

15
Г52



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

А.А. Глазов, Л.М. Онищенко

1234
....

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ФОРМЫ
ИМПУЛЬСОВ ТОКА

ЖТЭ, 1964, №2, с 100-103.

А.А. Глазов, Л.М. Онищенко

1234

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ФОРМЫ
ИМПУЛЬСОВ ТОКА

1859/3 м.

Объединенный
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Дубна 1963 год

При этом форма фронтов импульса интегратора не зависит от длительности сгустка, и при $(\bar{r}/z_0)^2 \ll 1$ и $I(z) = I_0 = \text{Const}$ определяется выражением:

$$U = \frac{U_{max}}{2} \begin{cases} \frac{z}{\sqrt{z^2 + \bar{r}^2}} + 1, & z \approx \bar{r} & \text{нарастание} \\ 1 - \frac{z - v\tau}{\sqrt{(z - v\tau)^2 + \bar{r}^2}}, & z - v\tau \approx \bar{r}, & \text{спад} \end{cases} \quad (4)$$

где

$$U_{max} = \frac{k \mu S n I_0}{2 \pi \bar{r}} \quad (5)$$

Из (4) следует, что нарастание импульса от 0,05 до 0,95 (спад от 0,95 до 0,05) происходит за время прохождения началом (концом) сгустка расстояния от $z = -2\bar{r}$ до $z = +2\bar{r}$ (от $z - v\tau = -2\bar{r}$ до $z - v\tau = +2\bar{r}$). При $\bar{r} = 50$ мм и энергии пучка 30 КэВ время нарастания (спада) равно 0,1 мксек.

Таким образом, в случае пролетающего пучка частиц (в отличие от случая проводника с током) прямоугольный импульс принципиально трансформируется в импульс с конечным временем нарастания (спада).

Реальная измерительная цепь, включающая измерительную катушку, отличается от идеализированной схемы наличием паразитной емкости и сопротивления, что приводит к искаженному воспроизведению формы импульса тока.

Катушка с входной цепью интегратора представляет собой колебательный контур с параметрами L , C и R , где R — эквивалентное шунтовое сопротивление.

С точки зрения неискаженной передачи импульса необходимо, чтобы процесс установления напряжения в измерительном контуре был аperiodическим и возможно более быстрым. Подобный случай имеет место, когда

$$2RC = \sqrt{LC} \quad (6)$$

Ввиду того, что в (6) ' L ' определяется катушкой, а ' C ' — распределенной емкостью катушки и входной емкостью усилителя или интегратора, для осуществления условия $2RC = \sqrt{LC}$ параллельно катушке помимо входного сопротивления измерительного устройства необходимо включать переменное сопротивление.

Условие (6) является идеальным и нарушается при неизбежном изменении параметров системы, однако, случай $2RC = \sqrt{LC}$ целесообразно рассмотреть как граничный между аperiodическим и колебательным характерами нарастания напряжения.

В случае линейно нарастающего скачка тока

$$U = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ V, & 0 < t < \tau \\ 0, & \tau < t < \infty \end{cases} \quad (7)$$

при выполнении условия (6):

$$U = V [1 - e^{-t/2RC} (1 + t/2RC)], \quad 0 < t < \tau, \quad (8)$$

где U - входное напряжение интегратора.

При $t > \tau$

$$U = V [1 - (1 + \tau/2RC) e^{-\tau/2RC} + 1/2RC (1 - e^{-\tau/2RC}) (t - \tau)] e^{-\frac{t - \tau}{2RC}}, \quad (9)$$

причем

$$U_{\max} = V (1 - e^{-\tau/2RC}) \exp\left(-\frac{\tau/2RC e^{-\tau/2RC}}{1 - e^{-\tau/2RC}}\right) \quad (10)$$

достигается при

$$t = \frac{\tau}{1 - e^{-\tau/2RC}}.$$

Знание максимального значения ' U ' необходимо для определения параметров входного устройства интегратора, обеспечивающего неискаженную передачу импульсов с пояса Роговского.

