

с з 44.1g
С-355

312 1967

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 3187



В.Ф. Сиколенко

ЗАДАЮЩИЙ ЭЛЕМЕНТ ВРЕМЕННОЙ ПРОГРАММЫ
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ ПУЗЫРЬКОВЫХ
КАМЕР

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

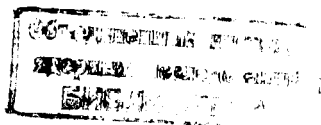
1967.

13 - 3187

В.Ф. Сиколенко

ЗАДАЮЩИЙ ЭЛЕМЕНТ ВРЕМЕННОЙ ПРОГРАММЫ
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ ПУЗЫРЬКОВЫХ
КАМЕР

Направлено в ПТЭ



4882/1, 28

В в е д е н и е

В работах /6,7,8/ описана аппаратура управления пузырьковыми камерами, в состав которой входили системы задержек, задающих временную программу работы функциональных систем пузырьковых камер. Системы задержек, примененные в /6,7/, не обеспечивают достаточной стабильности воспроизведения заданных интервалов времени и точности градуировки задержек. Описанные схемы выполнены в виде встроенных систем и малоприспособны для широкого применения при синтезе систем управления пузырьковой камерой.

Система задержки, описанная в /8/, неоправданно сложна, содержит большое количество электронных ламп, хотя и обеспечивает высокие точности установки и стабильности задержек.

Ниже приводятся основные соображения по обоснованию требований к точности и стабильности задержек, выработанные на основе обобщения материалов, полученных при разработке систем управления метровой, двухметровой водородных и ксеноновой пузырьковой камер. Приведены соображения по выбору схемы, удовлетворяющей необходимой точности установки и стабильности задержки. Обращалось особое внимание на повторяемость основных параметров, ремонтопригодность и надежность систем задержки.

Обоснование требований и выбор схемы задержки

Выбор схемы получения задержки целиком и полностью определяется следующими основными параметрами:

- а) максимальной и минимальной величиной задержки;
- б) стабильностью установленной величины;
- в) требованиями к точности установки заданной величины задержки.

Максимальная величина задержки определяется инерционностью механизма расширения и самой пузырьковой камеры и может доходить до 100 мсек.

Минимальная величина задержки определяется скоростью роста пузырьков и может составлять ~ 1 мсек.

Стабильность систем задержки может быть определена из следующих соображений: синхроимпульс ускорителя обычно отстоит от момента появления пучка на (70-80) мсек. Это время необходимо для приведения объема пузырьковой камеры в чувствительное к ионизирующему излучению состояние. Время чувствительного состояния камеры составляет приблизительно (3-5) мсек. Нестабильность положения кривой расширения относительно пучка частиц не должна превышать 20% от времени чувствительности пузырьковой камеры, т.е. при задержке порядка 100 мсек стабильность задержки не должна быть хуже 0,5%. Исходя из времени чувствительности камеры, необходимая точность установки задержки должна быть не хуже ± 1 мсек, что подтверждает полученные требования к нестability задержки.

В общем виде задержка электрических импульсов может быть осуществлена пассивными (электромагнитные линии задержки) или активными (спусковые устройства, счетные системы) элементами. По порядку максимального значения задержки применение электромагнитных линий задержки невозможно; ультразвуковые линии задержки сравнительно громоздки и их применение в нашем случае нецелесообразно.

Спусковые устройства могут обеспечить необходимый диапазон задержек. Естественно, что желательная форма исполнения таких устройств - на полупроводниковых приборах. Однако транзисторные варианты схем типа ждущего мультивибратора или даже фантастрона не обеспечивают заданной стабильности при изменении температуры от $+18^{\circ}\text{C}$ до $+30^{\circ}\text{C}$ (наиболее вероятное изменение температуры в лабораторных условиях). Путем введения специальных термокомпенсирующих элементов по данным ^{/2,5/} возможно получение стабильности порядка (0,5-1)%.

