

Б2-2135 +

С345  
E-645

Енчевич И.Б., Иванов В.И., Томилина Т.Н.

А н н о т а ц и я

"РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО МАНИПУЛЯТОРА И СХЕМЫ ЕГО  
УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ГЕНЕРАТОРА  
СИНХРОЦИКЛОТРОНА НА 680 МЭВ"

Разработан электронный манипулятор, позволяющий включать в.ч. генератор ускоряющего напряжения синхроциклотрона на 680 Мэв на промежутки времени в сотни микросекунд.

Разработана схема управления, позволяющая управлять манипулятором по специально заданной программе.

В настоящее время электронный манипулятор используется при работе ускорителя в режиме магнитной растяжки сгустка ускоренных протонов.

Рубрицирована  
в ИЗВЕСТИЙСКИЙ ОТДЕЛ  
..23.. Н 195

*Т. Томилина*

с. 90. 973

Объединенный институт ядерных исследований  
Лаборатория ядерных проблем

" Утверждаю "

Директор Лаборатории  
ядерных проблем

В. П. ДЖЕЛЕПОВ

" \_\_\_ " \_\_\_\_\_ 196 г.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО МАНИПУЛЯТОРА И СХЕМЫ ЕГО  
УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ГЕНЕРАТОРА СИНХРО-  
ЦИКЛОТРОНА НА 680 МЭВ

Начальник отдела  
синхроциклотрона-

*Вашин* ДАНИЛОВ В. И.

Исполнители:

*И. Б. Енчевич* ЕНЧЕВИЧ И. Б.

*В. И. Иванов* ИВАНОВ В. И.

*Т. Н. Томилиной* ТОМИЛИНА Т. Н.



- г. Дубна, 1965 год -

## 1. Схема управления высокочастотным генератором синхроциклотрона на 680 Мэв для осуществления некоторых специальных режимов ускорения

---

Исследование процессов ускорения протонов в синхроциклотроне на 680 Мэв показали, что частицы, захваченные из источника ионов могут в течение некоторого времени обращаться по орбитам промежуточных радиусов.

Для исследования возможности увеличения интенсивности пучка ускоренных протонов предполагается создать такой режим ускорения, при котором протоны многократно захватываются из источника ионов за счет дополнительной частотной модуляции диапазона высокочастотного генератора, пока собственная частота резонансной системы с вращающимся вариатором остается выше частоты захвата, а затем доводятся до предельного радиуса ускорения. Вопрос о способах частотной модуляции здесь не рассматривается.

Как обычно [Л1] для осуществления такого накопительного режима необходимо решить несколько задач:

1. Создать схему управления манипулятором по заданной программе.
2. Создать манипулятор, способный работать по программе схемы управления.

Работающий сейчас тиратронный манипулятор [Л2] вследствие большой постоянной времени и инерционности тиратронов не может запирается и отпираться на интервалы времени длительностью в сотни микросекунд.

## 2. Разработка схемы управления электронным манипулятором

---

Для управления манипулятором в режиме накопления необходимо создать схему, выдающую следующую программу на манипулятор: 8-12 включающих и отключающих импульсов, следующих друг за другом через  $200 + 400$  мсек и за последним отключающим импульсом этой серии следует обычный включающий импульс, соответствующий верхней границе частоты захвата по частотной характеристике резонансной системы ускорителя.

Таким образом, схему управления можно разделить на две части:

1. Управление по обычной программе непрерывного режима с манипуляцией.

2. Управление генератором в диапазоне высоких частот, обеспечивающее многократный захват частиц из источника ионов и их доведение до радиусов больших чем соответствующие энергии нижней границы области захвата.

Схема управления электронным манипулятором на высоких частотах генератора:

Длительность времени включения и выключения высокочастотного генератора выбирается  $100 + 200$  мсек. В качестве задающего генератора импульсов используется "ГИС". Импульсы с "ГИС"а поступают на каскад совпадений. Для селектирования импульсов, поступающих на этот каскад, на его вход подаются П-образные импульсы, отпирающие нормально запертый каскад совпадений только на время, в течение которого должен работать в.ч.генератор на высоких частотах диапазона для осуществления многократного захвата и доведения частиц до радиуса накопления. Эти П-образные импульсы в то же время являются

и импульсами синхронизации, так как для их формирования используются импульсы фотодатчика, частота следования которых совпадает с частотой модуляции в.ч. генератора.

Далее по достижении в.ч.генератором верхней частоты захвата включается обычный манипулятор, который оставляет генератор выключенным на весь цикл ускорения до предельной энергии.

Блок-схема формирования управляющих импульсов изображена на рис. 1 . *Временная диаграмма* формирования управляющих импульсов для работы в верхней части диапазона в.ч.генератора изображена на рис. 2 .

### 3. Разработка электронного манипулятора

Для манипуляции в.ч. генератора по сложной программе, даваемой схемой формирования управляющих импульсов, необходимо было разработать электронный манипулятор, свободный от недостатков, имеющих у тиратронного манипулятора.

Как известно  $[L_c]$  время в течение которого происходит переход триггера из одного состояния равновесия в другое, можно приближенно оценить по формуле

$$t_{пер} = 2 C R_a$$

где  $C$  - входная емкость лампы и емкость монтажа,  $R_a$  - анодная погрузка лампы. Величина  $t_{пер}$  лежит в пределах единиц микросекунд для  $R_a = 15 + 5$  ком и  $C = 100$  мккф, что не трудно выполнить для таких ламп как ГУ-50 и ГУ-80.