Напряжение, определяемое (8) для $t < \tau$ и (9) для $t > \tau$, поступает на интегрирующее устройство. Выходной сигнал интегратора наблюдается на осциллографе. Параметры измерительной цепи должны быть выбраны таким образом, чтобы этот сигнал в некотором масштабе воспроизводил импульс измеряемого тока с максимальным приближением к истине.

Из (8) и (9) следует, что

$$1/k U_{\text{ВЫХ.}}(t) = V [(1 + e^{-t/2RC}) t - 4RC (1 - e^{-t/2RC})], \quad 0 < t < \tau \quad (11)$$

$$1/k U_{\text{ВЫХ.}}(t) = V \tau - V \tau [2(1 - e^{-\tau/2RC}) \frac{1}{\tau/2RC} - e^{-\tau/2RC} + (1 - e^{-\tau/2RC}) \frac{t - \tau}{\tau}] e^{-\frac{t - \tau}{2RC}}, \quad t > \tau. \quad (12)$$

На рис. 1 показана форма переднего фронта импульса интегратора в зависимости от t/τ для различных значений $\tau/2RC$ ($\tau/2RC = 0, 1; 1, 0; 10, 0$), построенного с помощью (11), (12). Из рис. 1 и (12) следует, что $U_{\text{ВЫХ.}}$ по абсолютной величине во всех случаях стремится к $V \tau k$, однако, время нарастания, определяющее передачу фронта измеряемого импульса, существенным образом зависит от $\tau/2RC = \tau/\sqrt{LC}$, и фронт импульса интегратора тем ближе к фронту воспроизводимого импульса, чем больше $\tau/2RC$. Для удобства выбора параметров измерительной катушки на рис. 2 построена зависимость времени нарастания импульса до 0,9 максимального значения ($t_{0,9}/\tau$) от $\tau/2RC$. При изменении $\tau/2RC$ от 0,1 до 10 время нарастания изменяется от ~ 40 до 1,1 (в единицах τ).

Принципиальная схема применявшегося в экспериментах интегратора показана на рис.3. Усилитель собран на лампе 6Ж9П с коррекцией в анодной цепи. Коэффициент усиления около 10^2 , время нарастания 0,1 мксек.

Максимальная постоянная времени интегратора превышает 3000 мксек, что позволяет интегрировать без заметных искажений импульсы длительностью до 150 мксек. Входной

катодный повторитель выполнен в виде выносной головки, унифицированной с выносной головкой МВЛ-3. Последнее обстоятельство позволяет использовать имеющиеся в комплекте МВЛ-3 различные насадки и делитель 1/100 при интегрировании сигналов значительной амплитуды.

При необходимости воспроизведения слабых сигналов МВЛ-3 может быть использован в качестве предусилителя, причем ввиду идентичности входных устройств не требуется дополнительная настройка измерительной цепи.

На рис. 4 а,б,в приведены фотографии импульсов тока, подлежащих воспроизведению, и импульсов с выхода интегратора при различных соотношениях между временем нарастания импульса тока τ и постоянной времени измерительной цепи \sqrt{LC} (режим критический). В измерениях использовалась тороидальная катушка, намотанная на ферритовом сердечнике ($\mu/\mu_0 = 1000$) прямоугольного сечения проводом марки ПЭЛШО ρ 0,85. Размеры сердечника $D_{нар} = 121$ мм, $d_{внутр.} = 85$ мм, толщина 10 мм.

Экспериментально определенная величина $\sqrt{LC} = 1,5$ мксек, оптимальное сопротивление $R = 23$ Ком. Чувствительность катушки $U / \frac{dI}{dt} = 140 \cdot 10^{-6}$ ва/сек.

