

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

1232/2-81

9/III-81

9-80-785

Л.В.Васильев, Б.Н.Марченко, Т.Н.Томилина,
П.Т.Шишлянников

ГЕНЕРАТОР ЗАДЕРЖАННЫХ ИМПУЛЬСОВ
ДЛЯ СИЛЬНОТОЧНОГО ФАЗОТРОНА

1980

ВВЕДЕНИЕ

Для осуществления нормальной работы любого циклического ускорителя с частотной модуляцией ускоряющего напряжения необходима жесткая синхронизация всех устройств питания и управления генератора высокой частоты с частотой модуляции. На установке "ИФ" опорные синхроимпульсы вырабатываются устройством, жестко связанным с вариатором частоты. Эти импульсы в начале каждого цикла ускорения запускают генератор задержанных импульсов /ГЗИ/. ГЗИ формирует временные задержки для импульсов включения и отключения генератора высокой частоты. Включающий и отключающий импульсы, вырабатываемые ГЗИ, определяют начало и конец цикла ускорения и используются для управления источником функционального опорного напряжения /ИФОН/1/.

ИФОН вырабатывает программу управления быстродействующим анодным модулятором /М/, который вместе с тиратронным выпрямителем /ТВ/ входит в состав системы питания генератора высокой частоты /ГВЧ/, предназначенной для формирования амплитудно-частотной программы ГВЧ, отключения его во время обратного хода частотной программы и при пробоях в резонансной системе. Предусмотрена возможность при наладке генератора высокой частоты, настройке ВЧ системы и ее тренировке использовать генератор задержанных импульсов для управления ГВЧ при помощи сеточного манипулятора.

Настоящая работа посвящена описанию генератора задержанных импульсов, который, кроме импульсов для управления ИФОН и манипулятором, вырабатывает также импульсы, используемые при измерении амплитудно-частотных характеристик ВЧ системы ускорителя. Задержанные импульсы могут быть применены во всех устройствах, требующих синхронизации с ускорителем, - экспериментальных, технологических и т.п. На рис.1 представлена блок-схема устройств, управляемых ГЗИ.

1. ПАРАМЕТРЫ ГЗИ СИНХРОЦИКЛОТРОНА

В течение нескольких лет на синхроциклотроне ОИЯИ эксплуатировались цифровые генераторы задержанных импульсов, функциональная схема которых представлена на рис.2. Эти схемы, кроме элементов формирования входных импульсов, подробно описаны в работе ^{1/2/}.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ
УСКОРЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

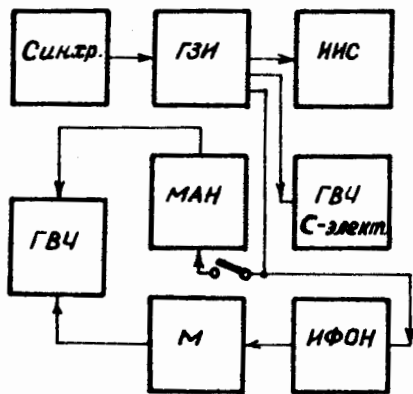


Рис.1. Блок-схема устройств, управляемых генератором задержанных импульсов /ГЗИ/: ИИС - источник импульсного смещения на дуанте; ГВЧ С-элект.-генератор высокой частоты С-электродов; МАН - сеточный манипулятор; М - анодный модулятор; ИФОН - источник функционального опорного напряжения.

Сеточный манипулятор синхроциклотрона представляет собой тиристорный триггер^{3/}, который в каждом периоде модуляции возбуждается включающим импульсом и возвращается в исходное состояние отключающим импульсом. Применительно к этим условиям формирователь выходных импульсов был выполнен на базе транзисторов и представляет собой трехкаскадный усилитель.

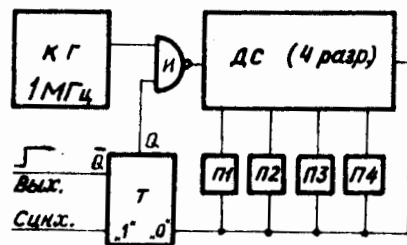


Рис.2. Схема одного канала ГЗИ, работавшего на синхроциклотроне: КГ 1 МГц - кварцевый генератор на 1 МГц; ДС - декадный счетчик; П1, П2, П3, П4 - декадные переключатели.