Таким образом, изменение параметров схемы в широком диапазоне не ограничивает частоту следования импульсов, управляющих манипулятором.

Для выяснения характера нагрузки, на которую должен работать манипулятор была снята частотная характеристика запирающего в.ч. генератора.

Оказалось, что во всем диапазоне частот напряжение смещения, запирающее в.ч. генератор не превышает 160 вольт. Характеристика снималась при  $E_a = 4$  кв (рис. 3, таблица I)

Для обеспечения четкого запирающего в.ч. генератора предполагали использовать подачу постоянного смещения - 700 в на сетки генераторных ламп в.ч. генератора. Сначала было проверено, что при непрерывном режиме работа не зависит от того, где установлено сопротивление гридлика ( непосредственно в шкафу в.ч. генератора или на расстоянии 500 м - в шкафу электронного манипулятора).

При параллельном подключении выпрямителя смещения к гридлику и подаче на сетку напряжения - 700 в генератор запирается полностью и подача на сетку положительных импульсов не приводила к его отпиранию.

Параллельное подключение источника смещения через последовательное сопротивление или непосредственно к сетке без подачи питающего напряжения на выпрямитель переводило непрерывную работу генератора в режим прерывистой модуляции.

Устойчивой работы не удалось добиться и при подключении незапитанного выпрямителя смещения по следующей схеме (рис. 4а).

Когда смещение 700 в подавалось на сетки через дроссель с железным сердечником, амплитуда подаваемых на сетку в.ч. генератора импульсов падала и не приводила к его отпиранию. Простое шунтированное сопротивление гридлика дросселем без подачи напряжения переводило непрерывный режим в режим прерывистой генерации.

Возбуждение, близкое к нормальному удалось получить только в случае, когда выход незапитанного выпрямителя смещения шунтировал примерно одну пятую часть сопротивления гридлика в <sup>(рис 4б).</sup> 550 ом.

Первый вариант схемы манипулятора изображен на рис. 5а . Манипулятор состоял из 3-х ламп ГУ-80, две из которых составляли триггер, управляемый включающими и отключающими импульсами, третья лампа ГУ-80 стояла в режиме катодного повторителя для согласования нагрузки манипулятора со входным сопротивлением генератора. На реальной нагрузке схема работала нестабильно.

Был опробован другой вариант схемы, где вместо катодного повторителя стоял усилительный каскад с анодной нагрузкой (рис. 5б)

Испытания обеих схем ( рис. 5а и рис. 5б ) показали, что мощность одной лампы ГУ-80 недостаточна для управления генератором на любых частотах диапазона. Второй вариант схемы манипулятора состоял из 5-ти ламп ( рис. 6 ). Триггер был собран на лампах ГУ-50. П-образные импульсы триггера усиливались одной лампой ГУ-80 и подавались на катодный повторитель на 2-х лампах ГУ-80 , соединенных параллельно. Манипулятор, работающий по этой схеме, позволяет запирает в.ч.генератор на более высоких частотах, чем тиратронный, но требуемого от него эффекта ( запирает и отпирает генератор каждые 100-200 мксек) получить не удалось.

Было проведено экспериментальное исследование свойств электронного манипулятора. Выяснено, что манипулятор может запирает и отпирает в.ч.генератор в широком спектре частот (см график рис. 7 ).

На этой схеме ( рис. 6 ) было установлено, что в динамическом режиме устойчивость работы манипулятора ограничена только интервалом времени между включающим и отключающим импульсами и не

зависит от частот, на которых происходит включение и отключение генератора. На рис. 7 показаны временные интервалы, на которых удалось добиться устойчивой работы в диапазоне рабочих частот. Ограничением в работе манипулятора является невозможность запереть генератор на время, меньшее чем 1,5- 30 сек ( для различных участков диапазона частот), которое определяется не параметрами самого манипулятора, а переходными цепями, связывающими манипулятор с в.ч. генератором.

Перед электронным манипулятором была поставлена универсальная задача осуществлять управление генератором, как в режиме многократного захвата в районе высоких частот диапазона, так и в обычном режиме ускорения, когда генератор заперт во время изменения частот диапазона от низких к высоким. По-видимому, решение такой задачи при помощи одного манипулятора затруднительно. Действительно, управление генератором в.ч. в обычном режиме ускорения требует передачи П-образных импульсов длительностью 3-4 мсек при помощи больших переходных емкостей, которые создают большие постоянные времени переходных цепей. Для управления же в режиме многократного захвата на высоких частотах в.ч. диапазона, необходимо избегать больших постоянных времени в переходных цепях, ибо в противном случае генератор в.ч. не будет поддаваться управлению манипулятором. Электронный манипулятор работает в следующем режиме

$$E_a = 1,2 \text{ кВ. } I_a = 1,6 \text{ а } U_g = 600 \text{ в.}$$

В процессе настройки электронного манипулятора было обнаружено, что он работает устойчиво в обычном режиме работы в.ч. генератора с манипулятором при частоте модуляции около 110 гц и не обеспечивает нормальной работы в.ч. генератора в однократном режиме работы, когда



включающие импульсы поступают на манипулятор один раз в  $5 + 10$  сек и реже. Неустойчивая работа манипулятора была связана с тем, что при работе в одноразовом режиме лампа ГУ-80 ( Л 4 рис. 8 ) оказывалась открытой, поэтому амплитуда включающего импульса резко падала, что не обеспечивало нормальную работу оконечных каскадов манипулятора. Для устранения этого недостатка на сетку Л4 было подано принудительное отрицательное напряжение смещения, после чего манипулятор стал устойчиво работать в одноразовом режиме.

