

Министерство высшего и среднего специального образования
Р С Ф С Р

Ордена Трудового Красного Знамени
Научно-исследовательский радиофизический институт

Препринт № 65

УСТРОЙСТВО
ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ ЗАРЯДА
НАКОПИТЕЛЬНОЙ ЕМКОСТИ

В.В.Подмосков,
Н.П.Аваньев



Горький - 1974 г.

А н н о т а ц и я

Описан простой способ поддержания одинакового уровня заряда накопительных емкостей, работающих в режиме одиночных разрядов, с точностью не хуже $\pm 0,1\%$ от разряда к разряду при изменениях напряжения питающей сети в пределах $\pm 10\%$ от $U_{ном}$, основанный на работе регулирующей лампы электронного стабилизатора напряжения в режиме анодного ограничения.

A simple method of keeping up the same charge level of the energy accumulation capacitors is described, operating in the single-discharge regime. An accuracy is not worse than $\pm 0,1\%$ from discharge to discharge with a line voltage variation within $\pm 10\%$ from U_{nom} . The method is based on the work of the control lamp of an electron voltage stabilizer in the regime of anode limitation.

При работе емкостных накопителей энергии в разовом режиме, разряд последних производится через различные промежутки времени, колеблющиеся от 0,5 до 5 мин. и более. Часто при проведении эксперимента требуется обеспечить с необходимой точностью повторяемость уровня напряжения на накопителе от разряда к разряду. Схемные решения, описанные в \mathcal{L}_2 , \mathcal{L}_3 , позволяющие получить стабильность уровня напряжения на накопителе порядка 1% при постоянном интервале между разрядами, не могут быть использованы в данном случае, так как утечка заряда накопительных емкостей C_H через делитель схемы сравнения, киловольтметр, сопротивление утечки монтажа и конденсаторов приводит к недопустимо большому разбросу напряжения на них от разряда к разряду.

Для получения уровня заряда со стабильностью выше 1% можно использовать схему заряда емкостного накопителя от стабилизированного источника напряжения через ограничивающее ток заряда активное сопротивление R_3 (рис. 1а).

Схема работает следующим образом:

В начальный момент ключ k разомкнут и емкость C_H будет заряжать от источника E_0 по закону

$$U_C = E_0 (1 - e^{-t/\tau}) , \quad (1)$$

где $\tau = R_3 \cdot C_H$ — постоянная времени заряда; через определенное время ключ K замыкается и происходит быстрый разряд емкости через R_H . Среднюю мощность, отдаваемую в нагрузку, можно определить как

$$P_0 = \frac{C_H \cdot U_C^2}{2T} , \quad (2)$$

где T - минимальный период повторения импульсов.

Максимальная мощность, которую должен обеспечить источник в начале заряда

$$P_{\max} = \frac{E_0^2}{R_{\text{зар}}} \quad (3)$$

Коэффициент использования источника по мощности определяется

$$K_p = \frac{P_0}{P_{\max}}$$

или, подставляя значения для P_0 и P_{\max} из формул (2) и (3), получим

$$K_p = \frac{U_c^2 C_H R_{\lambda}}{E_0^2 2T} \quad (4)$$

Приняв во внимание, что в конце процесса заряда $t = T$. Из выражения (1) находим $U_c/E_0 = 1 - e^{-T/\tau}$ или $(E_0 - U_c)/E_0 = e^{-T/\tau}$, где $(E_0 - U_c)/E_0$ - есть относительная разность напряжений на накопительной емкости и источнике к концу процесса заряда, обозначим ее через δ . Таким образом получим

$$\delta = e^{-T/\tau}, \quad \text{а} \quad \ln \delta = -\frac{T}{\tau}$$

подставив эти значения в формулу (4), получим

$$K_p = -\frac{(1-\delta)^2}{2 \ln \delta} \quad (5)$$

Исследование этой функции показывает, что она имеет максимум при $\delta = 0,285$. Наибольший коэффициент использования источника по мощности составляет примерно 20%.

График этой зависимости показан на рис. 2.

При работе с постоянной частотой повторения, выбрав оптимальное значение δ , можно получить максимальный

коэффициент использования источника по мощности. Эффективное значение зарядного тока определяется по формуле:

$$J_{\text{эфф}} = \frac{E_0}{\sqrt{2} R} \sqrt{(1-\delta)^2 / (-1) \ln \delta} \quad (8)$$

среднее значение тока

$$J_{\text{ср}} = E_0 (1-\delta) / R \cdot (-1) \cdot \ln \delta \quad (7)$$

При оптимальном значении δ

$$J_{\text{эфф}} = 0,45 E_0 / R = 0,45 J_{\text{макс}} \quad (8)$$

$$J_{\text{ср}} = 0,41 E_0 / R = 0,41 J_{\text{макс}} \quad (9)$$

Однако в режиме одиночных разрядов относительная разность изменения напряжения δ будет иметь смысл относительной нестабильности напряжения от разряда к разряду и работать в этой точке не представляется возможным.