При макетной отработке транзисторного фантастрона путем введения рационализированной системы термокомпенсации удалось получить сравнительно малую нестабильность задержки - в пределах $\pm 0,1\%$ в диапазоне температур от $+18^{\circ}\text{C}$ до $+29^{\circ}\text{C}$ (при абсолютном значении задержки (50-100 мсек), однако, начиная с

температуры $+30^{\circ}\text{C}$, температурная зависимость задержки резко возрастает, доходя при температуре $+42^{\circ}\text{C}$ до $-1,05\%$ (см. рис. 1). Полученные результаты нельзя считать удовлетворительными, поскольку каждая схема требует индивидуальной настройки цепи термокомпенсации; настройка полностью нарушается при смене транзисторов. Указанный недостаток весьма существенен при необходимости повторения схемы в мелкой серии (10-20 шт.), и применение схем термокомпенсации представляет в данном случае чисто академический интерес.

Качественный скачок в получении стабильной задержки можно получить, применяя методы вычислительной техники, путем отсчета заданного количества импульсов генератора известной частоты. Нестабильность задержки в таких системах определяется нестабильностью частоты примененного генератора и может составлять $(10^{-3} - 10^{-4})\%$. Однако реализуемые точности при применении этого метода и объем аппаратуры экономически и технически не оправданы для тех задач, которые ставятся перед системами управления пузырьковыми камерами.

В работах ^{/3/} и ^{/6/} описаны системы задержек, выполненные на транзисторах с нестабильностью, не превышающей (0,1-0,5)%. Принцип действия их основан на сравнении напряжения генератора пилы высокой линейности с источниками опорных напряжений. Стабильность задержки в таких системах определяется стабильностью крутизны линейно изменяющегося напряжения, стабильностью схем сравнения и стабильностью источников опорного напряжения.

Макетная проработка описанных (в ^{/3/,/6/}) схем показала, что система задержки содержит около десятка транзисторов и довольно сложна в настройке, требуется специальный отбор транзисторов и диодов для сравниваемых устройств.

В ^{/1/} описана схема задержки высокой стабильности с применением кремниевых пар p-n-p и n-p-n транзисторов. Однако с помощью имеющихся в нашем распоряжении транзисторов и при требуемых длительностях задержки не удалось получить стабильность, указанную в ^{/1/}.

Таким образом, тщательная проработка транзисторного варианта систем задержек со стабильностью не хуже $\pm 0,5\%$ показала, что простыми способами ее реализовать трудно. Гораздо легче построить системы с нестабильностью (1-5)% или с нестабильностью гораздо выше 0,1%. К этому же выводу приходят авторы работы ^{/3/}.

Поставленная задача в части величины и стабильности задержки легко решается с использованием схемы фантастрона на электронной лампе. Если использовать пентод типа 6Ж2П, характеризующийся высоким значением крутизны по антидиатронной сетке, и применить схему со связью по экранной сетке, реализуется стабильность воспроизведения параметров задержки, укладываемых в $\pm 0,5\%$. При выборе схемы фантастрона предпочтение следует отдать схеме со связью по экранной сетке, поскольку усилитель, входящий в состав интегратора Миллера, имеет больший коэффициент усиления из-за отсутствия отрицательной обратной связи, вызываемой наличием катодного сопротивления, как это имеет место в схемах с катодной связью. В качестве второго стабилизирующего задержку фактора следует использовать фиксацию анодного напряжения с помощью диода. Необходимо отметить, что для фиксации анодного напряжения предпочтительно использовать вакуумный диод, который имеет линейную характеристику в области малых напряжений. Для исключения влияния на работу фантастрона запускающих импульсов запуск каскада следует осуществлять через диод (рис.2), который запирается после срабатывания фантастрона и отключает запускающий импульс от антидиатронной сетки.

Следует также заострить внимание на способе регулировки задержки, которых может быть три:

- 1) с помощью изменения сопротивления в цепи сетки;
- 2) с помощью изменения интегрирующей емкости;
- 3) с помощью изменения анодного напряжения.

