

C345e5

Д - 183

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

3354/1-71



P9 - 5953

В.И. Данилов, Б.М. Марченко, Ю.В. Максимов,
Е.И. Розанов, М.П. Сеченов, В.И. Смирнов,
Т.Н. Томилина, А.В. Шестов

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ДЛЯ СИНХРОЦИКЛОТРОНА ОИЯИ
НА 680 МЭВ
НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРАХ

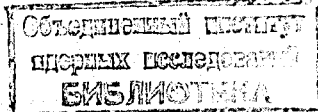
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1971

Р9 - 5953

В.И. Данилов, Б.М. Марченко, Ю.В. Максимов,
Е.И. Розанов, М.П. Сеченов, В.И. Смирнов,
Т.Н. Томилина, А.В. Шестов

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ДЛЯ СИНХРОЦИКЛОТРОНА ОИЯИ
НА 680 МЭВ
НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРАХ



В в е д е н и е

Реконструкция системы управления синхроциклотроном ОИЯИ /1/, произведенная после первых лет работы ускорителя при энергии частиц 680 Мэв, имела целью создать надежную систему управления, обеспечивающую работу синхроциклотрона в течение 150-180 часов в неделю в наиболее часто используемых экспериментаторами типовых режимах. В то время к типовым режимам относились режим непрерывной манипуляции и одно-разовый режим. Затем в качестве типового стал использоваться также режим растяжки пучка /2,3/ с питанием катушек растяжки синусоидальным током со своей схемой управления.

В последние годы встал вопрос о переводе всей системы управления, включая манипулятор /4/ в.ч. генератора, на полупроводниковые приборы при сохранении логической связи между отдельными элементами системы.

В настоящее время полупроводниковая система управления находится в постоянной эксплуатации. Созданный в 1965-69 г.г. режим растяжки пучка с питанием катушек растяжки пилообразным током /5/ с полупроводниковой схемой управления также стал типовым режимом.

В полупроводниковой системе управления для формирования и преобразования управляющих импульсов во всех каналах используются идентичные схемы, что позволит со временем без изменения логической схемы перевести систему управления на микромодульные элементы.

Система управления расположена в помещении главного пульта управления, поэтому элементы схемы должны работать без принудительного охлаждения.

1. Требования к системе управления

На синхроциклотроне ОИЯИ временная привязка всех систем, требующих синхронизации с частотой модуляции, осуществляется при помощи электронно-оптической системы - фотодатчика (ФД), связанной с лопатками вариатора. Фотодатчик выдает П-образные импульсы положительной полярности с передним фронтом, опережающим на $100+200$ мксек верхнюю частоту в.ч. системы. Механическая точность изготовления лопаток вариатора дает разброс фронта импульса фотодатчика ± 12 мксек.

Все управляющие импульсы, вырабатываемые системой управления, должны быть жестко синхронизированы с импульсами ФД.

Для обеспечения работы ускорителя в типовых режимах система управления должна вырабатывать импульсы в заданной временной последовательности /6/.

А. Режим непрерывной манипуляции

1. Включающий импульс для запуска манипулятора должен иметь задержку относительно переднего фронта импульса ФД не более 20 мксек.

При формировании включающего импульса из заднего фронта импульса ФД временная задержка должна иметь регулировку в пределах $4+6$ мсек.

2. Отключающий импульс должен иметь задержку относительно переднего фронта импульса ФД с регулировкой в пределах $2+8$ мсек с точностью ± 50 мксек.

Б. Одноразовый режим

1. Включающий импульс формируется из переднего фронта импульса ФД, следующего после подачи на систему управления в произ-

вольный момент времени импульса запуска от экспериментальной установки. После выдачи одного включающего импульса система ждет прихода очередного импульса запуска.

2. Отключающий импульс следует в каждом цикле модуляции так же, как и в режиме непрерывной манипуляции.