При уменьшении величины δ , K_p также уменьшается. Так, при практически применяемой относительной нестабильности $\delta = 0,1\%$, K_p составляет менее 7%. По этой причине простая схема заряда емкостного накопителя от стабилизированного источника напряжения через ограничивающее ток заряда сопротивление не находит практического применения из-за низкого K_p .

Небольшая модернизация схемы обычного стабилизатора напряжения позволяет сохранить оптимальным коэффициент использования источника по мощности с одновременным исключением влияния на него величины относительной ошибки напряжения на накопителе. Модернизация заключается в том, что сопротивление, ограничивающее ток заряда емкости, включается между выпрямителем и регулирующей лампой стабилизатора (рис. 16).

Кроме того, УПТ стабилизатора выполняется так, что на сетку регулирующей лампы до момента достижения на емкостях необходимого напряжения подается положительный потенциал, в результате чего регулирующая лампа в процессе заряда емкости будет работать в режиме анодного ограничения, то есть анодный ток будет в основном определяться только величиной ограничивающего сопротивления R (2 рис. 16). Это позволяет при минимальных потерях на аноде регулирующей лампы пропустить весь ток заряда емкостей.

С момента достижения на C_H (3) необходимого напряжения УПТ (7) автоматически переводит регулируемую лампу (8) из режима анодного ограничения в режим усиления и стабилизатор поддерживает необходимое напряжение на выходе путем сравнения его с эталонным (8) и последующей необходимой обработкой потенциала управляющей сетки регулирующей лампы. Напряжение на аноде регулирующей лампы может достигать при этом значительной величины, однако анодный ток в этом режиме равен небольшому по величине току через делитель схемы сравнения (9), поэтому и в этом режиме мощность рассеяния на аноде регулирующей лампы невелика.

Влияние зарядного сопротивления в этом режиме на работу стабилизатора незначительно, так как его величина много меньше величины внутреннего сопротивления регулирующей лампы в режиме усиления, и при расчете стабилизатора в этом режиме им можно пренебречь.

Элементы схемы выбраны таким образом, чтобы в конце процесса заряда относительная разность напряжения между источником и емкостью составляла 28%, чем достигается максимальное значение для $K_p \approx 20\%$, причем максимальное анодное напряжение на регулирующей лампе будет равняться $U_{a\max} = E_0 - U_c = \delta E_0$. В энергетическом отношении эта схема эквивалентна схеме (рис. 1а) при оптимальном соотношении δ и максимальном значении K_p , поэтому эффективное и среднее значения токов определяются по формулам 8 и 9.

Точность поддержания выходного напряжения в данной схеме определяется только параметрами стабилизатора, следовательно, методы повышения коэффициента стабилизации для обычного стабилизатора пригодны для повышения точности поддержания и повторения напряжения на емкостных накопителях энергии с одновременным сохранением оптимального коэффициента использования источника по мощности и для этой схемы, а это, в свою очередь, расширяет пределы применения данной схемы на цепи, где требуется более высокая стабильность напряжения накопителя, чем описанная в данной статье.

На рис. 3 приведена принципиальная схема зарядного устройства, расчет которого был выполнен на основании вышеприведенных формул.

Высоковольтный выпрямитель собран на п.п.диодах Д1010 — 12 шт по мостовой схеме. Зарядное сопротивление выполнено из 4 шт. последовательно включенных сопротивлений типа ПЭВ-100. Регулирующая лампа представляет собой две параллельно включенные лампы ГУ-50. Так как лампа ГУ-50 при потенциале 1-ой сетки, равно нулю, обеспечивает ток катода, близкий к предельному для нее, то наибольшим потенциалом, подаваемым на управляющую сетку в данной схеме, выбран нулевой, что, в свою очередь, несколько облегчило конструктивное изготовление установки. УПТ выполнен на одной лампе 6Н2П. В качестве источника эталонного напряжения и напряжения питания экранной сетки регулирующей лампы применен электронный стабилизатор компенсационного типа с управлением со стороны выхода, собранный на 3-х лампах 6П14П, 6Ж5П и СГ-1П.

Вся установка собрана в корпусе размером 620х320х360. Питание — от сети переменного тока 220 в 50 гц.

Установка заряжает накопительную емкость 150 мкф до 5 кв за 1 мин. Приведенные замеры напряжения на конденсаторах цифровым вольтметром ЭЦВ-3 при изменениях напряжения сети в пределах +10% от номинального

значения показали, что максимальные отклонения уровня заряда конденсатора не превышают 0,1%.

В настоящее время устройство используется для заряда накопительных конденсаторов импульсного ОКГ.

