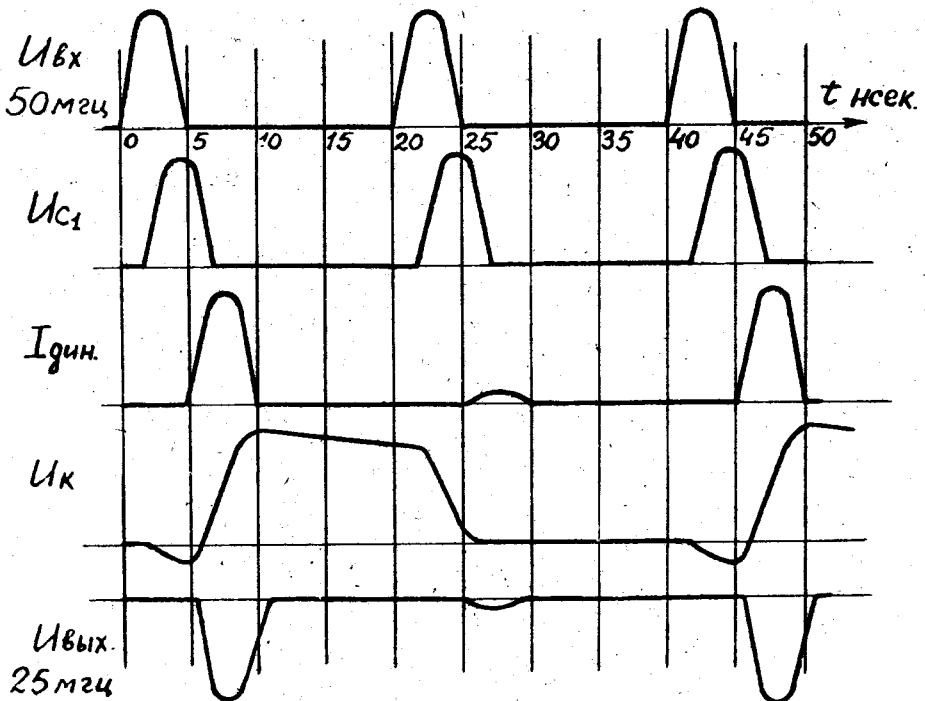


Рис. 2. Временная диаграмма работы накопительной пересчетной схемы с коэффициентом пересчета 2.

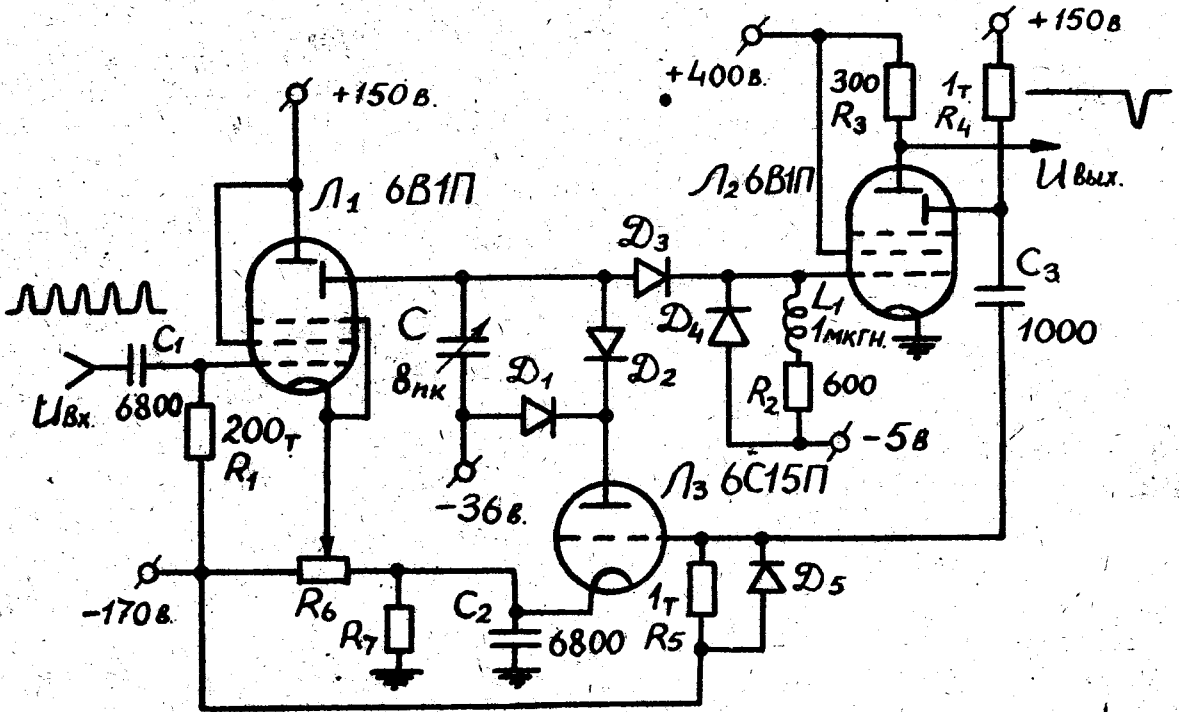


Рис. 3. Накопительная пересчетная схема с коэффициентом пересчета 5.

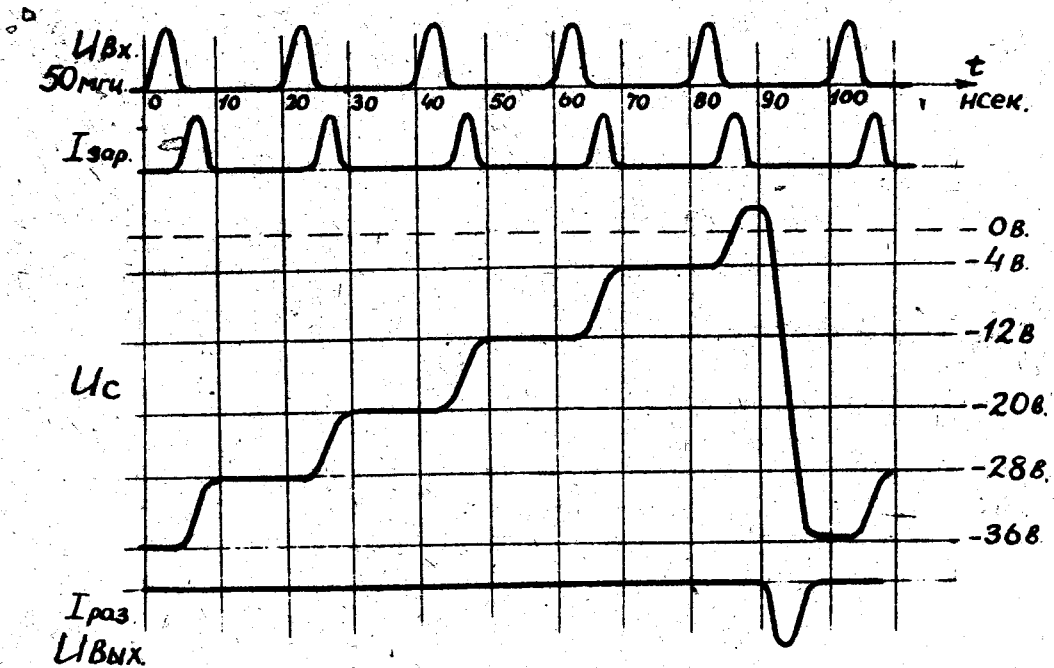


Рис. 4. Временная диаграмма работы накопительной пересчетной схемы с коэффициентом пересчета 5.