

Ц 76
Б - 902

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



11/x-76

13 - 9823

3988/2-76

Е.И.Бугринов, С.И.Воробьев, В.П.Матвеева,
Б.Ф.Стуканов

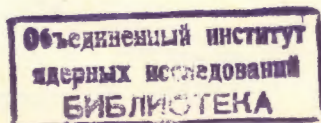
КАСКАДНЫЙ ГЕНЕРАТОР
НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРАХ

1976

13 - 9823

Е.И.Бугринов, С.И.Воробьев, В.П.Матвеева,
Б.Ф.Стуканов

КАСКАДНЫЙ ГЕНЕРАТОР
НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРАХ



Бугринов Е.И., Воробьев С.И., Матвеева В.П.,
Стуканов Б.Ф.

13 - 9823

Каскадный генератор на полупроводниковых приборах

Рассмотрены два типа конструкции симметричной схемы каскадного генератора на полупроводниках и схема его источника питания с синусоидальной формой сигнала напряжения на выходе, также выполненная полностью на полупроводниковых приборах.

Выходное напряжение каскадных генераторов $\pm 300 \pm 350$ кВ, ток нагрузки - 200 ± 500 мкА, пульсация напряжения - $0,01 \pm 0,05\%$.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований

Дубна 1976

ВВЕДЕНИЕ

Каскадный генератор /КГ/ на ± 300 кВ был разработан и изготовлен для создания электрического поля в электростатическом сепараторе.

По условиям работы сепараторов желательно иметь источники, обладающие малой выходной емкостью, ограниченной мощностью, чтобы свести к минимуму повреждения поверхностного слоя электродов при пробоях между ними. Кроме того, важно, чтобы поле было достаточной однородности и высокой стабильности во времени, быстро восстанавливалось после пробоев.

С точки зрения удобства в эксплуатации желательно иметь источник небольших габаритов, легко транспортируемый в любую точку экспериментального зала.

Перечисленные требования являются достаточно общими для целого ряда физических и промышленных установок.

В настоящей работе предлагается использовать широко известную схему /симметричную/ КГ, применив в качестве вентиля селеновые выпрямители типа 5ГЕ200Ф, 5ГЕ600АФ, 9ГЕ560У-С, ВТ18-О,2 и других. Нужный тип вентиля выбирается в зависимости от рабочего напряжения, выпрямленного тока и габаритов.

Малую величину пульсаций источника напряжения в ранее известных схемах ¹⁻³ получали за счет частотно-фазовой коррекции в самих каскадах умножителей напряжения.

В настоящей работе вся частотно-фазовая коррекция выполнена не в каскадах умножителя, а в питающем трансформаторе, что является совершенно новым методом коррекции в КГ.

Предложенный способ частотно-фазовой коррекции КГ позволил в значительной степени упростить конструкцию КГ, снизить себестоимость и существенно упростить наладку.

Для увеличения электрической прочности, снижения габаритов источника, наличия заземленного кожуха умножителя, безопасного при эксплуатации, источник помещен в сосуд с сжатым газом /азот, сухой воздух/ при давлении 14-16 *ати*.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ КГ

Разработано и изготовлено два варианта конструктивных решений КГ на полупроводниках - галетный и классический /безгалетный/.

На *рис. 1,2* показан КГ, выполненный из двухсекционных дисковых галет диаметром 380 мм, изготовленных из оргстекла, с числом ступеней 13.

В качестве емкостей использовались конденсаторы типа К15-4 / $U = 30$ кВ, $C = 2200$ пФ/. Вентили 5ГЕ200Ф, предварительно подобранные по характеристикам и отформованные под нагрузкой, в каждом плече соединены последовательно по 5 штук и размещены на общей плате. Подбор вентиля производился с учетом сохранения симметрии в обоих плечах КГ.

На *рис. 3* представлена классическая конструкция КГ на полупроводниках. В этой схеме были использованы вентили типа ВТ18-О,2, соединенные последовательно по 2 штуки, подобранные по характеристикам и подвергшиеся формовке под нагрузкой.

Преимуществом галетной конструкции является возможность быстрого монтажа из любого количества галет, что позволяет весьма просто собирать КГ на различные величины выходного напряжения и обеспечивает большую механическую прочность и устойчивость всей конструкции.

Недостаток галетной конструкции в том, что монтаж селеновых вентилях на твердотельных дисках создает заметную величину паразитных емкостей между кас-