Сравнение экспериментальных значений времени нарастания выходного напряжения с расчетными (рис. 1) показывает их достаточно хорошее совпадение и свидетельствует о возможности использования полученных в работе результатов (рис. 1,2, соотношение 11, 12) для выбора постоянной времени токоизмерительной катушки и оценки вносимых искажений.

Л и т е р а т у р а

1. В.А.Глухих, Д.Е.Заварин, Е.Г.Комар, Б.А.Ларионов, Н.А.Моносзон, В.В.Скотников, А.М.Солов. ЖТФ, XXX, 1404 (1960).
2. Ю.В.Коршунов, Е.А.Мелешко. ПТЭ, № 6, 24 (1961).

Рукопись поступила в издательский отдел
15 марта 1963 года.

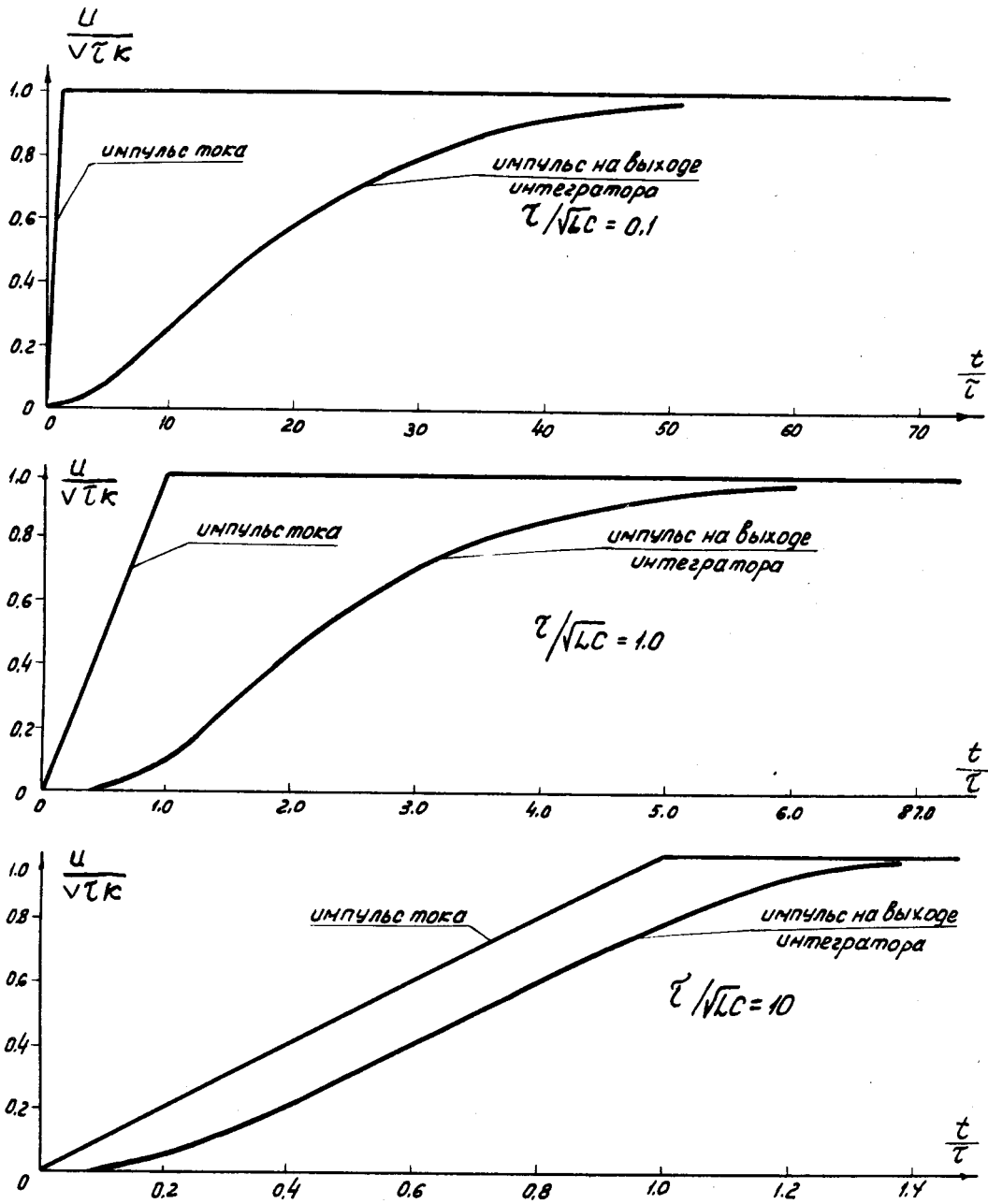


Рис. 1.