*И. М. Мамонтов*

ПРИЛОЖЕНИЕ

Техническая характеристика  
системы питания манипулятора № I

1. Система питания манипулятора № I смонтирована в закрытом шкафу ( щу № 2; пан.4 ). Дверь шкафа имеет механическую блокировку, которая не позволяет включить контактор анодного питания при открытой двери шкафа.

2. Номинальная мощность трансформатора 9 ква; соединение .

3. Напряжение первичной обмотки трансформатора 3 х 380/220 в.

4. Напряжение вторичной обмотки трансформатора ( в зависимости от отпайки): 1385 в, 1780 в, 2210 в, 2610 в, 2640 в.

5. Максимальный выпрямленный ток 3,6 а.

6. Максимальная защита настроена на 3 а.

В системе питания трансформатор установлен индивидуального изготовления. Выпрямитель собран на 252 диодах типа Д-204 по трехфазной мостовой схеме Ларионова.

Для регулирования величины выпрямленного напряжения в цепи питания первичной обмотки трансформатора установлен 3-х фазный трансформатор 380/220 в и 3-х фазный вариак 220 в.

Таблица I

Зависимость напряжения смещения на сетках высокочастотного генератора от частоты для режимов отсутствия и наличия генерации ( см.рис.3)

мггц	отсутствие генерации	наличие генерации	амплитуда П-обр импульса
26,38	340	250	90
26,26	330	260	70
26,20	340	270	70
25,78	340	280	60
24,80	340	280	60
23,28	320	240	80
22,20	320	220	100
21,44	310	200	110
20,60	300	160	140
19,54	300	140	160
18,70	320	250	70
17,84	370	220	150
17,08	340	200	140
16,42	280	120	160
15,88	280	150	130
15,45	300	180	120
15,08	280	160	120
14,76	270	140	130
14,56	260	115	145
14,40	250	105	145
14,23	240	100	140
14,10	220	70	150
13,96	200	60	140

## Л и т е р а т у р а

1. А.Л.Минц, И.Х.Невяжский, Б.И.Поляков  
"Некоторые особенности и основные данные высокочастотной системы шестиметрового синхроциклотрона".  
Радиотехника и электроника № 7 стр.3-12 (1956г.)
2. Т.Н.Томилина  
"Реконструкция системы управления синхроциклотроном"  
БИ-1986 Дубна 1958 г.
3. Данилов В.И., Енчевич И.Б. и др.  
"Увеличение длительности импульсов пучков частиц синхроциклотрона ОИЯИ на 680 Мэв". Р-1985. Препринт ОИЯИ  
Дубна 1965 г.
4. А.М.Бонч-Бруевич "Применение электронных ламп в экспериментальной физике" 1950 г. Гос. изд. технико-теоретической литературы М-Л.

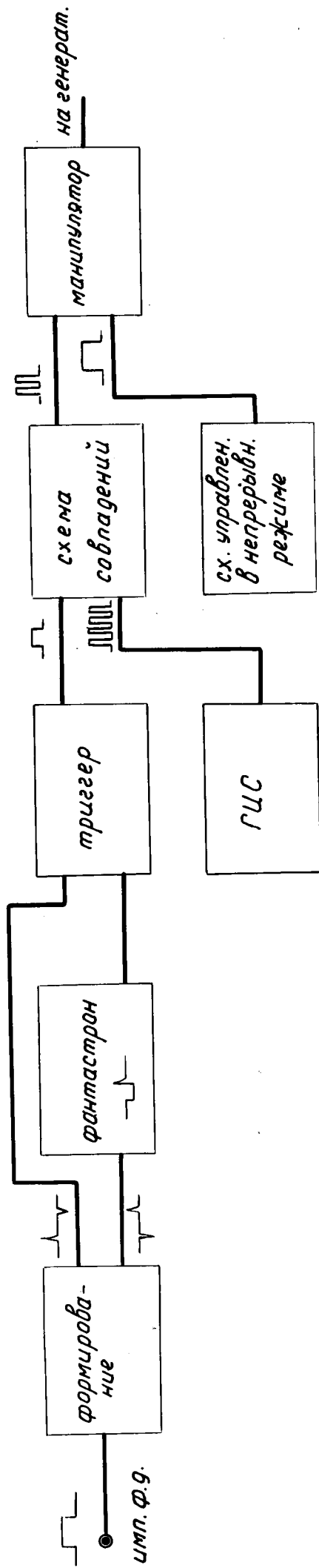
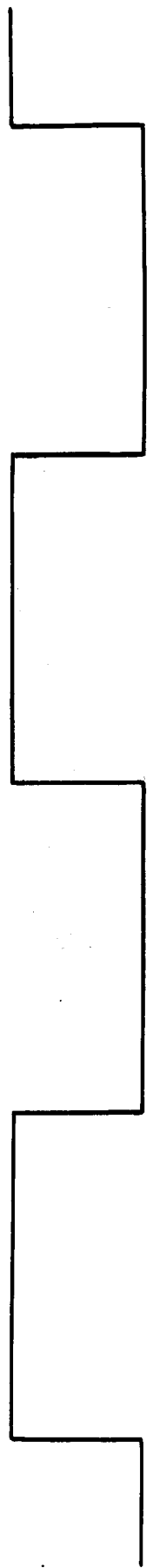
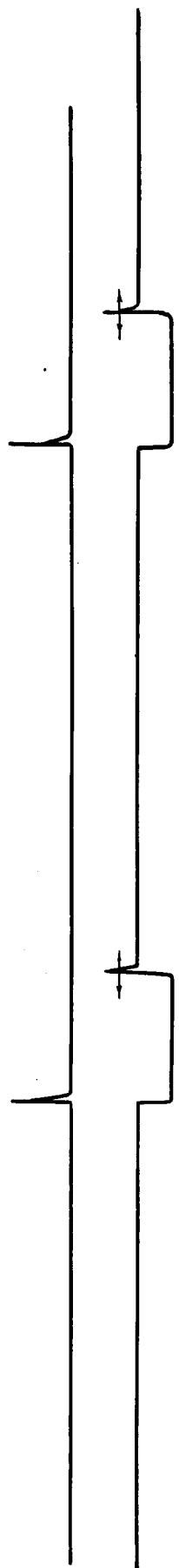