Первый и третий каскады этого усилителя собраны по схеме с общим эмиттером и работают в режиме насыщения, второй каскад - эмиттерный повторитель. Выходной сигнал представляет собой прямоугольный импульс положительной полярности с амплитудой 50 В и длительностью 250 мкс /при нагрузке 100 Ом/. Импульсы следуют с частотой модуляции. Схема формирователя не представлена в работе, так как не имеет принципиальных особенностей.

Два канала задержки постоянно использовались для управления манипулятором, третий работал преимущественно с генератором растяжки /в режиме доускорения протонов при помощи С-электрода/.

Основной и резервный блоки ГЗИ обеспечивали практически безотказную работу манипулятора. Для синхронизации была достаточна стабильность задержки $\pm 0,5$ мкс, поэтому в качестве масштабной частоты /стабилизированной кварцевым резонатором/ использовалась частота 1 МГц.

2. ПАРАМЕТРЫ ГЗИ СИЛЬНОТОЧНОГО ФАЗОТРОНА

ГЗИ вырабатывает импульсы включения и отключения ИФОН, импульсы синхронизации, а также импульсы включения и отключения сеточного манипулятора при наладочных работах. Запускается ГЗИ опорными импульсами, жестко связанными с положением лопаток ротора вариатора; частота следования опорных импульсов тождественна частоте модуляции.

Период модуляции ВЧ ускоряющего напряжения может меняться в пределах $1,6 \pm 3,0$ мкс, поэтому максимальное время задержки выбрано равным 5 мс при минимальном шаге перестройки 1 мкс. Долговременная нестабильность задержки не превышает ± 50 нс. Задержка отсчитывается от переднего фронта опорного импульса.

ГЗИ состоит из трех идентичных каналов, в каждом из которых, независимо друг от друга, формируются импульсы с регулируемыми временными задержками, в дальнейшем используемые для включения, отключения и синхронизации различных систем.

3. СХЕМА ГЗИ ДЛЯ СИЛЬНОТОЧНОГО ФАЗОТРОНА

Для сильноточного фазотрона был разработан ГЗИ-2, в котором использовалось большее количество интегральных схем, а в качестве масштабной частоты - частота 10 МГц от кварцевого генератора. Функциональная схема ГЗИ-2 представлена на рис.3. Схема задержки представляет собой пятиразрядный десятичный счетчик, построенный на базе декад K155 IE2^{4/}.

В исходном состоянии триггеры T_1, T_2, T_3, T_4 и декадный счетчик находятся в положении "0". Импульс синхронизации переводит триггеры T_1, T_2, T_3 в положение "1", а триггер T_4 переходит в положение "1" через схему совпадений И6, вследствие этого через ключевую схему И4 на счетчик начнут поступать импульсы с частотой 10 МГц. Возвращение триггеров T_1, T_2, T_3 в исходное состояние /"0"/ производится импульсами с выхода схем совпадений И1, И2, И3 соответственно. Управление схемами совпадений осуществляется сигналами с триггеров декадного счетчика через группу декадных переключателей. На входах схем совпадений высокий уровень появится только после того, как произойдет наполнение счетчиков, определяемое положением, в которое установлены переключатели. Таким образом, триггеры