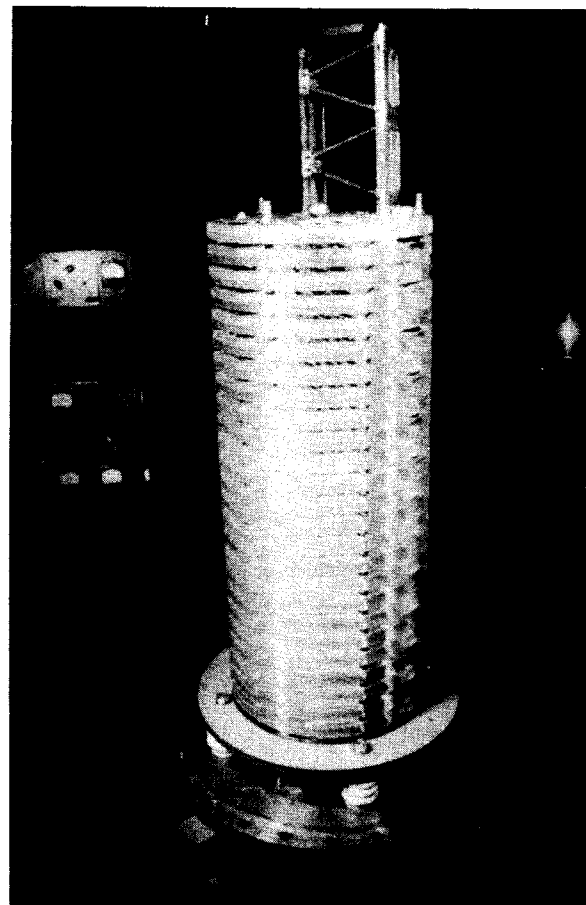


Рис. 1. Симметричная схема КГ галетной конструкции на полупроводниках.

кадами генератора, при этом снижается диапазон рабочих частот источника возбуждения, что отражается на величине пульсаций высокого напряжения /величины пульсаций приведены в технических данных обоих КГ/.

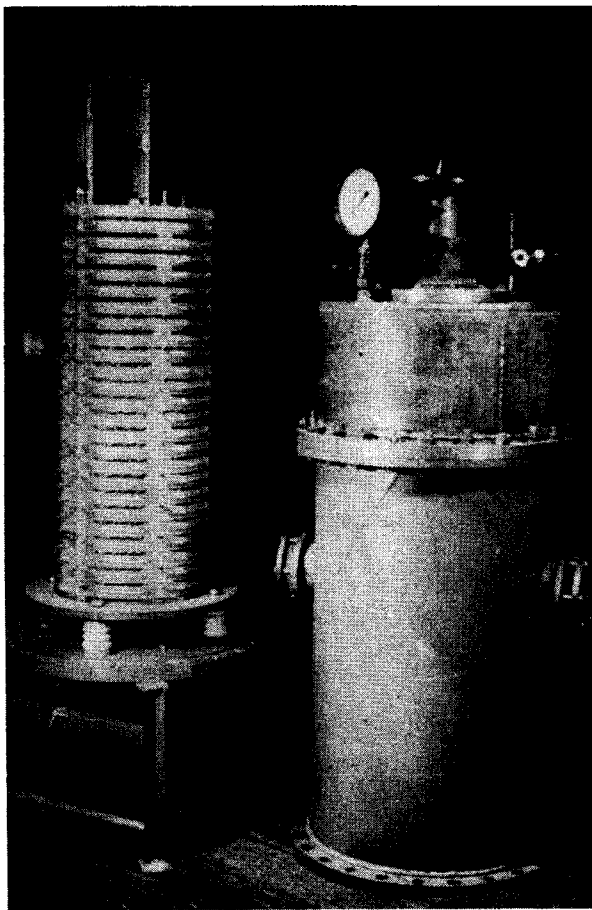


Рис. 2. То же, что и на рис. 1.

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ КГ

Разработан и изготовлен источник питания КГ с синусоидальной формой сигнала на выходе, полностью работающий на полупроводниках.

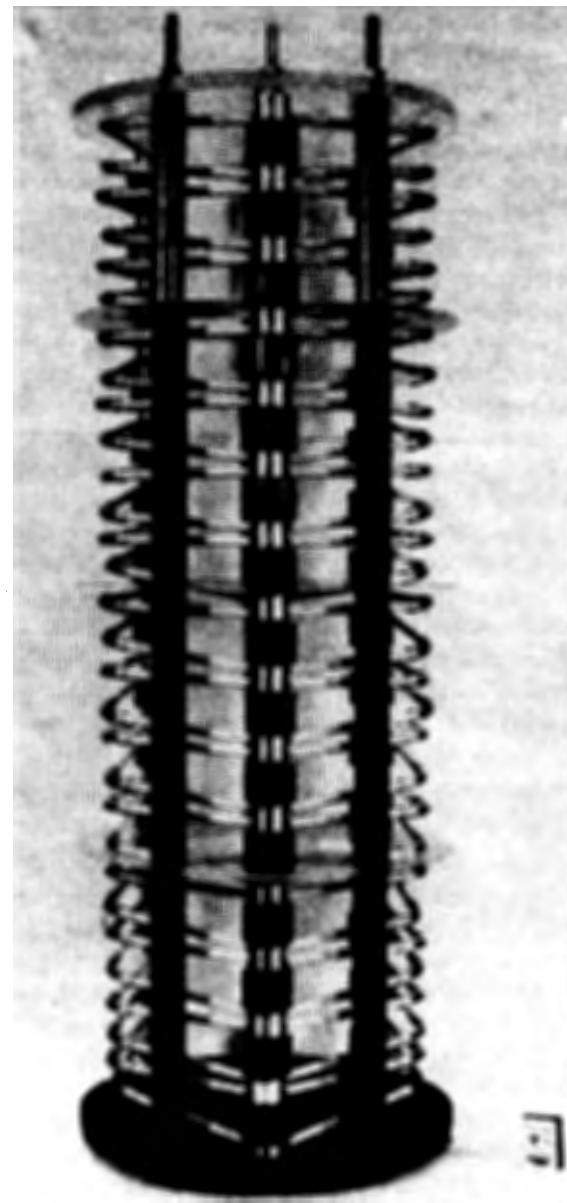


Рис. 3. Симметричная схема КГ классической /безгалетной/ конструкции на полупроводниках.