В. Режим растяжки пучка ускоренных частиц

Растяжка пучка осуществляется локальным магнитным полем, амплитуда которого в области конечных радиусов ускорения частиц зависит от времени /2/. Это поле создается катушками, питаемыми пилообразным током от специального тиристорного генератора (ТГП) /5/.

Для нормальной работы ТГП система управления должна выдавать импульсы в следующей временной последовательности:

1. Импульс запуска ТГП (вкл.имп.)

а) Задержка переднего фронта импульса запуска ТГП относительно переднего фронта импульса ФД 3,5 мсек;

б) регулировка задержки в пределах от 0,1 до 0,5 мсек;

в) точность регулировки не менее ± 50 мсек.

2. Импульс выключения ТГП (откл.имп.)

а) Задержка переднего фронта импульса выключения ТГП относительно переднего фронта импульса включения ТГП не менее 4 мсек;

б) регулировка задержки в пределах от 4,0 до 7,0 мсек;

в) точность регулировки не менее 200 мсек.

Для управления ТГП необходимо выдавать два импульса запуска и один импульс выключения.

Управление в.ч. генератором при работе ускорителя с растяжкой пучка происходит в режиме непрерывной манипуляции с задержкой отключающего импульса по отношению к включающему примерно на 0,5 мсек меньше, чем при работе без растяжки /7/.

Включающие и отключающие импульсы $x/$ для надежного управления манипулятором и ТГП должны иметь:

$x/$ Эти требования определяются параметрами тиристорov, использованных в манипуляторе и ТГП.

- длительность не менее 20 мксек,
- амплитуду напряжения не менее 20 в,
- ток в импульсе не более 300 ма.

Временная диаграмма управляющих импульсов, удовлетворяющих перечисленным выше требованиям, имеет вид, изображенный на рис. 1.

II . Блок-схема системы управления

Для получения управляющих импульсов, изображенных на рис. 1, блок-схема системы управления должна состоять из четырех каналов: два канала служат для формирования импульсов включающих и отключающих манипулятор в.ч. генератора, а в двух других каналах формируются импульсы, запускающие и выключающие генератор тока питания катушек растяжки. В схеме предусмотрено формирование трех выключающих и трех запускающих импульсов.

Блок-схема системы управления изображена на рис. 2,3.

1. Канал формирования импульсов, включающих манипулятор (вкл. имп) x/.

На вход канала подаются П-образные положительные импульсы ФД и импульсы запуска от экспериментальных установок для работы в одно-разовом режиме.

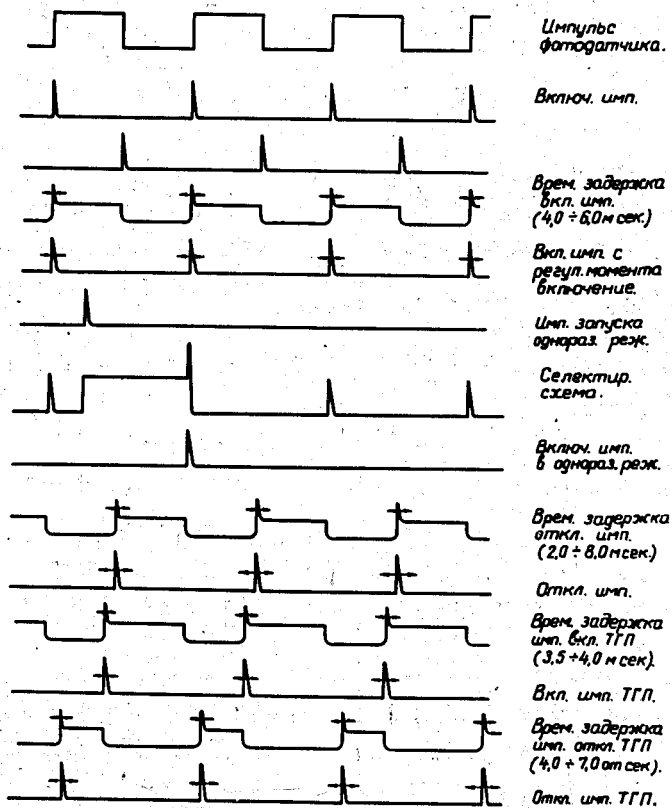
В канале формируются:

а) импульсы, совпадающие с передним фронтом импульсов ФД (T_{11} , T_{12} , T_{13} , T_{14} , T_{21} , T_{22}), из которых в последующих каскадах (T_{24} , T_{35} , T_{36}) получают включающие импульсы при работе в режиме непрерывной манипуляции без регулировки переднего фронта;

б) импульсы, совпадающие с задним фронтом импульсов ФД (T_{15} , T_{16}), которые после временной задержки от 4,0 до 6,0 мсек (T_{17} , T_{18} , T_{19} , T_{20}) и формирования (T_{23}) служат в качестве включающих при работе с регулировкой переднего фронта;

в) импульсы внешнего запуска, из которых посредством селективирующей схемы ($T_1 T_2 T_3 T_4$) получают включающие импульсы при работе в одноразовом режиме;

x/ Принципиальная схема системы управления дана в приложении 1.



Временная диаграмма управляющих импульсов.

Рис. 1.

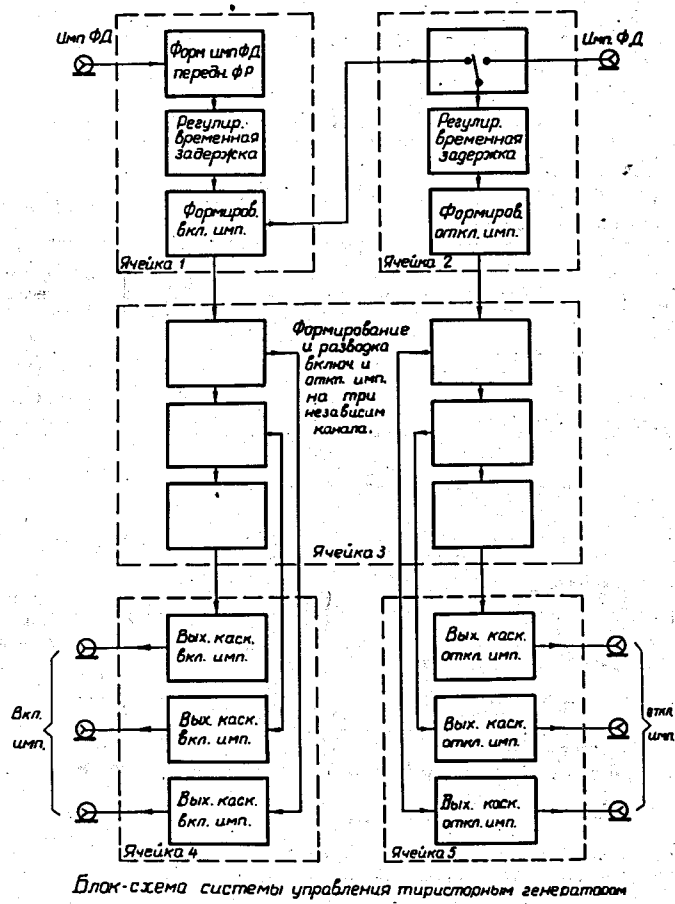


Рис. 2.