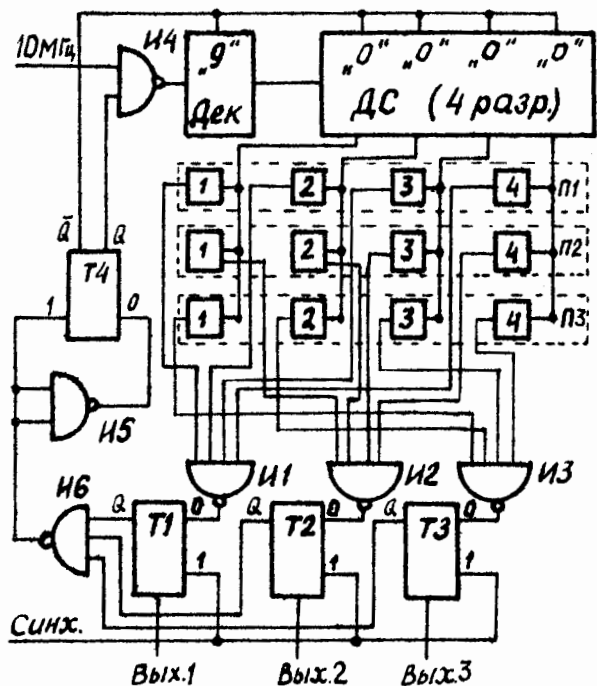


Рис.3. Схема трехканального ГЗИ-2: Дек - отдельная пересчетная декада; ДС - декадный счетчик; П1, П2, П3 - группы декадных переключателей.

T_1, T_2, T_3 возвращаются в исходное состояние не одновременно, а в зависимости от положения "своего" переключателя. После возвращения последнего из этих триггеров T_1, T_2, T_3 в исходное состояние триггер T_4 через схему совпадений И5 также переходит в исходное состояние. Из спада выходного сигнала триггера T_4 формируется импульс для сброса счетчика в исходное состояние. И так, вся схема ГЗИ оказывается в исходном состоянии и ждет прихода очередного синхроимпульса.

Задержанные относительно синхроимпульса сигналы формируются из спада выходных сигналов триггеров T_1, T_2, T_3 .

Декадный счетчик состоит из пяти декад. Так же, как ранее для синхроциклотрона, минимальный шаг задержки управляющих импульсов для установки "Ф" выбран равным 1 мкс. Первая декада /сбрасывается в положение "9"/ служит для уменьшения в 10 раз нестабильности временной задержки, которая лежит в пределах периода одного колебания /100 нс/ кварцевого генератора.

Для управления ИФОН включающие и отключающие импульсы должны иметь следующие параметры: амплитуда $\pm 5В$; передний фронт ≤ 1 мкс; длительность импульсов не лимитируется, но, естественно, не может быть больше длительности одного цикла ускорения.

Формирователи включающих и отключающих импульсов состоят из дифференцирующей RC-цепочки, транзисторного каскада с общим эмиттером и эмиттерного повторителя.

В случае необходимости ГЗИ может быть использован для управления сеточным манипулятором. Для этого сформированы выходные импульсы длительностью 300 мкс при помощи двух простейших инверторов. Другие параметры этих импульсов, зависящие от конкретной схемы манипулятора, еще не определены, поэтому эти импульсы пока не являются рабочими.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Генератор задержанных импульсов /ГЗИ-2/ благодаря применению современных интегральных схем отличается простотой наладки и компактностью. Увеличение, в случае необходимости, числа каналов задержанных импульсов не требует применения дополнительных счетчиков.

Использование современных интегральных схем позволяет отказаться от аналоговых схем задержки, которым присущи такие недостатки, как невысокая стабильность задержки, необходимость тщательных измерений при перестройке задержки, трудности кодировки для передачи в ЭВМ и т.д.

Многолетние эксплуатационные испытания цифрового ГЗИ на синхроциклотроне ОИЯИ показали его надежность и удобство в эксплуатации, так как идентичность рабочего и дублирующего блоков позволяет производить замену блоков без дополнительной подстройки и поэтому без остановки ускорителя.

Авторы благодарят Л.М.Онищенко, В.П.Дмитриевского и В.И.Данилова за внимание к работе.

В процессе наладки и эксплуатации был внесен ряд предложений, направленных на повышение надежности работы и удобства обслуживания ГЗИ. Авторы признательны сотрудникам отделов новых ускорителей и синхроциклотрона Лаборатории ядерных проблем, сделавшим много ценных и полезных замечаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.А. и др. В кн.: VI Всесоюзное совещание по ускорителям заряженных частиц. ОИЯИ, Дубна, 1978, т.1, с.340-344.
2. Васильев Л.В. и др. ОИЯИ, Р9-80-295, Дубна, 1980.

3. Енчевич И.Б., Максимов Ю.В. ОИЯИ, Р9-6585, Дубна, 1972.
4. Якубовский С.В. и др. Аналоговые и цифровые интегральные схемы. "Советское радио", М., 1979.

Рукопись поступила в издательский отдел
4 декабря 1980 года.