Первый способ при кажущейся простоте имеет серьезные недостатки:

- а) некоторую нелинейность регулировки, связанную с изменением режима сеточной цепи;
- б) появление выходного импульса в момент переключения сеточного сопротивления, поскольку в некоторый момент времени при переключении сетка фантастрона оказывается "висящей в воздухе". При использовании стандартных переключателей этот недостаток практически не устраним.

Второй способ не изменяет режима усилителя, однако, обладает недостатком

- б) первого способа.

Третий способ свободен от недостатков, присущих первому и второму способам регулировки, но имеет свой существенный недостаток: при декадном изме-

нении задержки напряжение на аноде лампы фантастрона уменьшается в 10 раз по сравнению с номинальным. В этом случае сказываются преимущества лампы 6Ж2П. Установлено, что работа фантастрона не нарушается и стабильность задержки не ухудшается при уменьшении анодного напряжения до 12 в.

В нашем случае при максимальном напряжении на аноде 150 в минимальное анодное напряжение будет не менее 15 в. Регулировка задержки осуществляется изменением напряжения на фиксирующем диоде с помощью делителей (см. рис. 2). Поскольку в делителях напряжения применены сопротивления с допуском $\pm 5\%$, введены потенциометры, с помощью которых осуществляется подстройка значений устанавливаемых задержек. С помощью потенциометра R5 компенсируется разброс в величинах времязадающих конденсаторов и осуществляется подстройка задержек при смене лампы фантастрона.

Схема блока задержки

Схема блока задержки приведена на рис. 2. Входной импульс поступает на антидиатронную сетку лампы фантастрона через левую половину диода Л1. Задержанный импульс получается в результате дифференцирования импульса в экранной сетке фантастрона. Формирование выходного импульса осуществляется с помощью транзисторов ПТ1 и ПТ2. При нулевом положении переключателя задержки импульс запуска через схему "ИЛИ" поступает непосредственно на выход блока. Переключатель установки задержки обеспечивает деление максимальной выдержки времени в 10 раз. Величина максимальной задержки определяется времязадающей емкостью С3. Система задержки комплектуется блоками с выдержкой времени: (0-0,9) мсек; (0-9) мсек; (0-90) мсек. При этом значения емкости С3 должны быть: 470 пф; 4700 пф и 0,047 мкф соответственно.

Измерение стабильности задержки

Измерение стабильности задержки производилось по блок-схеме рис. 3.

Запуск исследуемого блока задержки (БВЗ) осуществлялся от генератора одиночных импульсов (ГОИ). Одновременно открывался ключ, пропускавший импульсы от кварцевого генератора КВГ (частотой 1 мГц) на электронный счет-

чик ЭСЧ. Величина задержки измерялась с точностью до 1 мксек. Ниже приведены усредненные данные, полученные при испытании 10 блоков задержки в диапазоне от 0,1 до 99,9 мсек. Каждое значение задержки измерялось не менее 30 раз. Полученные результаты усреднялись. Поскольку изменения задержки носили случайный стационарный характер, был применен критерий случайных ошибок. Среднее значение задержки:

$$T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i.$$

Величина отклонений задержки от среднего значения:

$$\Delta T_i = T_i - T.$$

Среднеквадратичное значение отклонения задержки от среднего значения:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta T_i^2}{n-1}} = 0,45 \text{ мсек.}$$

Вероятность того, что данная ошибка ΔT_i по абсолютной величине не превышает $\Delta T = a$ в случае нормального закона распределения ошибок определяется выражением

$$\Phi\left(\frac{a}{\sigma}\right) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\frac{a}{\sigma}} e^{-\frac{T^2}{2}} dT.$$

$$0 \leq \Delta T_i \leq a.$$

Интеграл строился (рис. 4) по таблицам в функции от параметра a/σ . Числу a придавались значения от 0 до 1. Вероятная ошибка (ошибка с вероятностью 50%), определенная по полученным данным, составляет

$$\sigma = 0,674 \quad \sigma = 0,303 \text{ мсек.}$$

Изменение среднего значения задержки в течение 7 часов непрерывной работы после часового прогрева не превышало 0,5%. Уход задержки от установленной величины при изменении температуры от $+18^\circ\text{C}$ до $+40^\circ\text{C}$ не превышал 0,0025% на 1°C .