Разработанный источник питания обеспечивает защиту от коротких замыканий нагрузки и пробоев, а также содержит блоки стабилизации выходного высокого напряжения КГ. Блок-схема его приведена на рис. 4, а принципиальные схемы отдельных узлов - на рис. 5-8. Предлагаемая блок-схема отличается от известных схем применением линейного сумматора, позволяющего повысить стабильность выходного напряжения и расширить диапазон его регулировки

Элементы управления образуют две петли отрицательной обратной связи второго порядка и петлю отрицательной обратной связи первого порядка блока стабилизации, состоящую из двух дифференциальных усилителей и управляющего каскада на составных транзисторах, подключенного к буферному управляемому каскаду задающего генератора. На входы первого дифференциального усилителя поступают управляющие напряжения от делителей напряжений "+" и "-" КГ, а выходы этого усилителя подключены к одному из входов второго дифференциального усилителя и к блоку защиты КГ от пробоев.

С целью защиты КГ и его нагрузок от пробоев при самопроизвольном возрастании высокого напряжения блок защиты снабжен пороговым элементом по максимуму сигнала с регулируемым порогом /5,6/.

Предлагаемая схема питания позволяет существенно повысить КПД КГ.

Высоковольтный трансформатор /рис. 9/, питающий КГ, является одновременно и элементом частотно-фазовой коррекции, о чем упоминалось ранее. Дополнительная корректирующая обмотка, размещенная на одном из стержней ферритового сердечника трансформатора, настраивается в резонанс на частоту выше частоты возбуждения генератора и является для первичной обмотки трансформатора индуктивным сопротивлением, компенсирующим емкостную реакцию контура. Это позволяет повысить частоту возбуждения КГ, получить значительное снижение величины пульсаций напряжения КГ.

На рис. 10,11 показаны внешний вид источника питания КГ и вид со стороны монтажа.

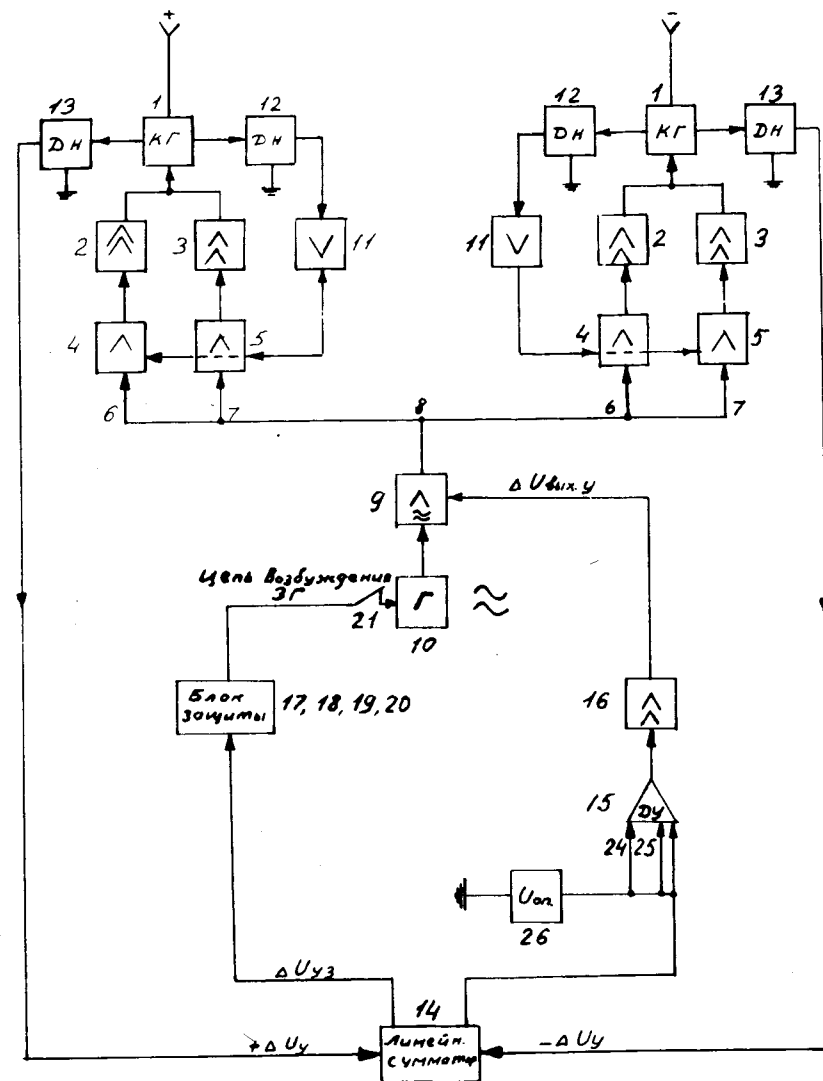


Рис. 4. Блок-схема источника питания КГ.

