

## 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

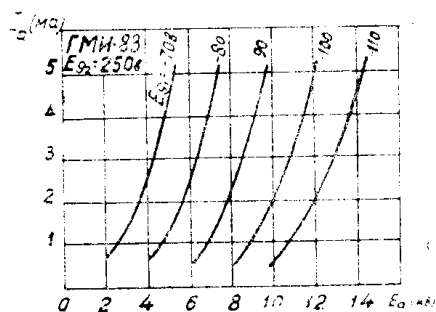


Рис. 1.

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  $\pm 35$ – $\pm 60 \text{ В}$ , что позволяет устанавливать заданную величину отклоняющего напряжения. Дрейф „нуля“ усилителя не превышает 1 мВ, стабильность питающих напряжений ( $\pm 250 \text{ В}$ – $\pm 250 \text{ В}$ ) не хуже 0,5 %.

Часть рассеянного электронного потока попадает на отклоняющие пластины. Импульс тока отклоняющих пластин достигает 100 мА 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  $C_{б.л.} = 2$  мкф.

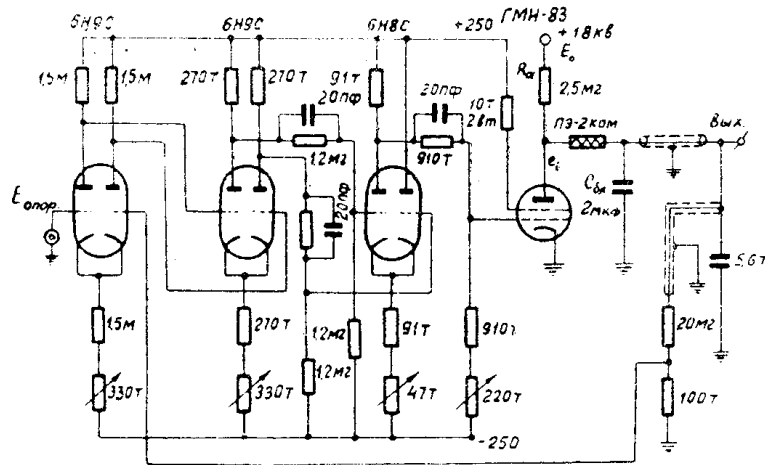


Рис. 2.

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  $C_{б.л.}$ ,

$e_i$  — мгновенное значение отклоняющего напряжения.

Подставляя в (1) выражения для токов

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

получим уравнение переходных процессов

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

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  $\frac{E_o - E_i}{C_{б.л.} \cdot R_a}$ . Регулирующая лампа откры-

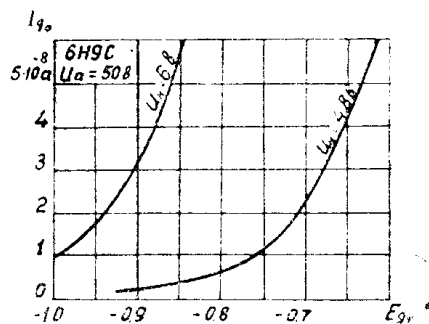


Рис. 3.

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  $\tau = \frac{C_{б.г}}{S \cdot n \cdot K}$ . Длительность переходных процессов в данном случае не превышает  $3 \cdot 10^{-3}$  сек.

Одним из источников неустойчивости 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 неустойчивость, вносимую ими, до  $0,5 \cdot 10^{-5}$ . Неустойчивость отклоняемого напряжения за 8 часов работы, как показали измерения, не превышает  $5 \cdot 10^{-5}$ .