Рис.1



мл. ф.ф.

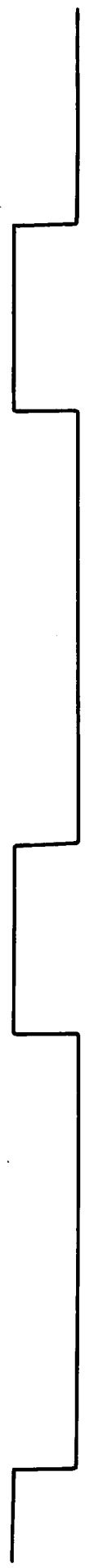


л. задн.  
фронта

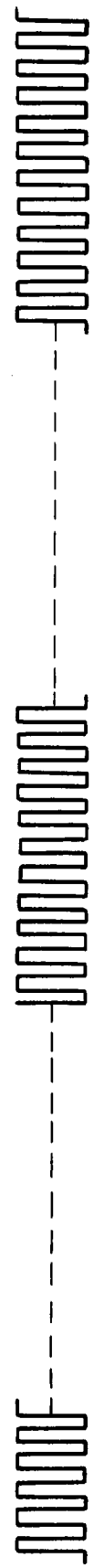
нт.



л. синхр.



ггер



л.



р сх.

адений

на мачилуу.

