

УДК 621.316.721.1

СТАБИЛИЗАТОР ТОКА СУБМИЛЛИМЕТРОВОГО ГАЗОВОГО ЛАЗЕРА

Г. Д. БОГОМОЛОВ, В. И. ВОРОНИН, В. В. ЗАВЬЯЛОВ, И. Н. ПАРФЕНОВ

Описан высоковольтный стабилизатор с регулировкой выходного тока в пределах от 0 до 1,3 *a*. Относительная стабильность поддержания заданного тока 0,05%.

В субмиллиметровых лазерах инверсная среда обычно создается в газовом разряде при давлении рабочей смеси от десятых долей до нескольких *тор* [1, 2]. Разряд при этом имеет отрицательное динамическое сопротивление, поэтому последовательно с ним необходимо включать нагрузку, демпфирующую возможные релаксационные колебания

и стабилизирующую ток. Поскольку рабочий ток субмиллиметровых лазеров ~ 1 *a*, то в качестве нагрузки проще всего использовать реостат из ламп накаливания. Однако динамическое сопротивление такого реостата трудно сделать больше нескольких *ком* и, кроме того, тепловая инерция ламп накаливания велика, поэтому так удается стабилизировать

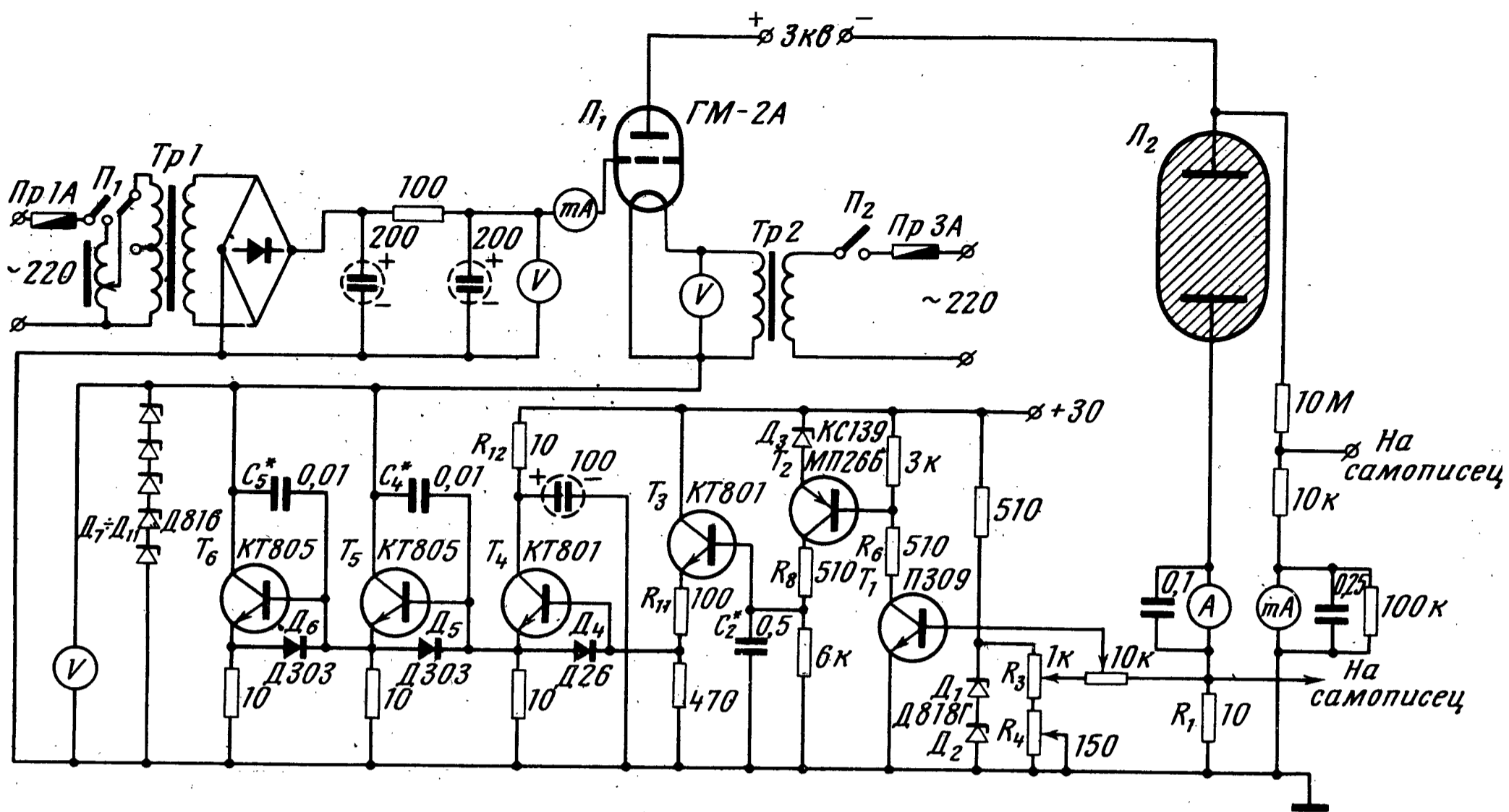


Рис. 1. Принципиальная схема стабилизатора

только достаточно медленные изменения тока.

Для эффективной стабилизации тока разряда предлагается схема с отрицательной обратной связью по току, изображенная на рис. 1. В этой схеме последовательно соединены: регулирующий мощный триод ГМ-2А, источник напряжения 3 кВ с током до 1,4 а и разрядная трубка лазера, заземленная через шунт R_1 . Шунт — входной элемент цепи обратной связи, которая работает следующим образом. Напряжение с шунта, пропорциональное току разряда, сравнивается с опорным напряжением и разность между ними поступает на вход усилителя постоянного тока $T_1 \div T_6$ с коэффициентом усиления $\sim 10^3$. Основное опорное напряжение задается стабилитронами D_1 и