Конструктивное исполнение блоков задержки

Блок задержки выполнен методом печатного монтажа и смонтирован на шасси размером (120x80x240) мм стандартной стойки ОИЯИ. Общий вид блока приведен на рис. 5, общий вид системы задержки с источником питания приведен на рис. 6.

З а к л ю ч е н и е

1. Разработана гибридная схема задержек для применения в системах управления пузырьковыми камерами.
2. Стабильность задержек не хуже $\pm 0,5\%$.
3. Конструктивно система выполнена на стандартных элементах электронной стойки, имеет автономное питание и может быть использована как самостоятельный прибор.
4. Описанные системы прошли длительные испытания (не менее 2000 часов) в рабочих условиях на ксеноновой и водородной пузырьковых камерах и при общей наработке свыше 1000 000 циклов показали высокую надежность.

Л и т е р а т у р а

1. С. Friend, S. Udalov, *Electronics*, N 15, 1961, p. 39
2. В.В. Воскресенский. Известия ВУЗ'ов, Радиотехника, № 3, 1960, 371-375.
3. А.М. Тищенко, Б.М. Лебедев, М.Д. Штерк, Б.Я. Климушев, А.А. Федориня, В.И. Егорычев. Расчет и проектирование импульсных устройств на транзисторах. Сов. радио, 1964.
4. Л.А. Меерович, Л.Г. Зеличенко. Импульсная техника. Сов. Радио, 1954 г.
5. В.Н. Яковлев. Изв. ВУЗ'ов МВО Радиотехника, 1, № 6, 714, (1958).
6. А.В. Богомолов, Ю.А. Будагов, А.Т. Василенко, В.П. Джелепов, Н.И. Дьяков, В.Г. Иванов, В.С. Кладницкий, В.И. Лепилов, Ю.Ф. Ломакин, В.И. Москалев, В.Б. Флягин, Т.И. Шетет, П.В. Шляпников. ПТЭ, 1, стр. 31 (1964).
7. М.П. Баландин, В.Г. Гребенник, Г.И. Селиванов. ПТЭ, 5, 60 (1962).
8. В.И. Баранов, Р.С. Шляпников. ПТЭ, 3 (1966).

Рукопись поступила в издательский отдел
2 марта 1967 г.

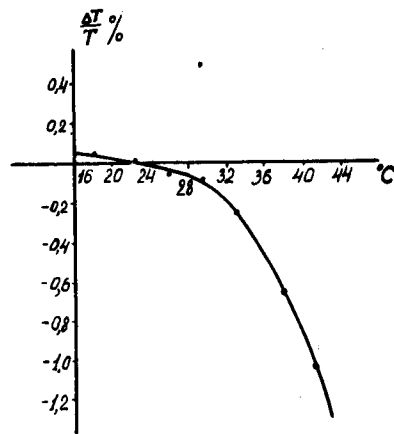


Рис. 1. Зависимость задержки транзисторного фантастропа от температуры с применением термокомпенсации.