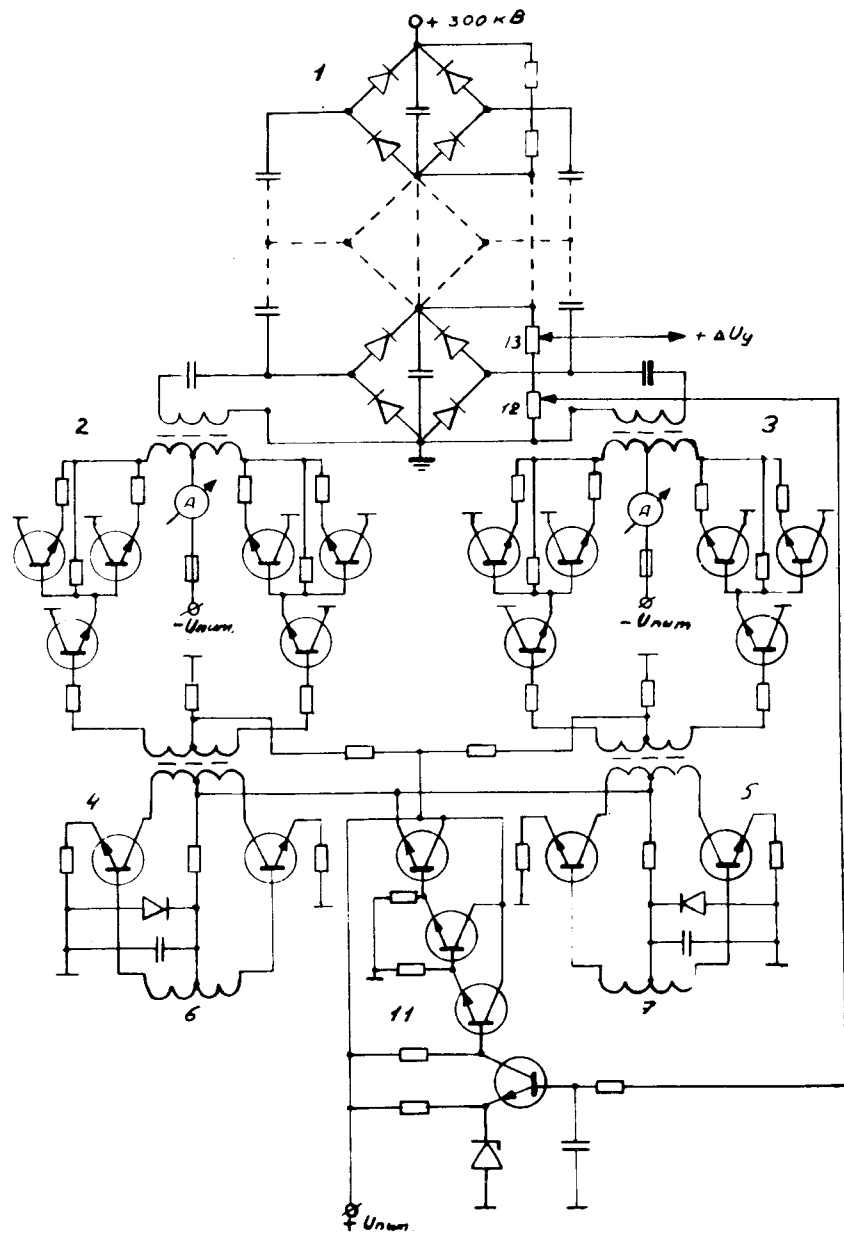


Рис. 5. Схема усилителя мощности и предоконечного управляемого усилителя на $n-p-n$ транзисторах с элементами управления второго порядка блока стабилизации "+ " КГ.

