

Б-272

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



202 / 2-79

15/1-79
13 - 11875

С.Г.Басиладзе, Нгуен Куанг Минь

ГЕНЕРАТОР НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ
ТОЧНОЙ АМПЛИТУДЫ
С ЦИФРОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ В СТАНДАРТЕ КАМАК

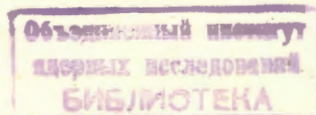
1978

13 - 11875

С.Г.Басиладзе, Нгуен Куанг Минь

ГЕНЕРАТОР НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ
ТОЧНОЙ АМПЛИТУДЫ
С ЦИФРОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ В СТАНДАРТЕ КАМАК

Направлено в ПТЭ



Басиладзе С.Г., Нгуен Куанг Минь

13 - 11875

Генератор наносекундных импульсов точной амплитуды с цифровым управлением в стандарте КАМАК

Описан генератор прямоугольных наносекундных импульсов точной амплитуды, предназначенный, в основном, для проверки характеристик аналого-цифровых блоков быстрой электроники с помощью ЭВМ. Кроме цифрового управления, предусмотрена также регулировка амплитуды импульсов вручную или внешним напряжением. Параметры импульсов: амплитуда изменяется в пределах $-0,15$ - -10 В плавно или ступенчато с минимальным шагом 5 мВ и линейностью $\sim 0,15\%$; фронты ~ 2 нс; длительность от 10 до 200 нс; максимальная частота повторения 10 кГц. В ячейке КАМАК двойной ширины размещено два генератора.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Basiladse S.G., Nguyen Quang Minh

13 - 11875

CAMAC Nanosecond Accurate Amplitude Pulse Generator with Digital Control

A rectangular nanosecond accurate amplitude pulse generator, designed mainly for fast-pulse analog-to-digital units characteristics monitoring by computer, is described. Beside digital control, the pulse amplitude manual control and control by external voltage are also provided. Pulse parameters: amplitude is changed from -0.15 to -10 V continuously or step-by-step with minimum step 5 mV and linearity approx. 0.15% ; risetime and falltime are approx. 2 ns; duration is from 10 ns to 200 ns; maximum frequency of oscillation is 10 kHz. In the CAMAC standard double-width module two generators are placed.

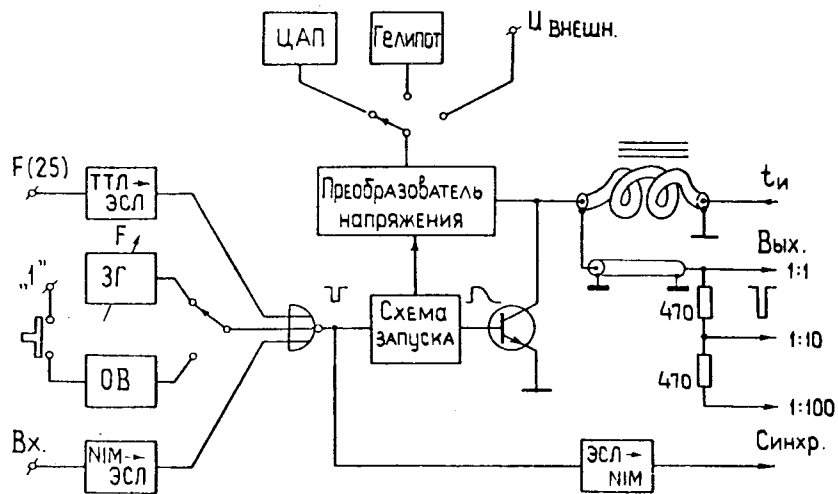
The investigation has been performed at the Laboratory of High Energy, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research.

Dubna 1978

Для настройки и проверки характеристик аналоговых электронных устройств разработано достаточно много генераторов импульсов точной линейно регулируемой амплитуды ^{1-15/}. Однако эти генераторы предназначены, в основном, для работы в микросекундном диапазоне и, как правило, имеют только ручное управление. Создание наносекундных генераторов точной амплитуды требует решения ряда специфических проблем. Первое - это существенное повышение мощности в импульсе, т.к. сопротивление нагрузки значительно снижается $/50 \text{ Ом}/$. Применение мощных транзисторов создает проблему обеспечения линейности /нейтрализации токов утечек/. Включение коммутирующего транзистора по аналогии с ртутным реле ^{15/} приводит к необходимости его трансформаторного запуска, что в силу ограниченной полосы пропускания трансформаторов не позволяет получить фронтов импульсов менее 5 нс. Наконец, современный генератор точной амплитуды должен иметь цифровое управление для обеспечения программной работы.