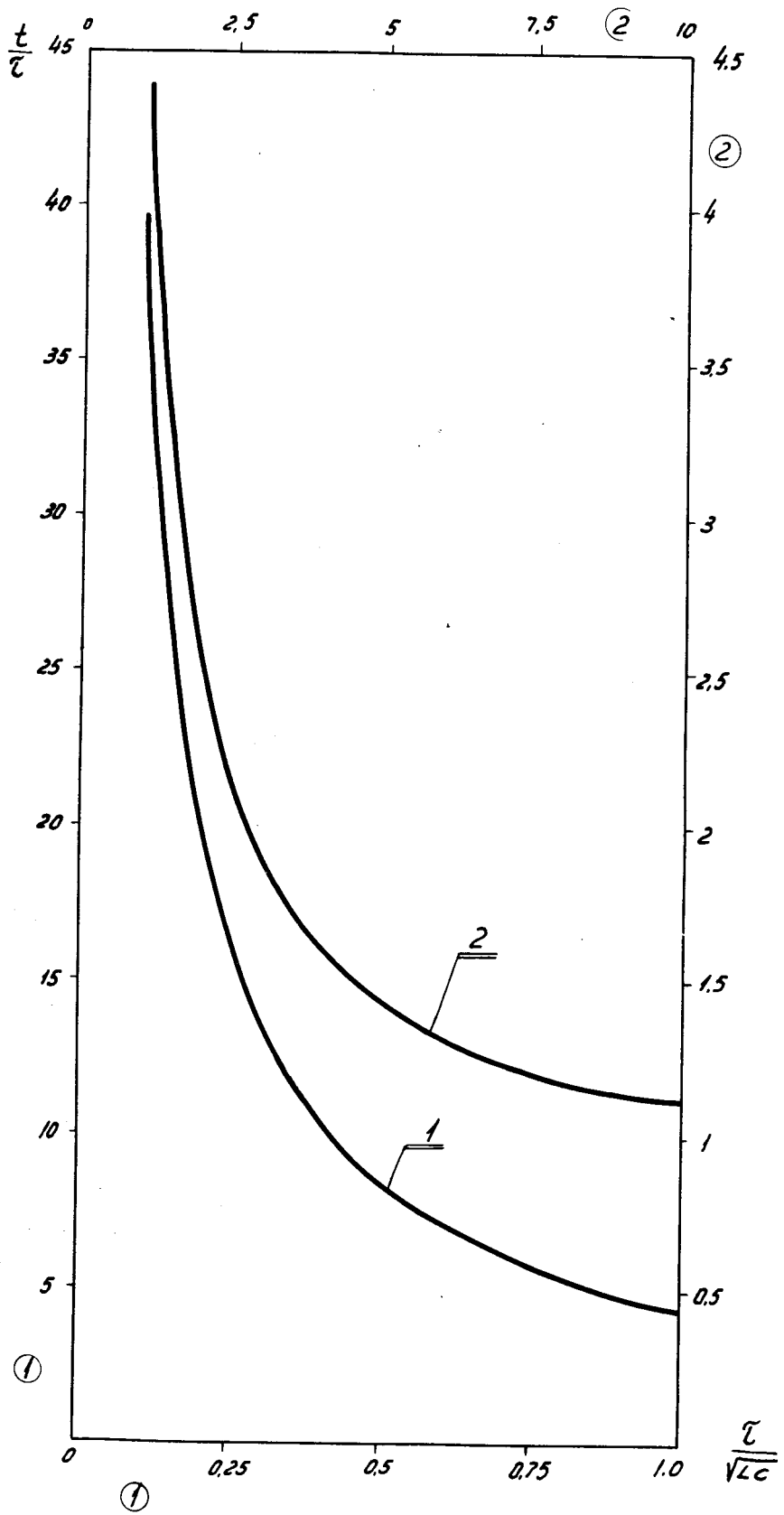


Рис. 2.