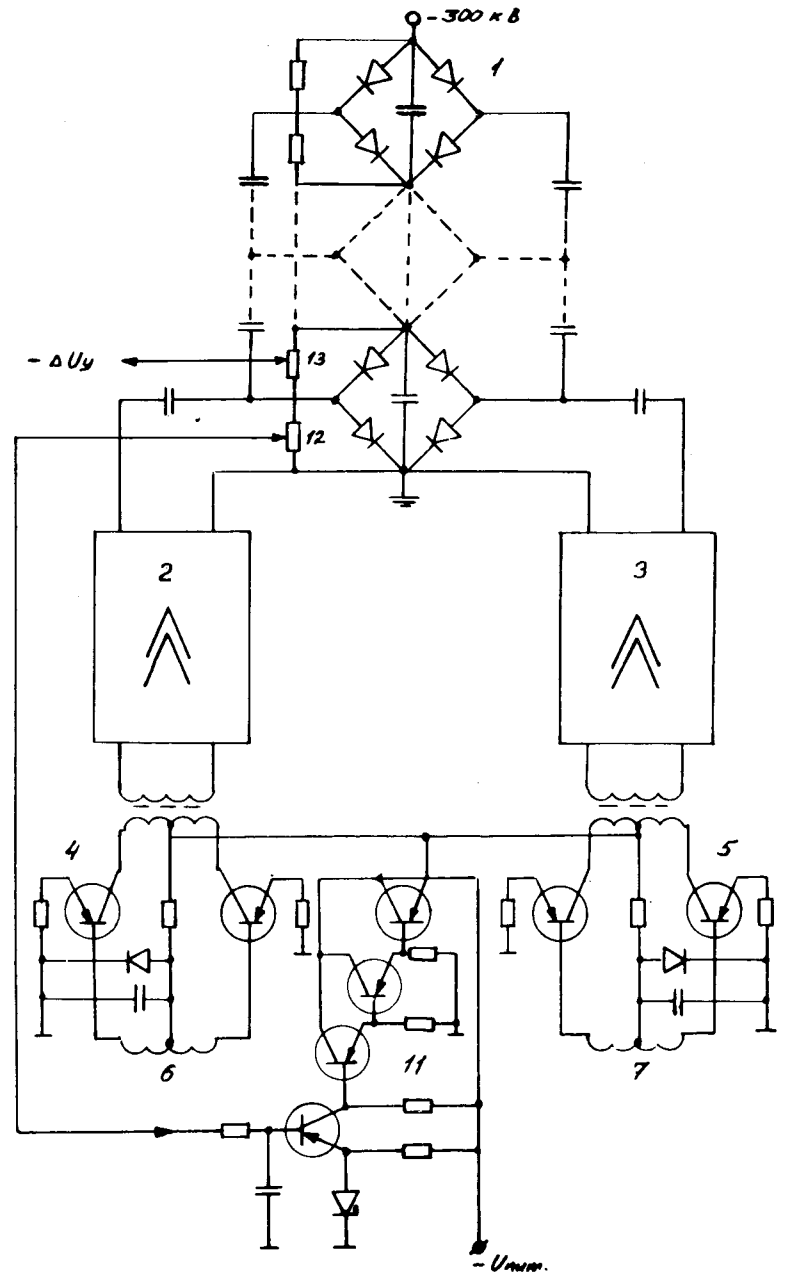


Рис. 6. Схема усилителя мощности и предоконечного управляемого усилителя на $p-n-p$ транзисторах с элементами управления второго порядка блока стабилизации "- " КГ.

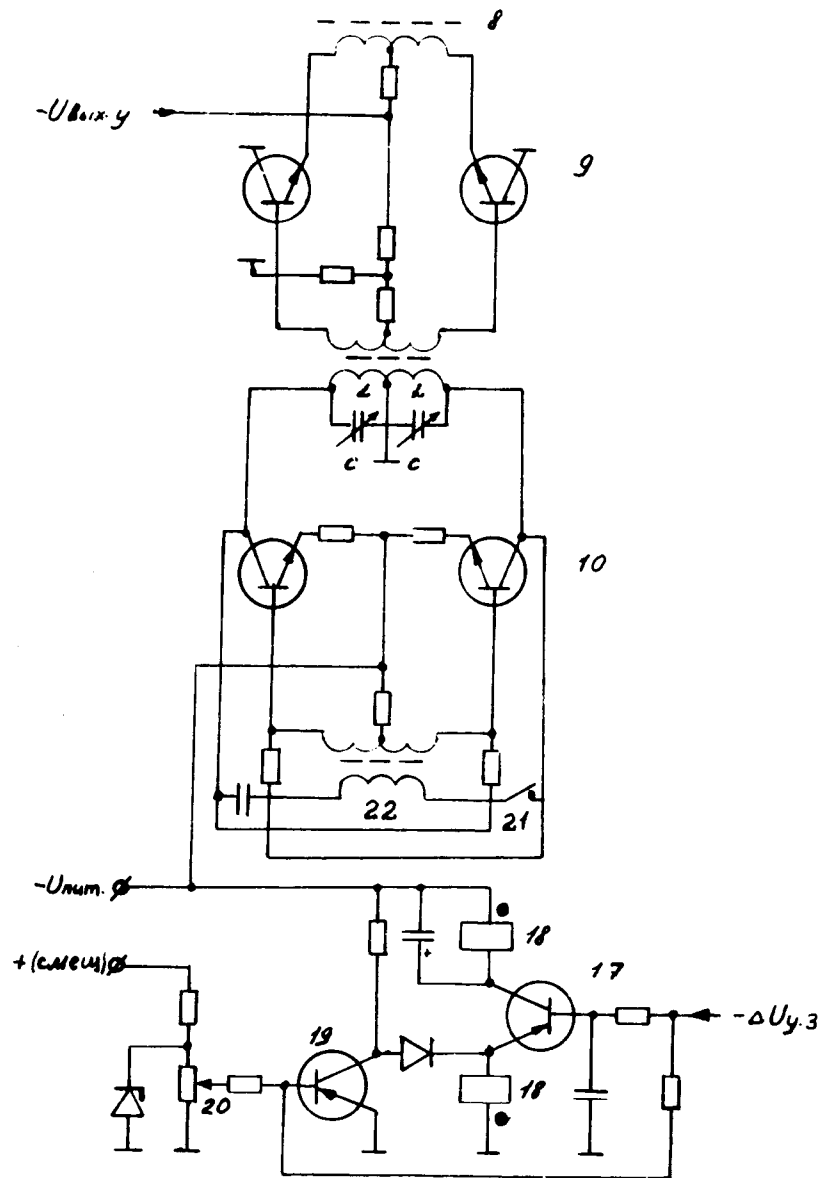


Рис. 7. Схема задающего генератора с буферным управляемым каскадом и блоком защиты КГ от пробоев.