Функциональная схема описываемого генератора приведена на рис. 1. В блоке КАМАК 2М размещено две таких схемы. Коммутирующий транзистор, в целях удобства резкого ввода в насыщение, включен по схеме с общим эмиттером. Нагрузкой его являются два последовательно включенных кабеля, причем верхний используется для задания длительности импульса. Поскольку на передней панели оплетка этого кабеля заземлена, для исключения дифференцирования импульса он намотан на ферритовое кольцо размером $4 \times 2,5 \times 1,2 \text{ мм}^3 / \mu = 2000/$, за счет чего постоянная дифференцирования



✓ Рис. 1. Функциональная схема генератора наносекундных импульсов точной амплитуды с цифровым управлением.

увеличена до 5 мкс. Данная схема обеспечивает фронты импульса 2 нс при минимальной длительности 10 нс /определяется длиной кабеля на феррите - 1 м РК-50-2-11/. Кабели, в принципе, взаимозаменяемы - нижний можно использовать для задания длительности импульса, а верхний - для съема сигнала. В этом случае, т.к. длина нижнего кабеля существенно меньше /~15 см/, можно достичь длительностей выходного сигнала до ~2 нс. Однако, после импульса, из-за дифференцирующего действия индуктивности оплетки верхнего кабеля, нулевая линия имеет некоторый наклон, что может быть неприемлемо для проверки аналого-цифровых блоков.

Сигналы на схему запуска транзисторного ключа поступают через элемент ИЛИ со следующих каналов: от ЭВМ по функции F(25); от задающего генератора /в режиме автоколебаний/; от одновибратора однократного запуска; от внешнего источника импульсов NIM. Постоянное напряжение на коллектор ключа задается через схему преобразования уровней от встроенного цифро-аналогового преобразователя, многооборотного потенциометра /гелипот/, либо извне /с передней панели/.

Кроме основного предусмотрены выходы ослабленных импульсов, с коэффициентом деления 10, либо 100.

Принципиальная схема центральной части генератора приведена на рис. 2. Запускающие импульсы поступают на переключающую пару /КТ316/, включающую одновибратор на транзисторах с дополнительными типами проводимости /КТ337, КТ911А - тиристорная структура/. Поскольку в цепи эмиттера КТ911А имеется низкоомная нагрузка, токи, развиваемые схемой, весьма значительны. Напряжение на коллекторе коммутирующего транзистора поддерживается с высокой степенью точности преобразователем уровней $-6 В \div 0 В$ в $0 В \div +20 В$ на основе усилителя с глубокой отрицательной обратной связью. Для нейтрализации действия токов утечек сигнал обратной связи снимается непосредственно с кол-

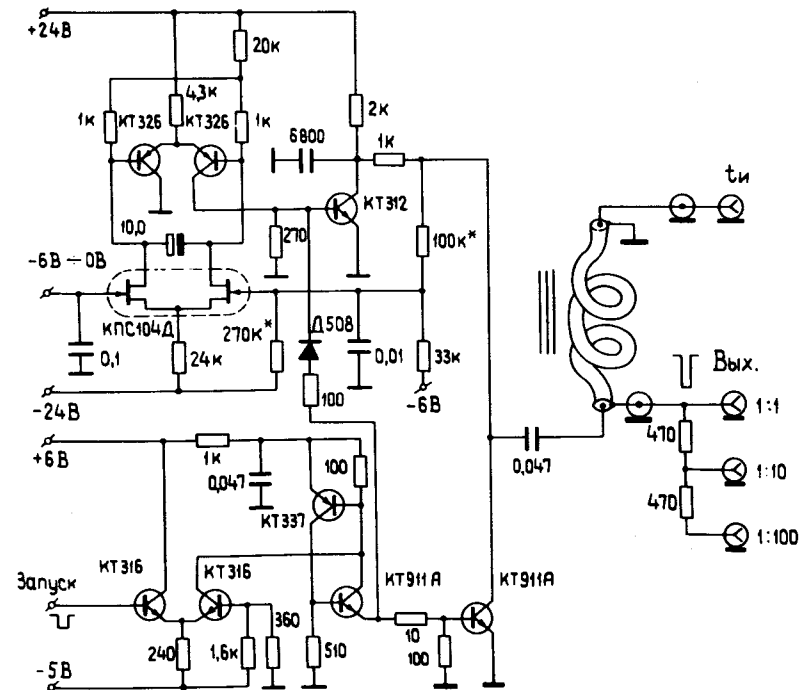


Рис. 2. Принципиальная схема узла запуска, ключа и преобразователя напряжения.

