

СТАБИЛИЗАТОР ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

И. А. ГАБРУСЕНКО

Электростатический метод отклонения заряженных частиц широко применяется в ускорительной технике и различных физических установках. Данный стабилизатор высокого напряжения, предназначенный для исследования электронного пучка с энергией 250 кВ, позволяет устанавливать отклоняющее напряжение E_i в пределах 9–16 кВ и поддерживает его с точностью $5 \cdot 10^{-5}$.

Средний ток, потребляемый отклоняющими пластинами, не превышает 100 мкА. При малом токе нагрузки целесообразно использовать схему с параллельным включением регулирующей лампы, что существенно упрощает конструкцию стабилизатора. В качестве регули-

рующей лампы используется импульсный тетрод ГМИ-83, характеристики которого в области малых токов приведены на рис. 1. Как свидетельствует анализ характеристик, ГМИ-83 имеет вполне удовлетворительные параметры в данном режиме: крутизна характеристики $S = 0,4 \text{ ма/в}$, проницаемость $D = 0,005$.

Следует отметить, что лампа используется в режиме, для которого она не предназначена. Наличие большого пространственного

заряда при отрицательном напряжении 1-й сетки, близком к запиранию, приводит к тому, что незначительная погрешность геометрии лампы вызывает неравномерное распределение тока по площади анода и, как следствие, местные перегревы анода.

Указанное обстоятельство вынуждает снизить мощность, рассеиваемую анодом, в 2–3 раза против допустимой.

Принципиальная схема стабилизатора изображена на рис. 2. На вход дифференциального трехкаскадного усилителя постоянного тока с коэффициентом усиления $K = 10000$ подаются напряжение с делителя и опорное напряжение. Последнее регулируется в пределах $+35 \div +60 \text{ в}$, что позволяет устанавливать заданную величину отклоняющего напряжения. Дрейф „нуля“ усилителя не превышает 1 мВ, стабильность питающих напряжений ($\pm 250 \text{ в}$) не хуже 0,5 %.

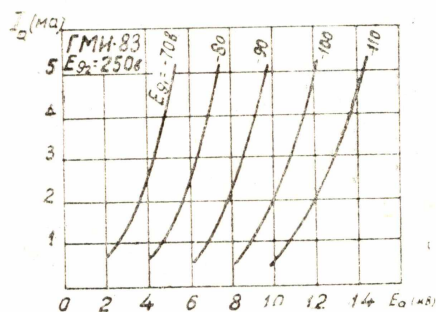


Рис. 1.

Часть рассеянного электронного потока попадает на отклоняющие пластины. Импульс тока отклоняющих пластин достигает 100 мa при длительности 5 мксек. Уменьшение отклоняющего напряжения под действием импульса тока не должно превышать $2 \cdot 10^{-5} E_i$, для чего выход стабилизатора блокируется емкостью $C_{бл} = 2$ мкф.

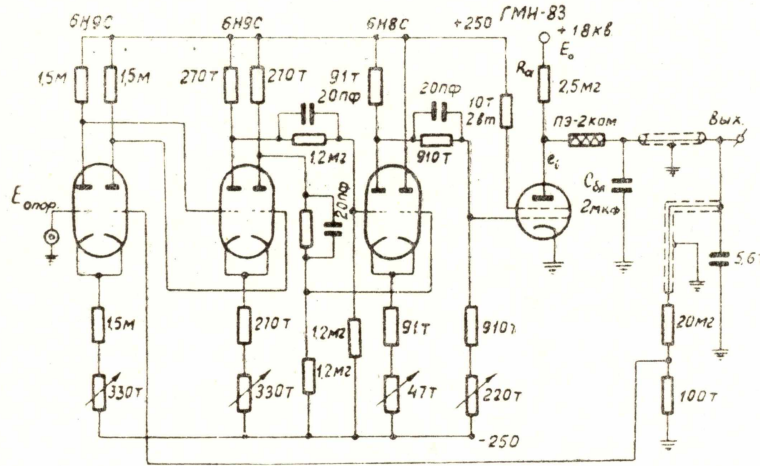


Рис. 2.

Для расчета переходных процессов, происходящих после прекращения тока отклоняющих пластин, может быть записано следующее очевидное равенство:

$$i_c + i_a = \frac{E_o - e_i}{R_a}, \quad (1)$$

где i_a — ток анода регулирующей лампы,
 i_c — переходный ток емкости $C_{бл}$,
 e_i — мгновенное значение отклоняющего напряжения.
 Подставляя в (1) выражения для токов

$$i_c = C_{бл} \cdot \dot{e}_i \quad i_a = e_i \cdot n \cdot K \cdot S,$$

получим уравнение переходных процессов

$$\dot{e}_i + e_i \frac{S \cdot n \cdot K}{C_{бл}} - \frac{E_o - e_i}{C_{бл} \cdot R_a} = 0; \quad (2)$$

здесь n — коэффициент передачи делителя высокого напряжения.

Пользуясь линейной аппроксимацией характеристик регулирующей лампы, переходные процессы можно представить в виде двух последовательных процессов. В течение первого — лампа закрыта, напряжение нарастает со скоростью $\frac{E_o - E_i}{C_{бл} \cdot R_a}$. Регулирующая лампа откры-

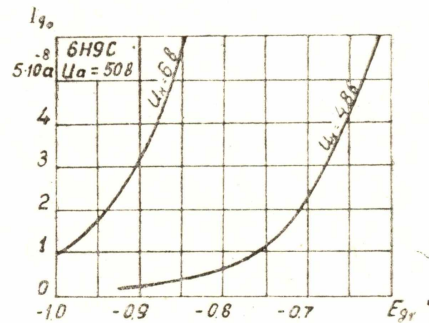


Рис. 3.

вается, когда $E_i - e_i < \frac{E_o - E_i}{n \cdot K \cdot S \cdot R_a}$, восстановление напряжения происходит с постоянной времени $\tau = \frac{C_{бл}}{S \cdot n \cdot K}$. Длительность переходных процессов в данном случае не превышает $3 \cdot 10^{-3}$ сек.

Одним из источников нестабильности отклоняющего напряжения являются сеточные токи 1-го каскада усилителя. Если допустить погрешность, вносимую сеточными токами, равную 10^{-5} , то при выходном сопротивлении делителя высокого напряжения 100 ком токи не должны превышать 10^{-8} а. На рис. 3 приведены характеристики сеточных токов лампы 6Н9С, которые позволяют выбрать режим 1-го каскада. В данной схеме смещение 1-го каскада усилителя доведено до $-0,85$ в при напряжении накала 5 в, что позволило снизить сеточные токи до $5 \cdot 10^{-9}$ а и соответственно нестабильность, вносимую ими, до $0,5 \cdot 10^{-5}$. Нестабильность отклоняемого напряжения за 8 часов работы, как показали измерения, не превышает $5 \cdot 10^{-5}$.