Рис. 2

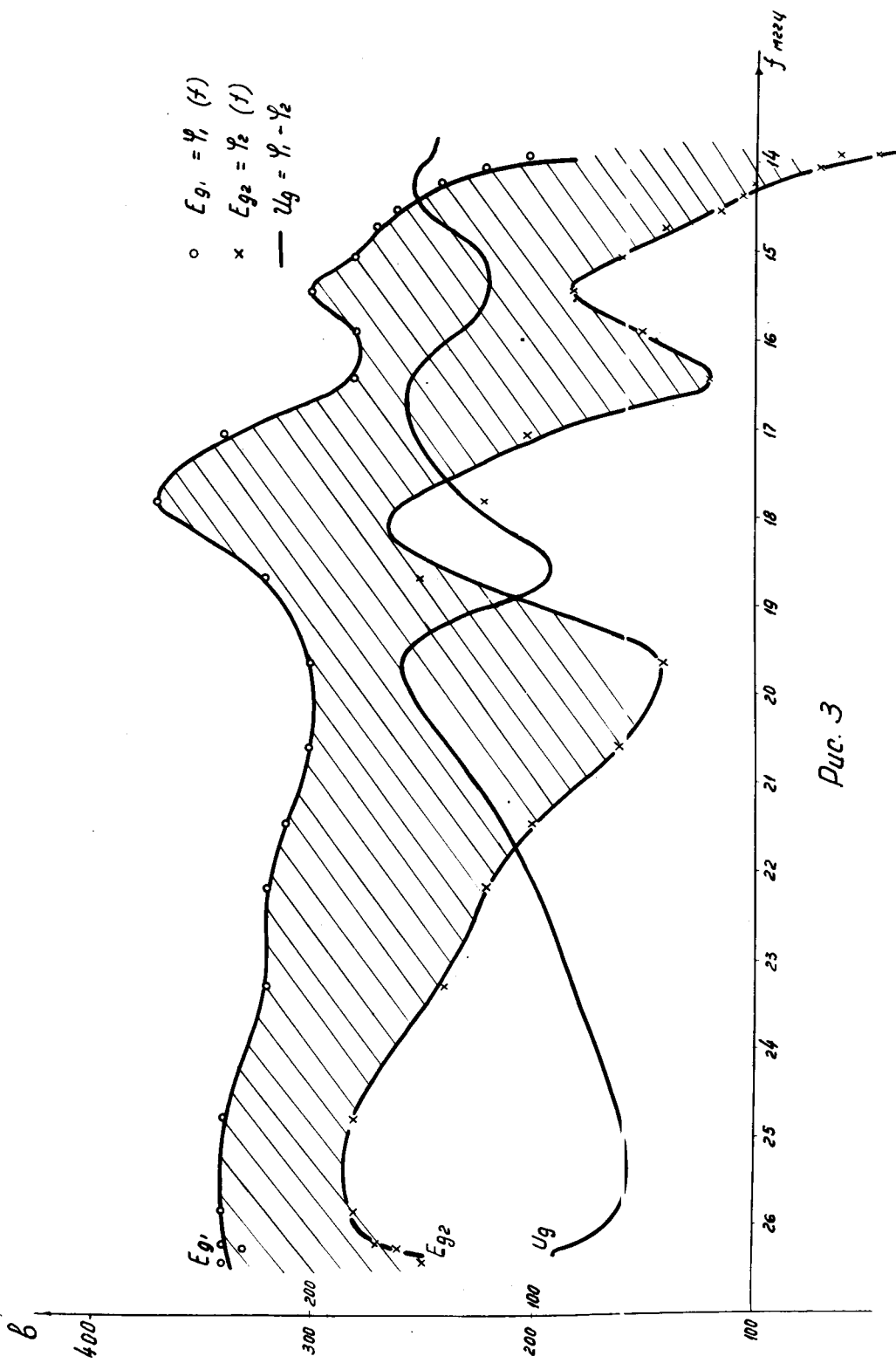
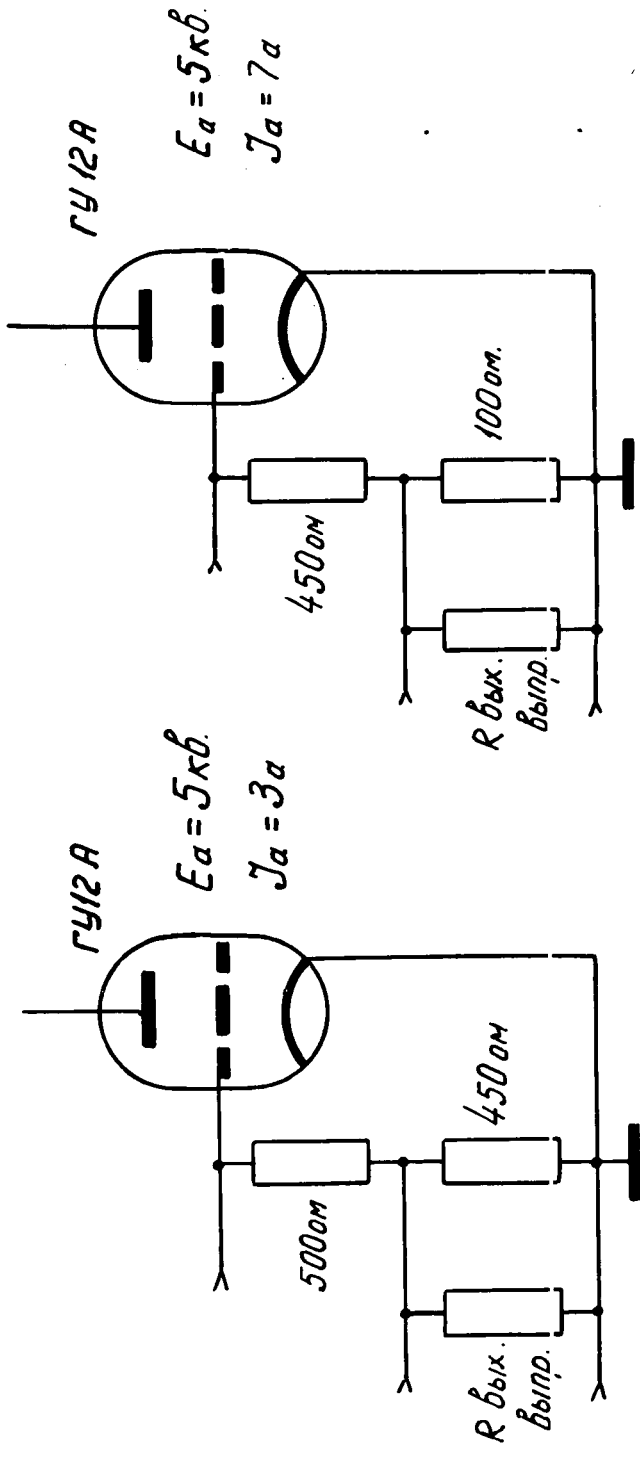


Рис. 3



Примечание: На выпрямителе смещения напряж.  
 питания сети 220 в. В обоих случаях  
 не подавалось.



+1.2 κВ.