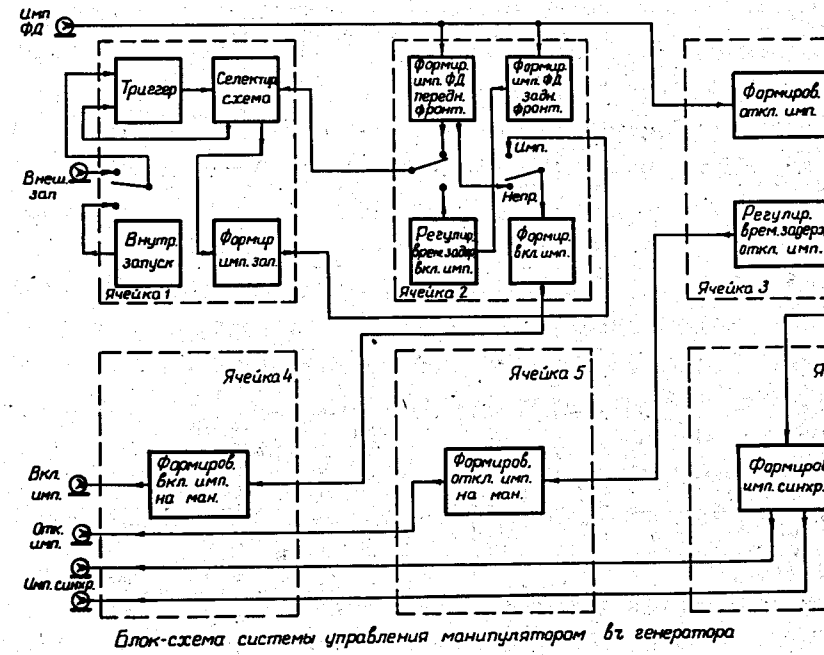


Рис. 3

г) импульсы внутреннего запуска (T_6, T_7, T_8), выполняющие те же функции, что и импульсы внешнего запуска, когда работа в одноразовом режиме не требует синхронизации с экспериментальной установкой.

В блоке управления канал формирования импульсов, включающих манипулятор, смонтирован в первой (импульсы "в" и "г"), второй (импульсы "а" и "б") и четвертой (выходные каскады) ячейках.

2. Канал формирования импульсов, отключающих манипулятор (откл. имп.)

В канале формируются:

а) импульсы синхронизации, совпадающие с передним фронтом импульсов ФД (T_{25}, T_{26}, T_{27}), которые после дополнительного формирования (T_{39}) поступают на выходные каскады (T_{40}, T_{41}) и используются для синхронизации всех внешних установок;

б) отключающие импульсы, имеющие по отношению к переднему фронту импульсов ФД регулируемую временную задержку от 2,0 до 8,0 мсек ($T_{29}, T_{30}, T_{31}, T_{32}$). После формирования (T_{33}, T_{34}) эти импульсы поступают на выходные каскады (T_{37}, T_{38}) и используются для отключения манипулятора.

В блоке управления канал формирования отключающих импульсов смонтирован в третьей (импульсы "а" и "б"), пятой (выходные каскады "б") и шестой (выходные каскады "а") ячейках.

3. Канал формирования импульсов, запускающих ТГП (вкл. имп.)^х.

На входе канала (T_1, T_2, T_3, T_4, T_5) формируются импульсы, совпадающие с передним фронтом импульсов ФД, которые проходят временную задержку (T_6, T_7, T_8, T_9) в 3,5 мсек с регулировкой ± 200 мсек и после формирования в каскадах (T_{10}, T_{11}, T_{12}) разводятся ($T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}$) на три независимых выходных канала. С выходных каскадов (T_{20}, T_{22}, T_{24}) импульсы используются для включения ТГП.

^х/ Принципиальная схема дана в приложении 2.

4. Канал формирования импульсов, включающих ТГП (откл.имп.).

На вход канала подаются импульсы с (T_{12}), сформированные в канале 3 (T_{10}, T_{11}, T_{12}), далее они формируются ($T_{25}, T_{26}, T_{27}, T_{28}, T_{29}$), проходят временную задержку ($T_{30}, T_{31}, T_{32}, T_{33}$) в 5,5 мсек и разводятся ($T_{36}, T_{37}, T_{38}; T_{39}, T_{40}, T_{41}$) на три независимых выходных канала. С выходных каскадов (T_{43}, T_{45}, T_{47}) импульсы используются для отключения ТГП.

Для нормальной работы ТГП необходимо, чтобы время нарастания пилы было не менее 4 мсек, а спад пилы длился не меньше 2,5 мсек.