D_2 , но напряжение, поступающее на схему сравнения, можно изменять потенциометрами R_3 (грубо) и R_4 (тонко) и регулировать, таким образом, стабилизированный ток. Напряжение с выхода усилителя прикладывается к катоду регулирующей лампы. В режиме стабилизации сопротивление лампы изменяется в зависимости от этого напряжения и в цепи разряда поддерживается постоянный ток.

На сетку лампы подается постоянное напряжение и лампа, таким образом, работает по схеме с заземленной сеткой. С учетом сеточного тока выходное динамическое

сопротивление $R_{\text{вых}}$ стабилизатора равно

$$R_{\text{вых}} \approx \frac{KR_i(1 + R_K/R_D) + \mu R_K}{1 + R_K/R_D},$$

где K — коэффициент усиления разомкнутого контура обратной связи; R_i — внутреннее сопротивление лампы; R_K — динамическое сопротивление коллекторной цепи выходного каскада; R_D — дифференциальное сопротивление участка сетка — катод; μ — коэффициент усиления лампы. Рассчитанное по этой формуле сопротивление составляет $\approx 2 \text{ Мом}$.

Диапазон регулировки тока стабилизатора зависит в основном от рабочего диапазона транзисторного усилителя по выходному напряжению и от диапазона токов регулирующей лампы.

Напряжение на коллекторе выходного каскада транзисторного усилителя в режиме стабилизации лежит в пределах от 10 до 140 в. Ток лампы определяется как напряжением между сеткой и катодом, так и анодным напряжением. Мы работали при анодном напряжении от 1 до 1,5 кВ и для регулировки тока стабилизатора в диапазоне до 1,3 а достаточно было переключать напряжение сетки ступенями по 50 в (0; 50 и 100 в), переключая обмотки силового трансформатора $Tr1$. Чтобы схема могла работать и при других анодных напряжениях, на входе сеточного выпрямителя поставлен