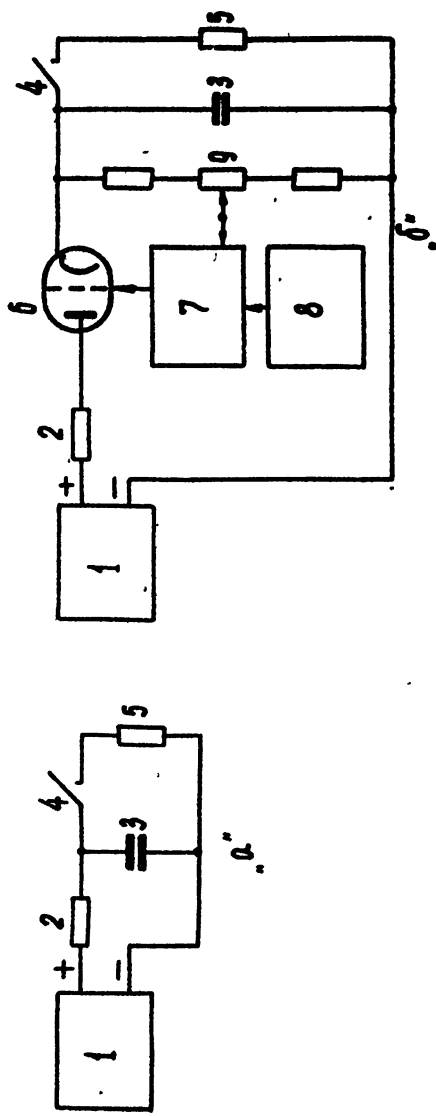


Рис. 1 Блок-схема зарядного устройства

1. Источник высокого напряжения ; 2. Зарядное сопротивление
 3. Накопительная емкость ; 4. Ключ ; 5. Нагрузка ; 6. Регулирующая
 лампа ; 7. Усилитель постоянного тока ; 8. Источник эталонного
 напряжения ; 9. Делитель выходного напряжения .

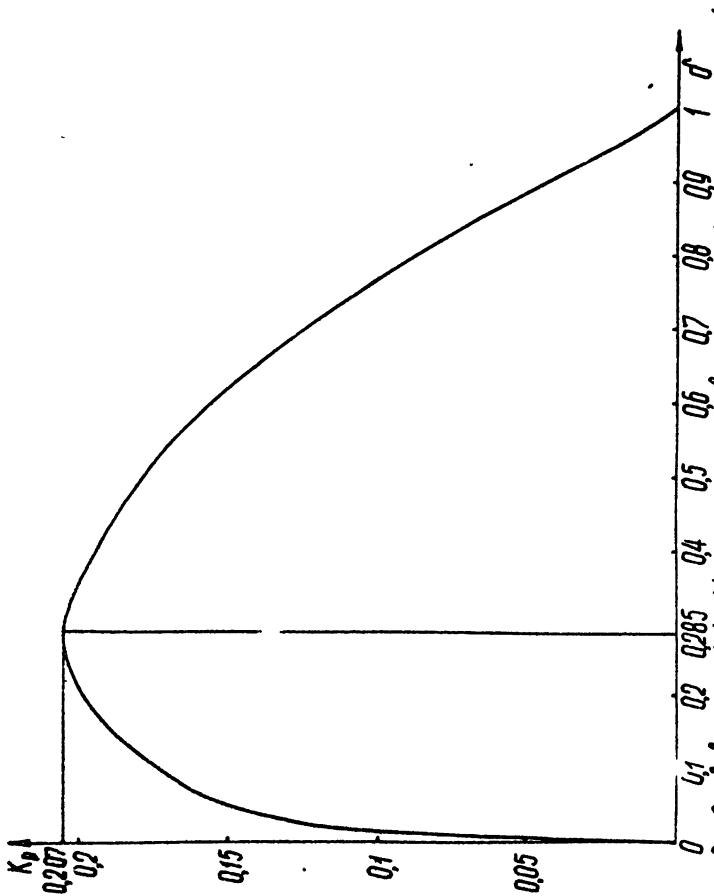


Рис 2 Зависимость коэффициента использования источника от относительной разности напряжений источника и на накопительных емкостях.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В.Ю.Рогинский, Электропитание радиоустройств, 1963, Госэнергиздат.
2. А.М.Леонов, М.М.Офицеров, ПТЭ, 1969, 1, 123.
3. В.М.Вахуленко, Л.П.Иванов, ПТЭ, 1970, 5, 110.
4. Н.П.Ананьев, В.В.Подмосков, Авторское свидетельство СССР № 324821.
5. Н.П.Ананьев, В.В.Подмосков, ПТЭ, 1973, 2.

МЦ00579. 30.12.74. Зак. 1376. Тир.120.

Объем 0,5 п.л.

НИРФИ. Горький, ГСП-51, Лядова, 25/14.