В обычном режиме работы период модуляции равен 8,4 мсек, время нарастания пилы выбрано 5,5 мсек. Таким образом, для настройки ускорителя при работе в режиме растяжки пучка остается интервал времени ($8,4 - 5,5 - 2,5$) = 0,4 мсек или ± 200 мсек. Эта регулируемая временная задержка осуществляется фантастроном в канале формирования импульсов, запускающих ТГП с помощью гелипота на 10 ком с ценой деления 20 ом, что примерно соответствует 2 мсек.

Такая регулировка позволяет плавно изменять время нарастания тока в катушках растяжки, что является необходимым при настройке ускорителя для проведения каждого физического эксперимента.

В блоке управления растяжкой каскады предварительного формирования импульсов ФД, временная задержка импульсов включения ТГП и последующие каскады формирования смонтированы в первой ячейке.

Аналогичные каскады для формирования импульсов выключения ТГП смонтированы во второй ячейке.

В третьей ячейке смонтированы каскады, осуществляющие разводку включающих и отключающих импульсов на три независимых канала.

Выходные каскады включающих импульсов смонтированы в четвертой ячейке, а отключающих - в пятой.

Шестая ячейка блока свободна.

Для обеспечения безаварийной работы системы управления ускорителем все блоки управления имеют 100% резервов. Переключение с рабочего блока на резервный осуществляется двумя ключами (управление и питание), расположенными на передней панели стойки.

III. Точность временной задержки

Для создания регулируемой временной задержки, необходимой для импульсов, управляющих манипулятором и ТПП, во всех каналах формирования используется фантастроный генератор на четырех транзисторах типа МП-42. Необходимая временная задержка определяется постоянной времени $\tau' = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot C_1$.

Пределы регулировки определяются потенциометрами R_1 и R_2 . Для тонкой регулировки используется потенциометр R_1 типа гелипот на 10 ком с ценой деления 20 ом, что соответствует 2 мксек.

Нестабильность временной задержки фантастроного генератора /8/ в основном определяется нестабильностью напряжения $U_{\delta 0}$ на базе транзистора T_4 (рис. 3)

$$\Delta U_{\delta 04} = I_{k04} (R_4 \parallel R_5),$$

Так как $R_4 \gg R_5$, то можно считать, что $\Delta U_{\delta 04} < I_{k04} R_5$. Для транзистора типа МП-42 для запятого триода $I_{k04} = 25 \cdot 10^{-6}$ а. Сопротивление $R_5 = 1,0$ ком. Тогда $\Delta U_{\delta 04} = 25 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^3 = 25$ мв и при напряжении источника питания 12 в и сопротивлении в цепи коллектора $T_4 - 1,1$ ком (R_6) это вызовет изменение напряжения приблизительно на 0,2%, что в пересчете на нестабильность временной задержки соответственно для 1,0 и 8,0 мсек будет составлять 2,3 и 18,4 мксек.

Если учесть, что максимальная нестабильность временной задержки 18,4 мксек, время включения тиристоров, использованных в манипуляторе /4/ и ТПП /5/ не более 20 мксек, а разброс из-за неточности изготовления лопаток вариатора 12 мксек, то общая нестабильность включения равна 50 мксек, что удовлетворяет требованиям ко всем включающим импульсам, формируемым системой управления.

З а к л ю ч е н и е

Разработанная, настроенная и введенная в постоянную эксплуатацию система управления синхроциклотроном на полупроводниковых приборах имеет следующие рабочие характеристики:

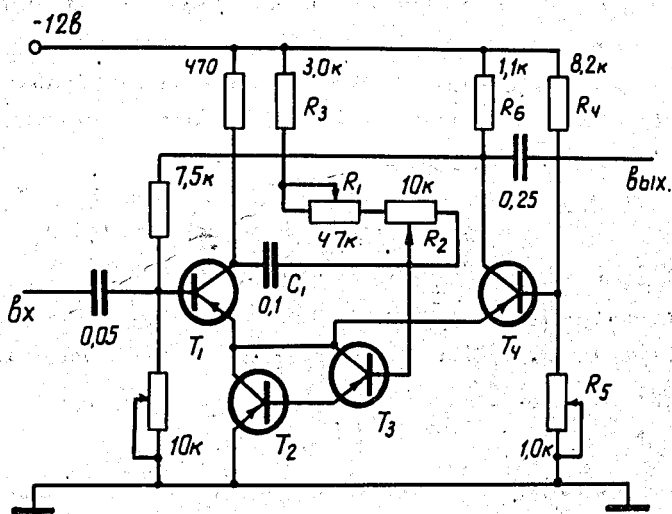


Схема фантастронной временной задержки.