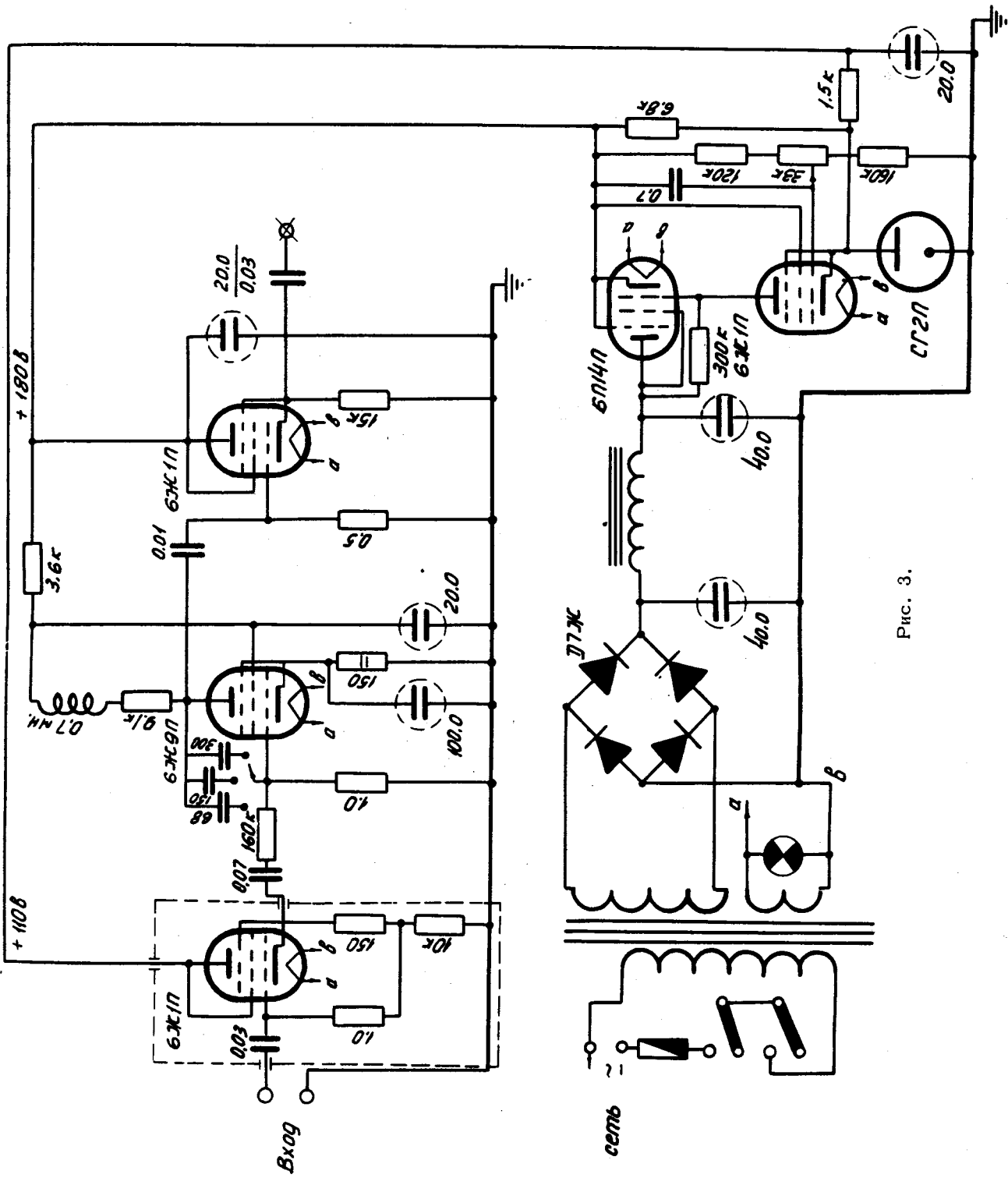


Рис. 3.

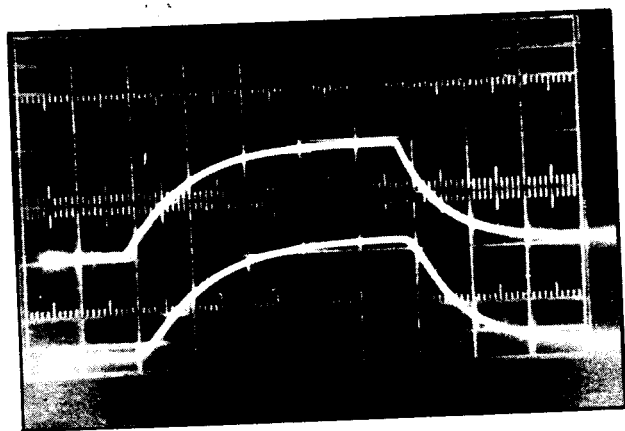
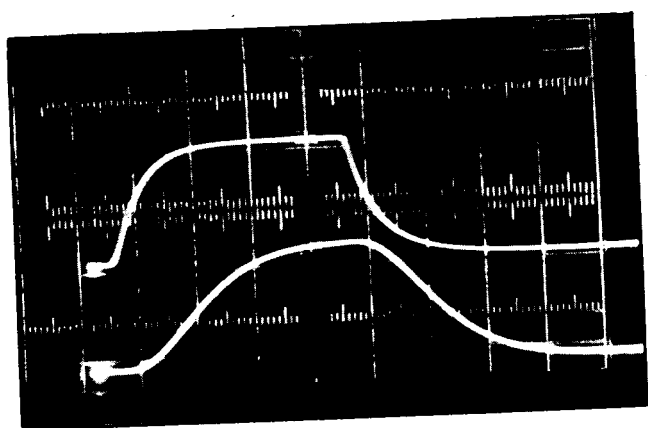
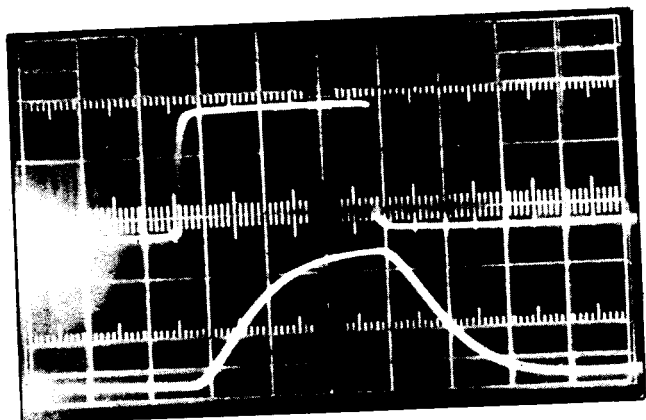


Рис. 4. а) б) в)

- а) масштаб по оси x 2,5 мксек/см.
 б) масштаб по оси x 2,5 мксек/см.
 в) масштаб по оси x 10 мксек/см.