лектора коммутирующего транзистора. Обратная связь работает только по постоянному току. В импульсе, благодаря блокировочным конденсаторам, выходное сопротивление схемы $\sim 1 \text{ кОм}$. Большое входное сопротивление и высокая температурная стабильность обеспечиваются интегральной парой полевых транзисторов КПС104Д. Резисторы, отмеченные звездочкой, подстраиваются для достижения нужного положения передаточной характеристики преобразователя. Диодно-резисторная цепочка, подключенная к базе транзистора КТ312, вводит его в насыщение /с запаздыванием относительно коммутирующего транзистора/. Если бы напряжение на коллекторе КТ312 сохранялось постоянным, в момент выключения тиристорного одновибратора коммутирующий транзистор выходил бы из насыщения скачком, что давало бы на выходе небольшой положительный импульс. Время "медленного" восстановления напряжения на коллекторе КТ312 определяет максимальную рабочую частоту генератора.

Вторым, помимо токов утечек, трудноустраняемым источником нелинейности регулировочной характеристики генератора является нелинейная зависимость напряжения насыщения коммутирующего транзистора от величины тока, отдаваемого в нагрузку, усугубляемая зависимостью напряжения насыщения от времени /после включения/ в области единиц-десятков наносекунд. Согласно проведенным нами измерениям, для описываемой схемы этот вклад в нелинейность можно оценить формулой:

$$\delta_{\text{нас}} \approx 8 \text{ нс} / t_{\text{и}}, [\%]$$

при длительностях импульса $t_{\text{и}} \geq 10 \text{ нс}$. Для сигналов свыше 50 нс нелинейность определяется другими элементами схемы и, по нашим измерениям, не превышает $0,15\%$.

Отметим, что для обеспечения хорошей формы импульса необходимо тщательное соблюдение правил высокочастотного монтажа. Расплетенные концы кабелей должны быть как можно короче и паяться непосредственно к выводам коммутирующего транзистора. Диа-

метр кабелей не должен быть менее 2 мм /желательно даже 3 мм /, в противном случае срез импульса будет затянут.

На рис. 3 показана принципиальная схема цифро-аналогового преобразователя, необходимого при управлении от ЭВМ. Использован широтно-импульсный метод модуляции, так же как и в схеме из работы /16/, развитием которой и является примененная схема. ЦАП состоит из 11-разрядного ТТЛ-управляющего регистра, системы ЭСЛ-вентилей с объединенными по "проводному ИЛИ" выходами, токового ключа на транзисторах КТ316 и фильтра постоянного тока /КТ326 с конденсаторами в коллекторе и эмиттере/. Циклическую последовательность двукратно изменяемых временных интервалов задают, общие для двух ЦАПов, генератор и 10-разрядный синхронный двоичный счетчик. Подобная структура обеспечивает компактность схемы и избавляет от необходимости подстройки весов разрядов. Быстродействие ЦАП определяется постоянными фильтра, блокирующего переменные составляющие повторяющихся импульсов, вплоть до низшей частоты, определяемой старшим разрядом счетчика /40 кГц/.

Состояние управляющих регистров может быть выведено на магистраль КАМАК. Схема реализована на элементах ТТЛ серии К155 и ЭСЛ серии К138. Конструктивно плата ЦАПов выполнена отдельно и может быть использована независимо.

Остальные узлы генератора реализованы на основе схем, описанных в работах /17/ и /18/.

Краткая характеристика генератора

Схемы запуска - синхронизации

Уровни	- NIM.
Минимальная длительность импульса запуска	- 10 нс
Задержка основного импульса	- 35 нс
Частота автоколебаний	- $0,1 \div 10 \text{ кГц}$, регулируется плавно.