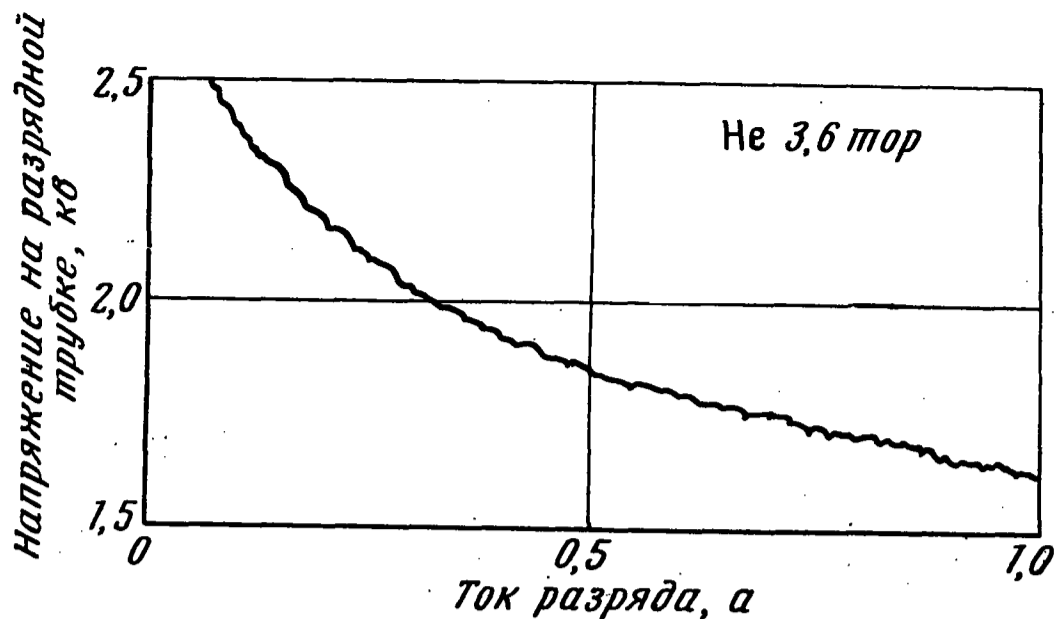


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика разряда в Не. Длина разрядной трубки — 1700, ϕ 65 мм, катод — нержавеющая сталь, анод — Мо

автотрансформатор, при помощи которого напряжение сетки плавно изменяется в широких пределах.

При конструировании и наладке стабилизатора были учтены особенности схемы: 1) Анод лампы ГМ-2А, находящийся под высоким напряжением, охлаждается водой. Для уменьшения тока утечки вода к лампе подводится по длинным резиновым шлангам с внутренним диаметром 5 мм и длиной по 8 м каждый. 2) На $T_3 \div T_6$ может выделяться значительная мощность, поэтому они поставлены на радиаторы и вся транзисторная часть схемы обдувается вентилятором. 3) В схему вставлены элементы для защиты от перегрузок. Сопротивления R_6, R_8, R_{11}, R_{12} ограничивают токи транзисторов в насыщенном состоянии. Стабилитроны $D_7 \div D_{13}$ защищают переходы эмиттер — коллектор выходных транзисторов от перенапряжений. Диоды $D_4 \div D_6$ защищают базовые переходы транзисторов от случайных изменений полярности напряжения. 4) Из-за значительного коэффициента усиления схе-

ма склонна к самовозбуждению, для устранения которого служат емкости C_2, C_4 и C_5 , подбираемые при наладке.

Заметим, что величина антипаразитных емкостей сильно зависит от качества монтажа. Внимание следует обратить также на монтаж проводов к лампе, чтобы исключить возбуждение на высоких частотах. В некоторых случаях полезно в цепи электродов лампы включить антипаразитные емкости и индуктивности небольшой величины.

Внутреннее сопротивление стабилизатора определялось как отношение изменения напряжения на нагрузке к изменению тока при изменении нагрузки. Ручки регулировки тока оставались при этом в фиксированном положении. Переменной нагрузкой служил разряд в Не при различных давлениях. Внутреннее сопротивление оказалось равным ~ 1 Мом. Относительная нестабильность тока, измеренная прибором В2-13, была $\sim 0,05\%$ за время ~ 2 ч.

Стабилизатор достаточно надежен и удобен в работе. Как иллюстрация его работы на рис. 2 приведена снятая на двухкоординатном самописце вольт-амперная характеристика разряда в Не.

Авторы благодарны П. Л. Капице за поддержку работы, а Г. К. Отсечкину за помощь при монтаже.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Ф. Дюбко, В. А. Свич, Б. И. Полевой, Р. А. Валитов. ПТЭ, 1970, № 1, 187.
2. J. S. Wells, K. M. Evenson, L. M. Matarrese, D. A. Jennikys, G. L. Wichman, NBS, Technical Note 395, January, 1971.

Институт физических проблем АН СССР, Москва.
Получено 10.1.1973