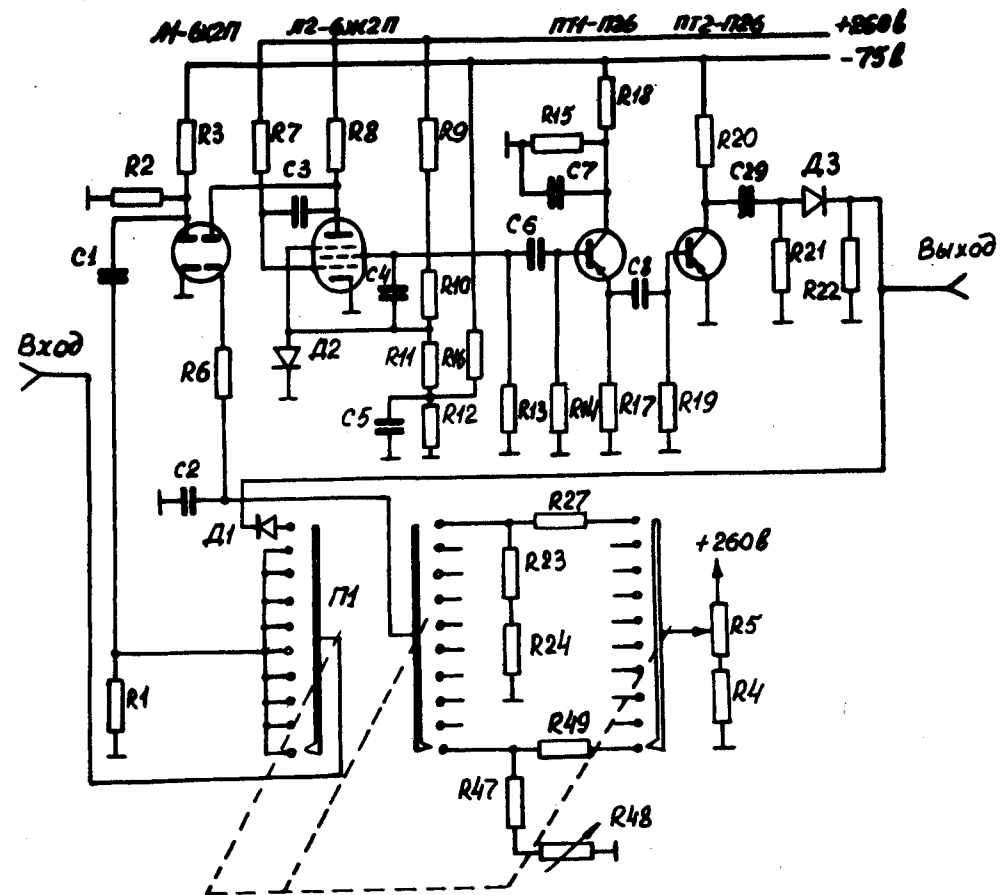


Рис. 2. Схема блока задержки.

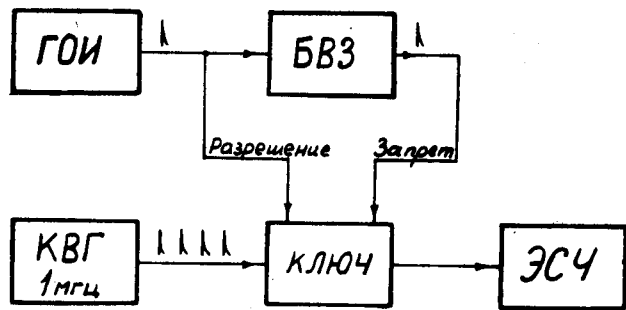


Рис. 3. Блок-схема измерений стабильности задержки.

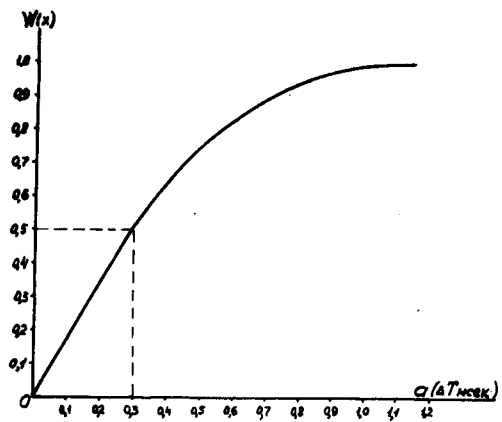


Рис. 4. Интеграл вероятности ошибок задержек.



Рис. 5. Общий вид блока задержки.



Рис. 6. Общий вид системы задержки.