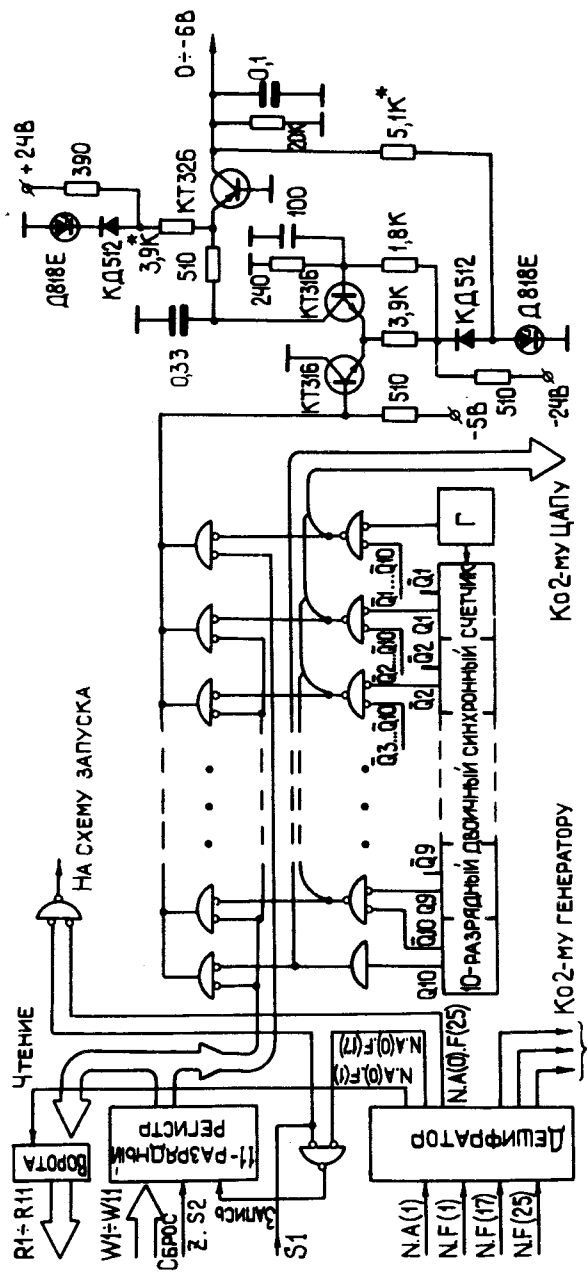


Рис. 3. Схема цифро-аналогового преобразователя.

- Опережение синхримпulses - 12 нс.
 Длительность синхримпulses
 а/ в режиме автоколебаний - 25 мкс,
 б/ при разовом пуске - 40 мс,
 в/ при внешнем запуске - равна длительности запускаящего импульса.

ЦАП

- Число разрядов - 11.
 Диапазон выходных напряжений - $-6 \div 0$ В.
 Пульсации на выходе - менее 1,5 мВ.
 Выходное сопротивление - 4 кОм.
 Интегральная нелинейность - менее 0,1%.
 Время установления - 1,5 мс.
 Температурный дрейф - менее 0,01%/°С.

Основной выход

- Амплитуда импульса - $-0,15 \div -10$ В.
 Максимальная частота повторения - 10 кГц.
 Фронты - 2 нс.
 Диапазон длительностей - $10 \div 200$ нс / задается кабелем/.
 Линейность регулировки
 а/ $t_{и} > 50$ нс - менее 0,15%,
 б/ $t_{и} \leq 50$ нс - 8 нс/ $t_{и}$, [%].
 Время установления цепи регулирования амплитуды - 0,7 мкс.
 Температурный дрейф амплитуды импульса - менее 0,01%/°С.

Функции КАМАК

- Субадрес
 А(0) - 1-й генератор,
 А(1) - 2-й генератор,

F(1)	- чтение с регистра состояний, шины R1 ÷ R11 .
F(17)	- запись в регистр состояний, шины W1 ÷ W11 .
F(25) . S1	- пуск генератора.
Z	- начальная установка.
Q	- ответ на ΣNAF.
Токи, потребляемые блоком	- -6 В - 1,45 А, - +6 В - 0,30 А, - -24 В - 0,05 А, - +24 В - 0,05 А.

В заключение авторы выражают благодарность В.И.Какуриной, А.А.Виноградовой и А.А.Рюмину за техническую помощь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Black W.W. Nucl.Instr. and Meth., 1967, 53, No.2, p.249.
2. Дражев М., Краузе Р., Паржицкий С. ОИЯИ, 13-3913, Дубна, 1968.
3. Strauss M.G. e.a. IEEE Trans., 1968, NS-15, No.3, p.518.
4. Millard J.K. Rev. Scient. Instr., 1968, 39, No. 5, p.581.
5. Волков А.Н., Штраних И.В., Серегин Н.В. ПТЭ, 1969, №3, с.89.
6. Марченков В.В., Нехай А.П. ПТЭ, 1970, №1, с.123.
7. Ласточкин Н.К., Инжеватов В.Н., Яковлев Е.Е. ПТЭ, 1971, №1, с.109.
8. Остапенко А.А. ПТЭ, 1971, №2, с.129.
9. Митин А.А., Софиев Г.Н., Цыганков М.М. ПТЭ, 1972, №5, с.250.
10. Семенов Б.Ю., Ломакин О.В. ОИЯИ, P13-6925, Дубна, 1973.
11. Ван Син Сен, Трофимов А.С. ОИЯИ, 13-7021, Дубна, 1973.
12. Брейдо В.И., Романов Л.Р., Даровских В.Ф. ПТЭ, 1974, №1, с.104.
13. Мурзин А.В., Остапенко А.А., Либман В.А. ПТЭ, 1976, №1, с.108.
14. Акимов Ю.К., Нгуен Нгок Лам, Мерзляков С.И. ОИЯИ, 13-10726, Дубна, 1977.

15. Басиладзе С.Г. и др. ПТЭ, 1978, №2, с.70.
16. Арефьев В.А., Басиладзе С.Г. ПТЭ, 1974, №4, с.58.
17. Басиладзе С.Г., Нгуен Куанг Минь. ОИЯИ, 13-10622, Дубна, 1977.
18. Басиладзе С.Г. ПТЭ, 1976, №6, с.7.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 сентября 1978 года.