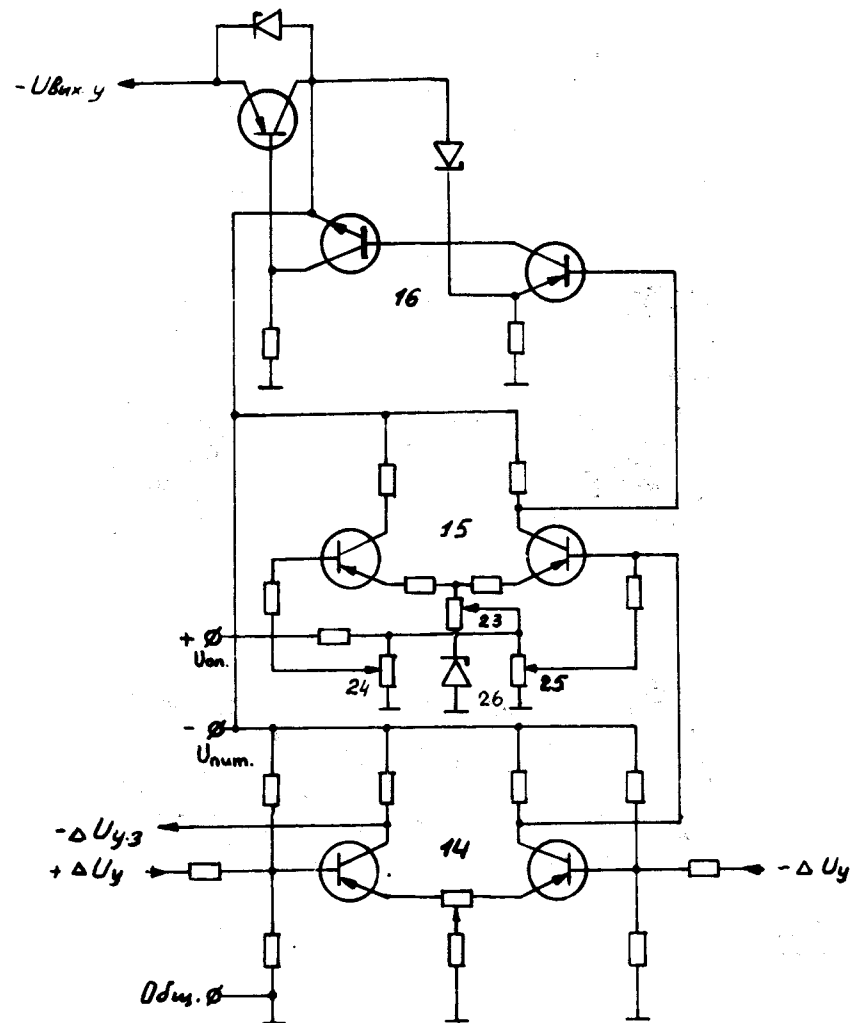


Рис. 8. Схема элементов управления первого порядка блока стабилизации КГ.

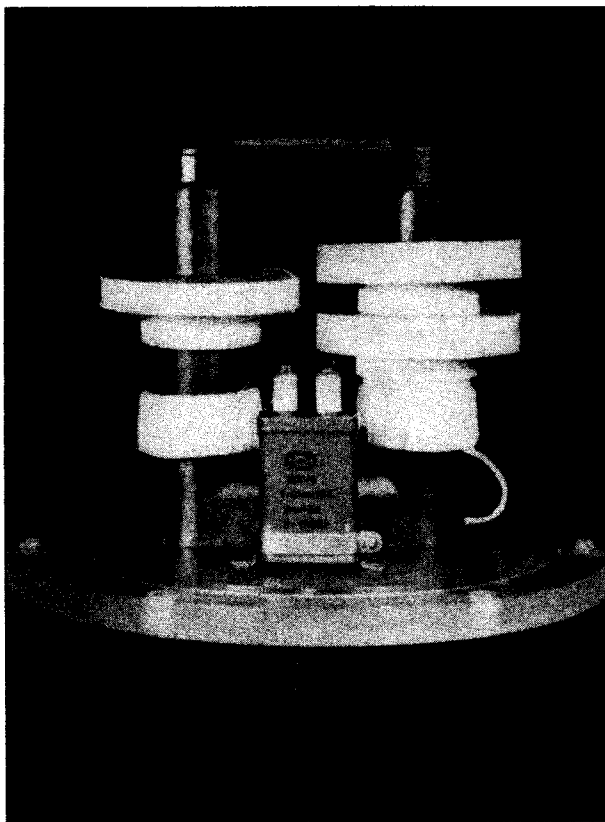


Рис. 9. Конструкция высоковольтного трансформатора, питающего КГ.