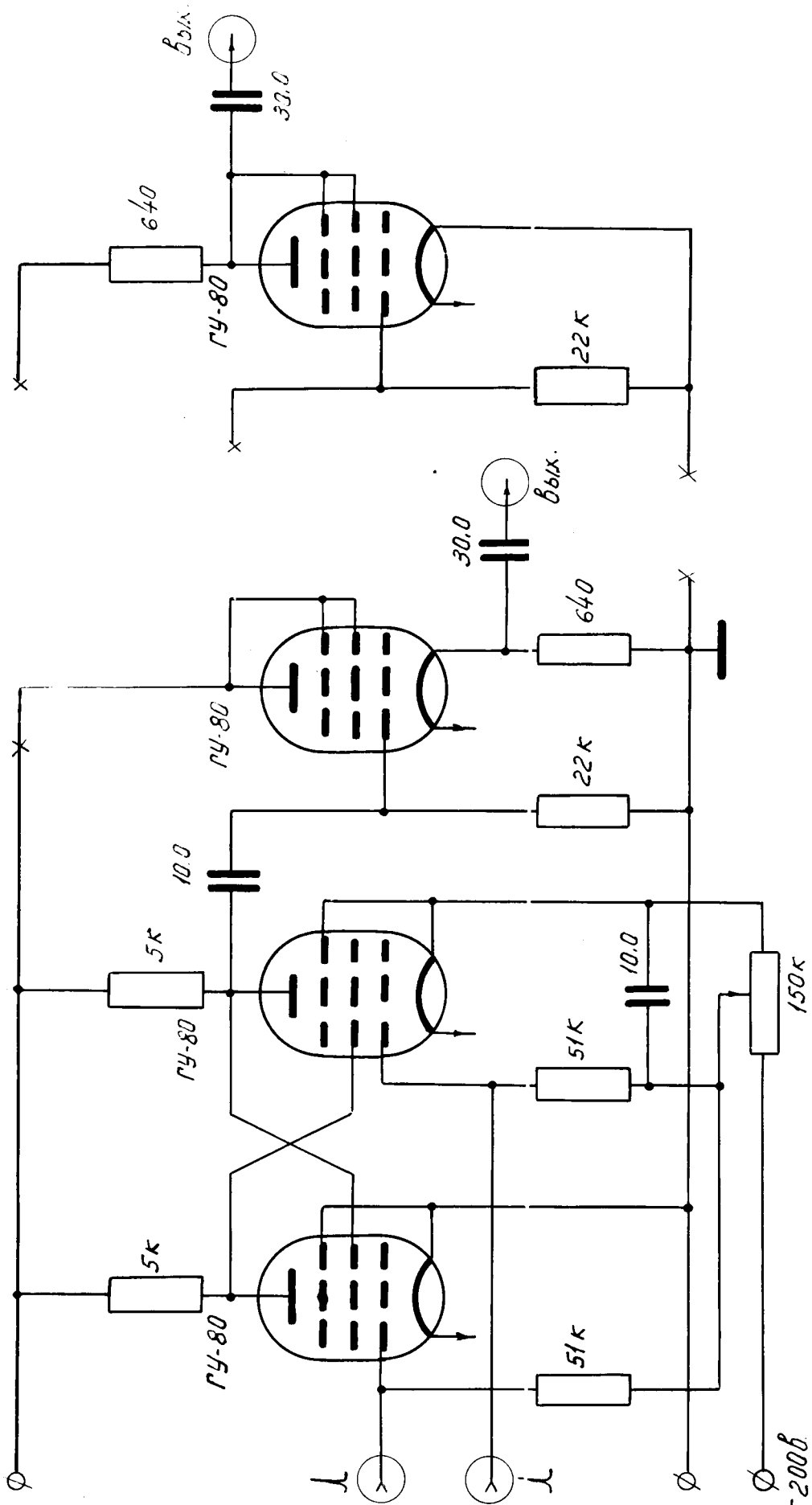


Рис. 5а

Рис. 5б