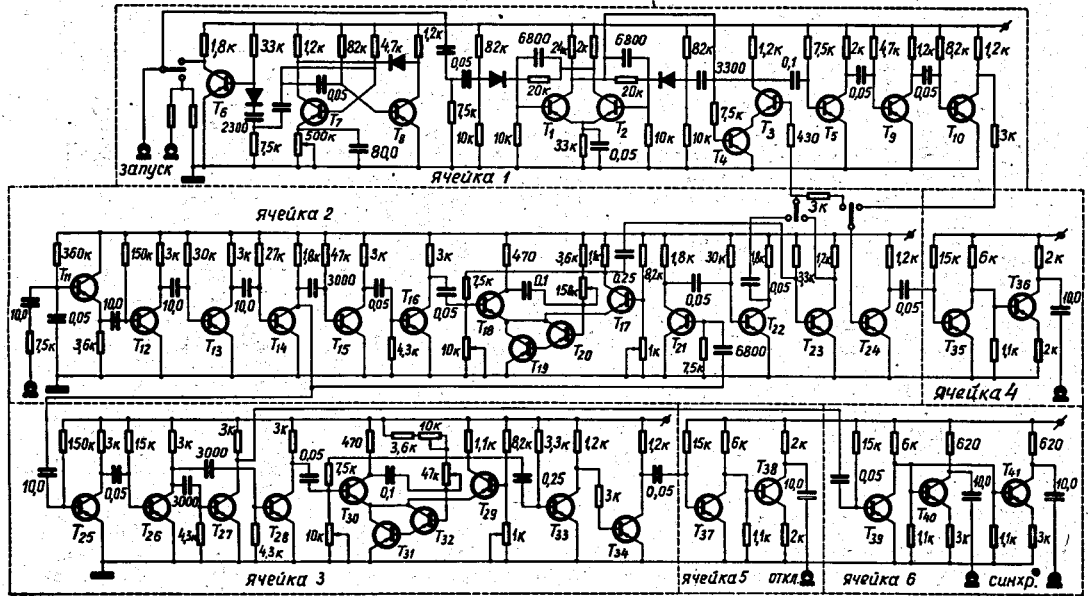
Рис. 4.

1. Амплитуда импульса ФД не менее 5 в на нагрузке 150 ом.
2. Амплитуда импульса внешнего запуска не менее 5 в на нагрузке 150 ом.
3. Длительность импульса запуска не менее 20 мксек.
4. Выходные включающие и отключающие импульсы для управления

манипулятором и ТГП имеют:

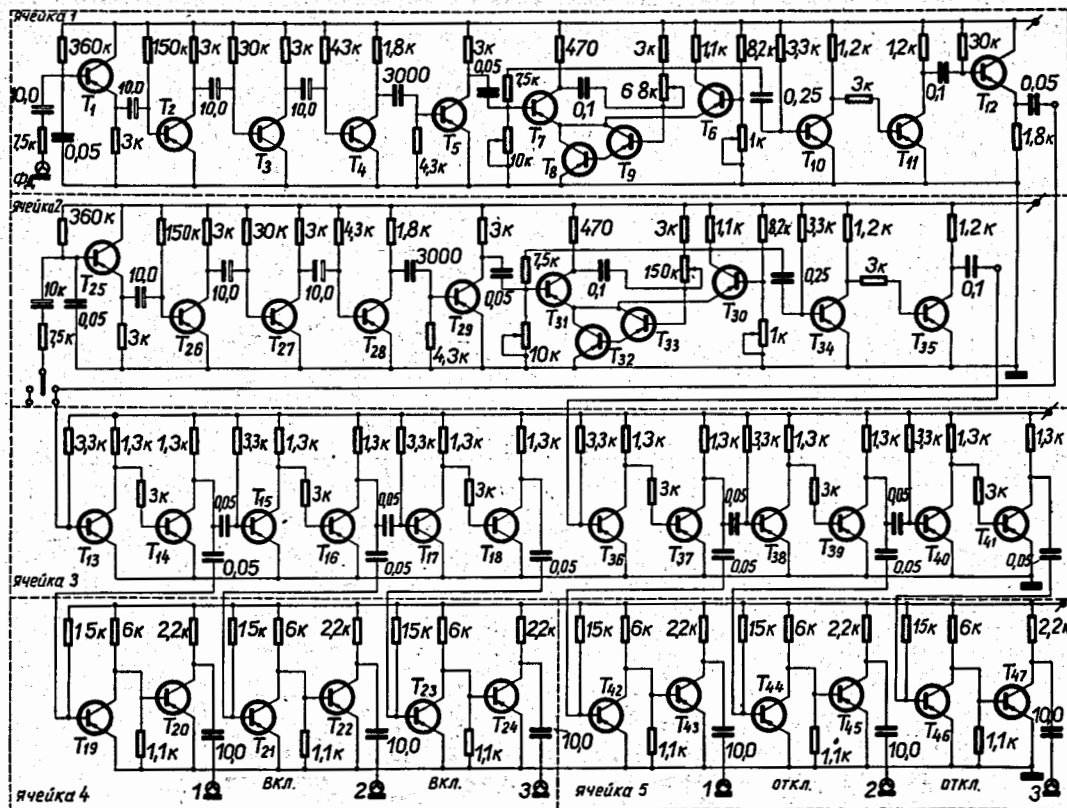
- а) амплитуду не менее 20 в;
 - б) ток в импульсе не более 300 ма;
 - в) длительность не менее 20 мксек.
5. Импульсы синхронизации для внешних систем
 - а) амплитуда не менее 20 в на нагрузке 2 ком;
 - б) длительность не менее 20 мксек.

Временные задержки управляющих импульсов обеспечивают устойчивое и надежное управление ускорителем во всех типовых режимах работы.



Приложение 1

Принципиальная схема каналов формирования управляющих импульсов
 для манипулятора



Приложение 2

Принципиальная схема каналов формирования управляющих импульсов

для ТТП

Система обеспечена 100% резервом и переход с рабочего блока на резервный в случаях неустойчивой работы ускорителя занимает не более 1 мин.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность И.Б. Енчевичу за ценные указания при разработке.

Авторы благодарны В.М. Каляскину и Б.И. Ключину, В.И. Иванову, Г.В. Рыкову, Г.М. Сорокину за участие в монтаже и настройке аппаратуры.

Л и т е р а т у р а

1. Т.Н. Томилина, Препринт ОИЯИ, Б1-1986, Дубна, 1965.
2. В.И. Данилов, И.Б. Енчевич, Б.И. Замолодчиков и др. Препринт ОИЯИ, Р-1981, Дубна, 1965.
3. В.И. Данилов, И.Б. Енчевич, Е.И. Розанов и др. Препринт ОИЯИ, Р-2281, Дубна, 1965.
4. И.Б. Енчевич, В.И. Иванов, Ю.В. Максимов и др. Препринт ОИЯИ, Б1-9-4691, Дубна, 1968.
5. В.И. Данилов, И.Б. Енчевич, Е.И. Розанов и др. Препринт ОИЯИ, Р9-5208, Дубна, 1970.
6. Т.Н. Томилина. ОИЯИ, 9-4197, Дубна, 1968.
7. И.Б. Енчевич, Т.Н. Томилина. Препринт ОИЯИ, Р9-3970, Дубна, 1968.
8. И.П. Степаненко. Основы теории транзисторов и транзисторных схем". "Энергия", Москва, 1967.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 июля 1971 года.