Для сравнения приведена фотография /рис. 12/ полупроводникового КГ галетного типа на 300 кВ и источника его питания на то же напряжение, но на высоковольтных кенотронах. Уровень пульсаций КГ на кенотронах - более 5%.

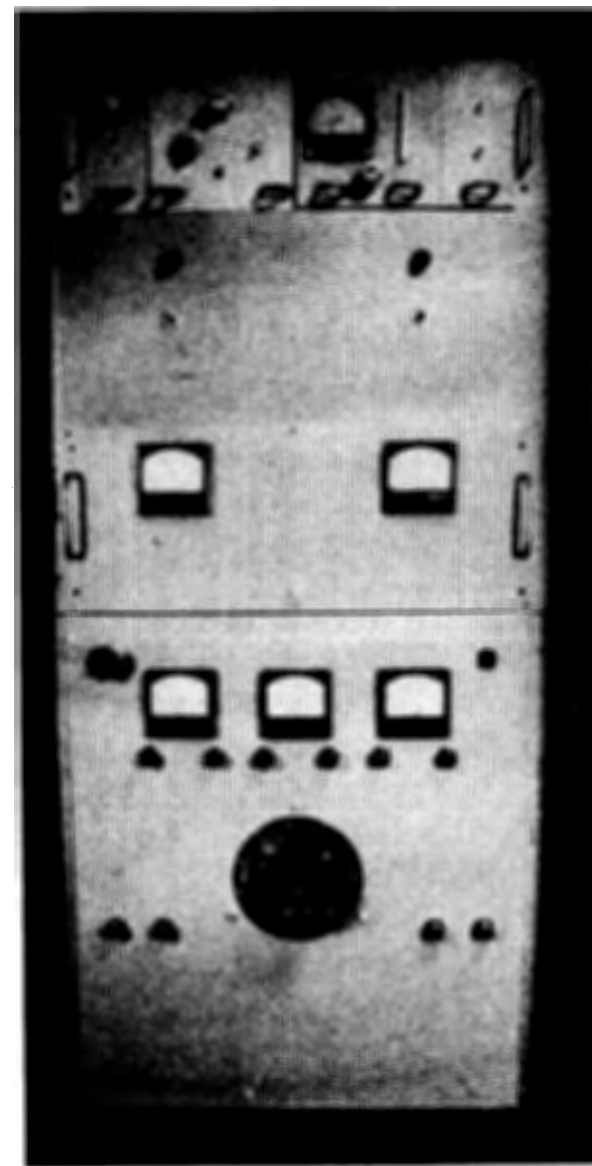


Рис. 10. Источник питания КГ синусоидального типа /внешний вид и вид со стороны монтажа/.

Рис. 11. То же, что и на рис. 10.