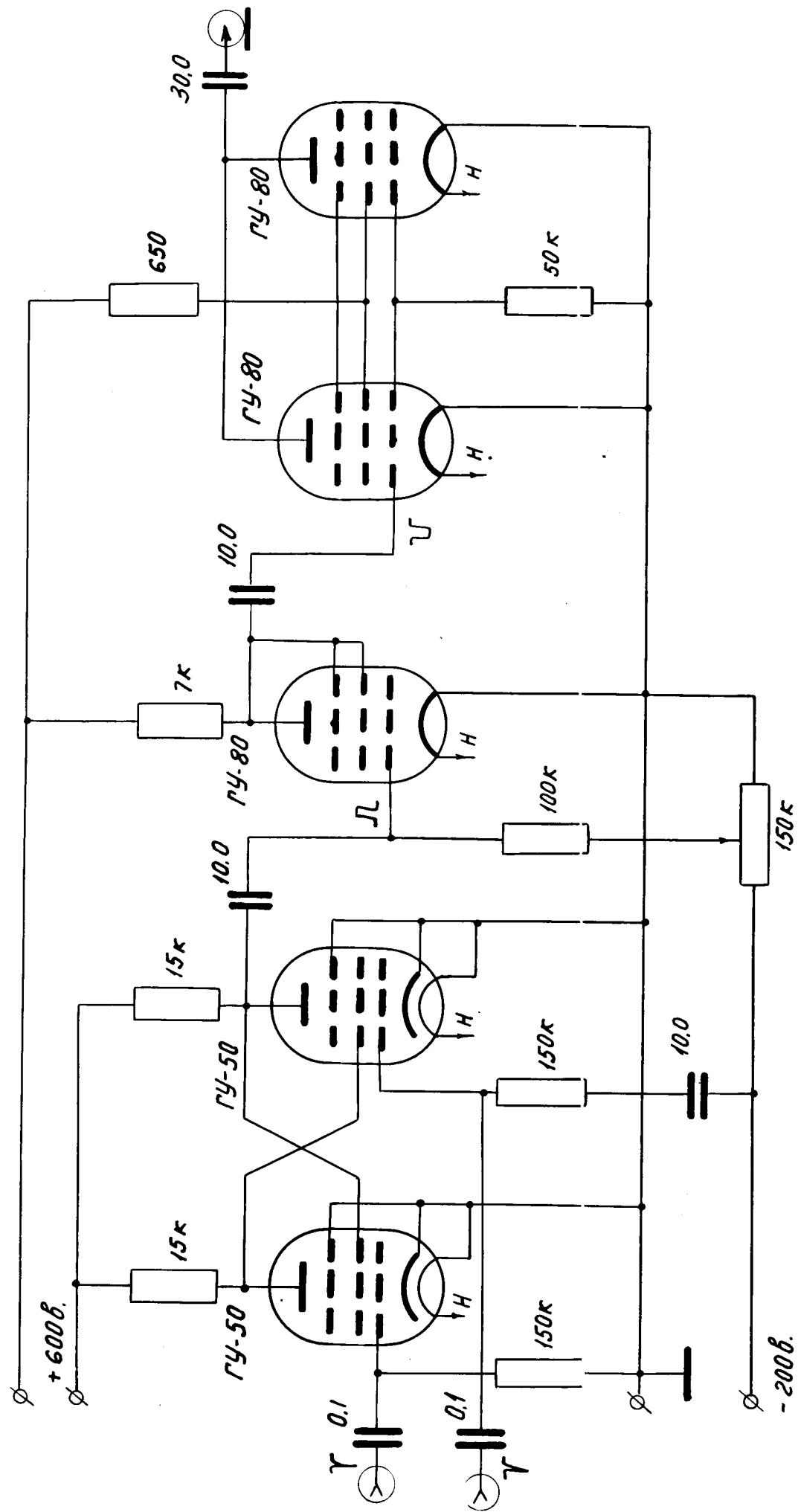
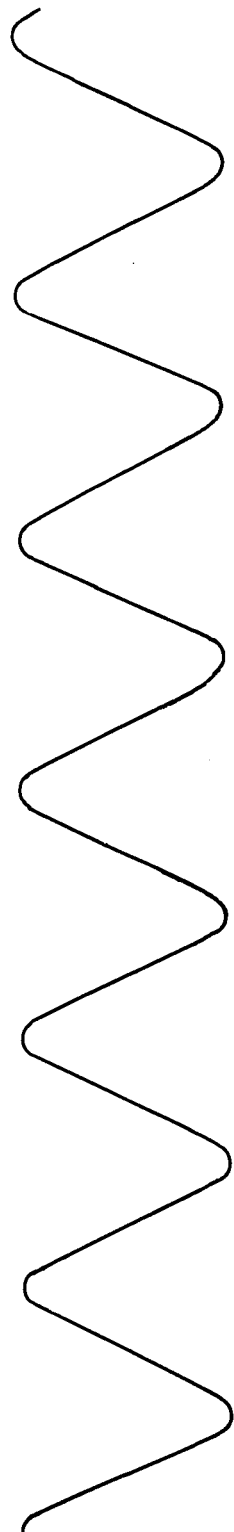