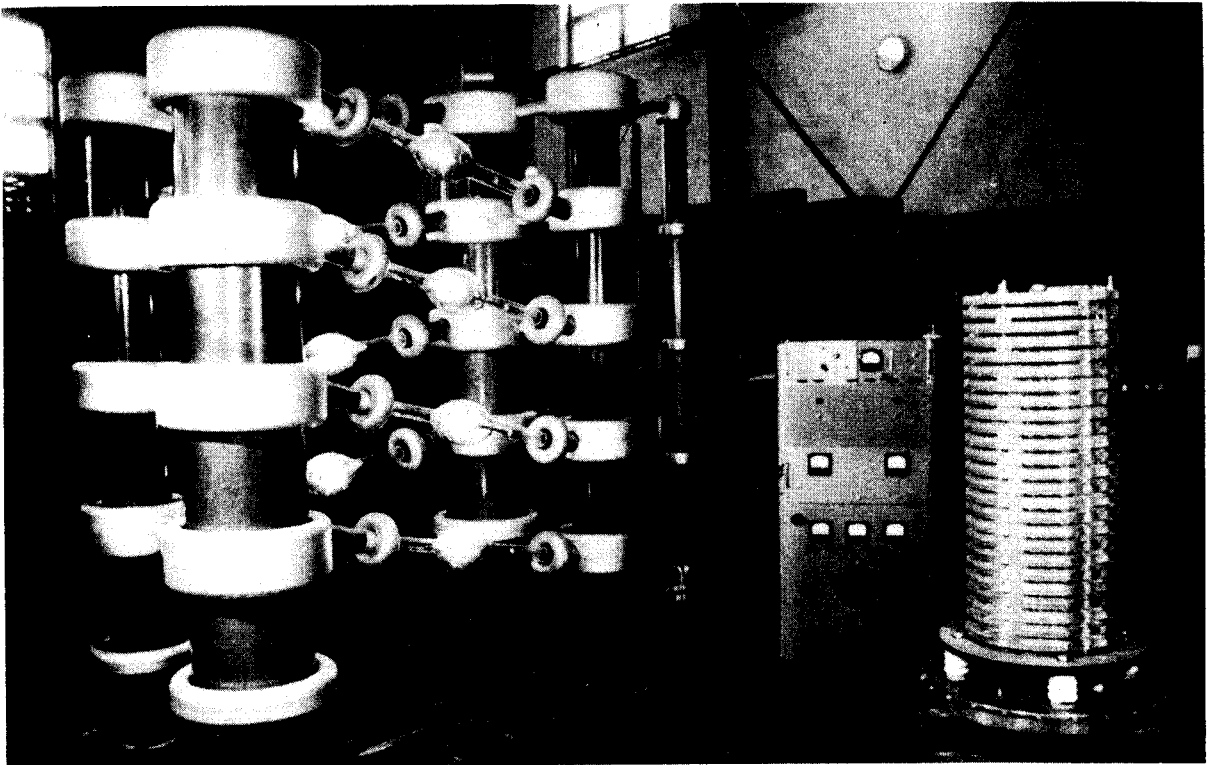
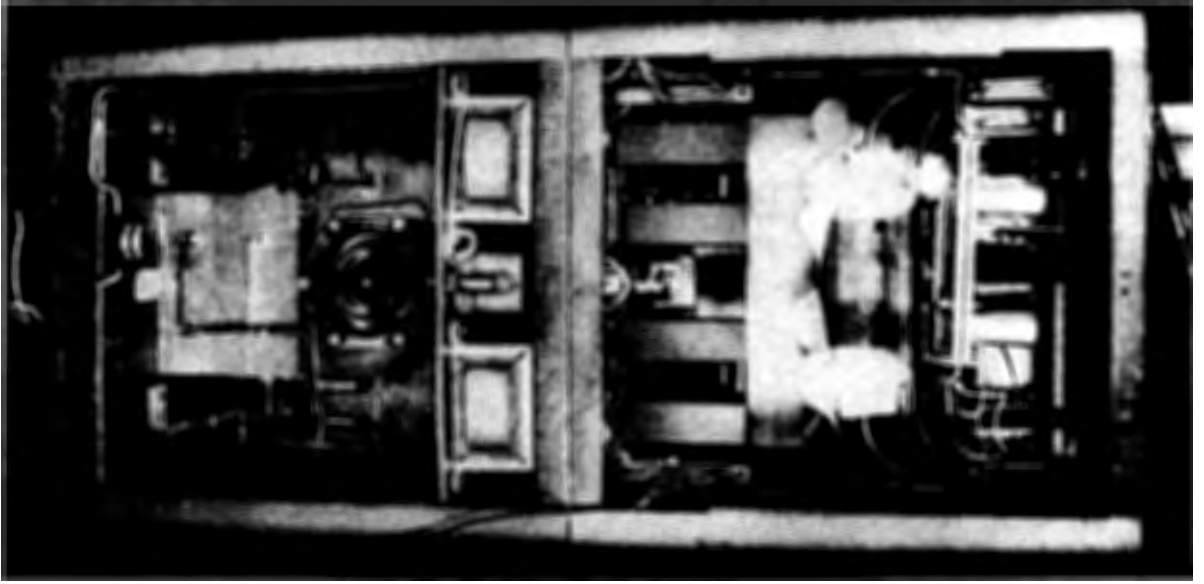


Рис. 12. Полупроводниковый КГ галетного типа рядом с КГ также на 300 кВ на высоковольтных кенотронах.

В заключение авторы благодарят Л.Г.Макарова, С.А.Аверичева, В.С.Сунгатулина за помощь в работе, В.И.Акимова, Л.А.Кильчаковского, Т.Е.Пасенина и В.И.Пискалева за творческое участие в изготовлении, монтаже и наладке каскадных генераторов и их источников питания.

Технические данные КГ

1/ КГ галетной /дисковой/ конструкции

число ступеней	- 13
емкость	- 2200 нФ.
частота питания	- 4600 Гц.
ток нагрузки	- 200 ÷ 500 мкА.
тип вентиля	- 5ГЕ200Ф
выходное напряжение на воздухе	- ±230 ÷ 250 кВ.
выходное напряжение при 14 атм	- ±300 кВ.
стабильность /длительная/ пульсация	- 0,1 ÷ 0,15% - 0,03 ÷ 0,05%

2/ КГ классической /безгалетной/ конструкции

число ступеней	- 14
емкость	- 2200 нФ.
частота питания	- 6200 Гц.
ток нагрузки	- 200 ÷ 500 мкА
тип вентиля	- 5ГЕ600АФ, ВТ18-0,2
выходное напряжение на воздухе	- ±270 ÷ 300 кВ.
выходное напряжение при 14 атм	- ±350 кВ.
стабильность /длительная/ пульсация	- 0,1 ÷ 0,15% - 0,01 ÷ 0,015%

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.А.Васильев, Е.М.Балабанов. АЭ, т. 10, вып. 4, 1961.
2. Baldinger, Heilpern. *Kompensation-Drosselspulen hoher Gute fur Kaskadengeneratoren Helvetica physica acta*, v. XXX, 1957.
3. Б.С.Новиковский. АЭ, т. 4, вып. 2, 1958.
4. А.А.Воробьев. *Высоковольтное испытательное оборудование и измерения. Госэнергоиздат, 1960.*
5. С.И.Воробьев. Авторское свидетельство №304641. Бюллетень изобретений №17, 1971.
6. С.И.Воробьев. Авторское свидетельство №375705. Бюллетень изобретений №16, 1973.
7. С.И.Воробьев, В.П.Матвеева. Авторское свидетельство №491939. Бюллетень изобретений №42, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 мая 1976 года.