Рис. 6

$F = 680 \text{ об/м}$

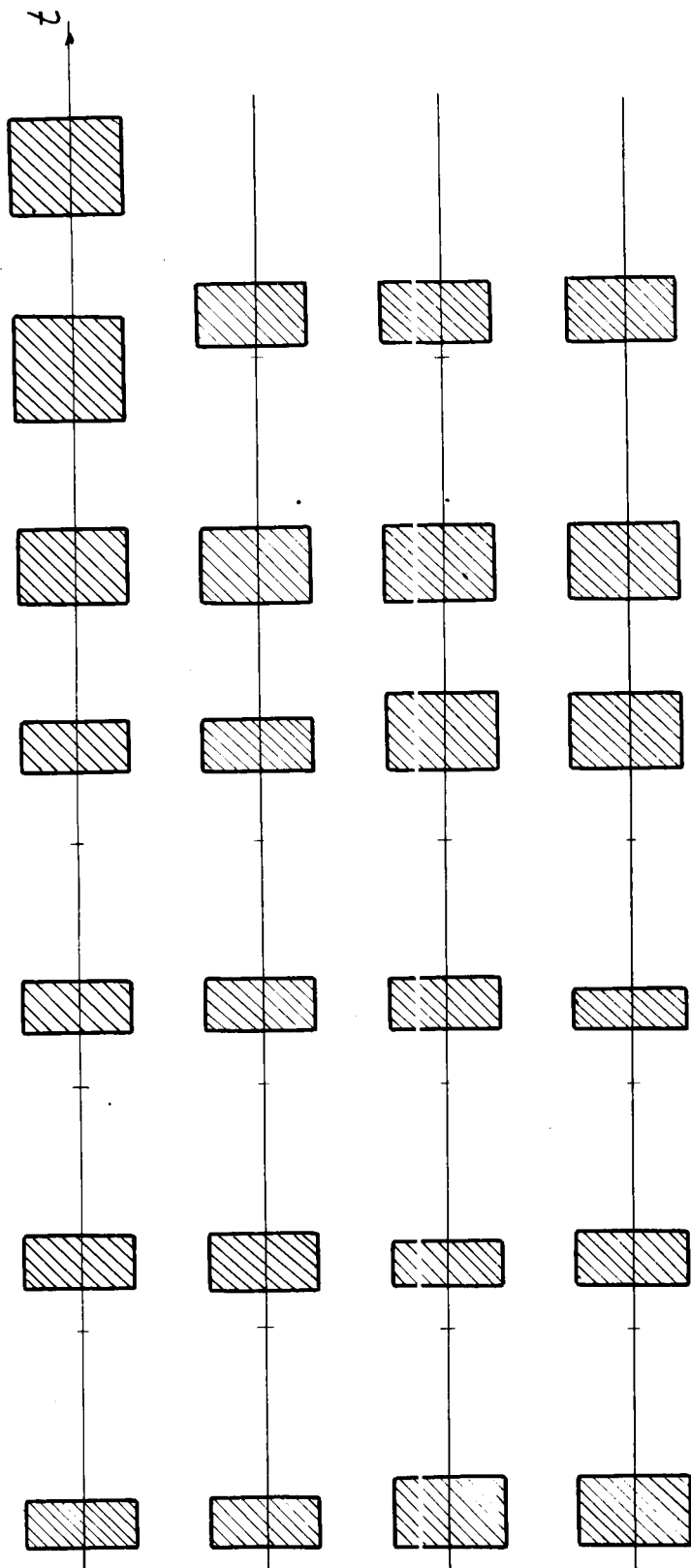


$E_a = 7.4 \text{ кВ.}$   
 $E_M = 1.2 \text{ кВ.}$   
 $J_M = 1.5a$

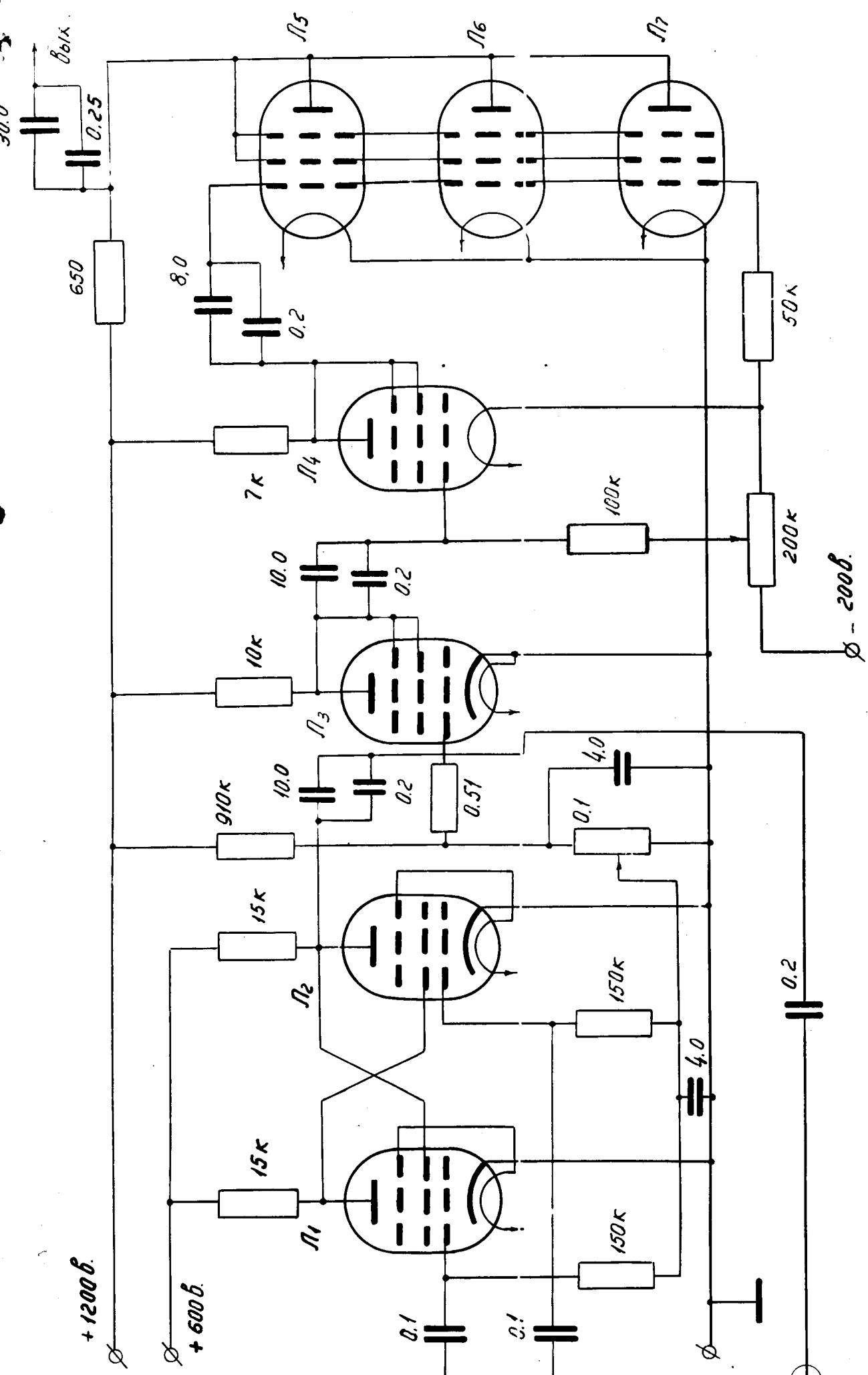
$E_a = 6.2 \text{ кВ.}$

$E_0 = 7.4 \text{ кВ.}$   
 $E_M = 1.6 \text{ кВ.}$   
 $J_M = 1.9a$

$E_a = 6.2 \text{ кВ.}$



Дис. 7



П1; П2; П3 - ГY-50  
 П4; П5; П6; П7 - ГY-80

φ - 200δ.