

6669

ЭФ 41 ДНА ✓

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 6669



Е.А.Силаев

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

УСИЛИТЕЛЬ - ФОРМИРОВАТЕЛЬ
ДЛЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОЙ КАМЕРЫ

1972

13 - 6669

Е.А.Силаев

УСИЛИТЕЛЬ - ФОРМИРОВАТЕЛЬ
ДЛЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОЙ КАМЕРЫ

ОИЧН
БИБЛИОТЕКА

В экспериментальных установках с пропорциональными камерами, где используется сравнительно небольшое число сигнальных проволок /до нескольких сотен/, часто /12.3/ применяется схема вывода информации, в которой сигналы усиливаются до логических уровней камерными усилителями, а затем передаются в блок регистрации ВЧ кабелями. С помощью этих кабелей осуществляется и задержка сигналов, компенсирующая запаздывание в схеме формирования строба.

Такая схема вывода информации отличается сравнительной простотой, надежностью, обладает мертвым временем, не зависящим от времени задержки. Основным ее недостатком является громоздкость линии связи при увеличении числа каналов регистрации.

Камерный усилитель - формирователь для пропорциональной камеры должен удовлетворять следующим требованиям.

1. Обеспечивать усиление сигналов от величины порядка 10^{-6} а до логических уровней регистрирующей аппаратуры.

2. Иметь минимальное мертвое время /не превышающее нескольких сотен нсек/, что важно при измерениях в условиях больших фоновых загрузок.

3. Допускать работу в большом диапазоне амплитуд входных сигналов. Это требование связано с флуктуациями ионизационных потерь в камере, а также с изменениями газового усиления в разных точках плато по высокому напряжению.

4. Обеспечивать подавление импульсных помех положительной полярности, наведенных со смежных проволок.

5. Иметь защиту от возможных искровых пробоев в камере.

При использовании пропорциональной камеры для избирательного запуска установки в многоканальном усилителе удобно иметь выход "ИЛИ" с сигналом, укороченным до нескольких десятков нсек.

Принципиальная схема усилителя - формирователя, удовлетворяющая вышеперечисленным требованиям, приведена на рис. 1.

Усилитель - формирователь состоит из 4 идентичных каналов, каждый из которых имеет в своем составе усилительную секцию /транзисторы $T_1 + T_4$ /, дифференцирующую цепь / $C_5 R_{12}$ /, дискриминатор и выходной формирователь координатного канала / T_5, T_6 /, укорачивающую цепь канала "ИЛИ" / $C_7 R_{16}$ / и выходной формирователь "ИЛИ" / T_7 /.

Входное сопротивление усилителя не превышает 100 ом /с учетом защитного резистора R_1 /. Выбор такого низкого сопротивления позволяет работать в широком диапазоне емкостей сигнальных проволок /например, соединяя параллельно до десятка и более проволок/. Это дает также возможность снять усилители с камеры и разместить их на некотором удалении от нее. При этом проволоки соединяются со входами коаксиальными кабелями /резистор R_1 в этом случае закорачивается/.

Усиление сигнала осуществляется усилительной секцией на транзисторах $T_1 + T_4$. Секция имеет токовый вход и потенциальный выход. Межкаскадные соединения внутри секции - непосредственные.

Для стабилизации режима вся секция охвачена отрицательной обратной связью по постоянному напряжению. Транзисторы T_3 и T_4 охвачены последовательной нелинейной отрицательной обратной связью по напряжению сигнала через резистор R_9 и диод D_3 . Такая обратная связь расширяет амплитудный диапазон усилителя.

Усилительные свойства секции удобно описывать величиной, имеющей размерность сопротивления /"сопротивление передачи"/.

Величину сопротивления передачи R_t , ее зависимость от амплитуды сигнала найдем с помощью эквивалентной схемы усилителя /рис. 2/.

$$R_t \approx \frac{R_{\Theta 1} R_{K1} K'_{34}}{(R_{\Theta 1} + r_{\Theta 1}) \left(1 + \frac{r_{\partial}}{r_{\partial} + R_{oc}} K'_{34} \right)} \quad /1/$$

где K'_{34} , коэффициент усиления напряжения каскадов на T_3 и T_4 с разомкнутой обратной связью, равен

$$K'_{34} \approx \frac{\beta_4 R'_{к3} (R_{к4} \parallel R_{oc})}{(r_{э3} + r_{д}) (R'_{к3} + r_{э4} \beta_4)} \quad /2/$$

$\beta_i, r_{эi}, r_{би}, r_{ки}$ - дифференциальные параметры транзисторов.
 $R_{ки}, R_{эi}, R_{oc}$ - сопротивления соответствующих резисторов принципиальной схемы.

При выводе /1/ и /2/ было учтено, что:

$$\beta_i \gg 1; r_{би} \ll r_{эi} \beta_i; r_{эi} \gg \frac{r_{би}}{\beta_i}; r_{ки}^* \gg R_{ки}$$

Для наглядности упростим выражение /1/, учитывая, что

$$r_{э1} \ll R_{э1}; \frac{r_{д}}{r_{д} + R_{oc}} K'_{34} \gg 1; r_{д} \ll R_{oc}$$

Тогда приходим к простому выражению

$$R_i \approx \frac{R_{к1} R_{oc}}{r_{д}}$$

Здесь $r_{д}$ - дифференциальное сопротивление диода обратной связи D_3 ; для комнатной температуры оно равно:

$$r_{д} \approx \frac{26 \cdot 10^{-3}}{I_{од} - \frac{U_{вых}}{R_{oc}}}$$

$I_{од}$ - ток начального смещения диода; $U_{вых}$ - амплитуда выходного сигнала.

Тогда

$$R_i \approx \frac{R_{к1} (I_{од} R_{oc} - U_{вых})}{26 \cdot 10^{-3}} \quad /3/$$

Из /3/ видно, что с увеличением амплитуды сигнала усиление секции падает, что расширяет область амплитуд, соответствующих минимальному мертвому времени тракта. На рис. 4 видно, что $t_M \approx 100-150$ нсек наблюдается до $I_{ВХ} \approx 50$ мка. При дальнейшем увеличении входного тока транзистор T_4 насыщается, что будет приводить к увеличению мертвого времени.

Дискриминатором и выходным формирователем координатного импульса служит токовый ключ на транзисторах T_5 и T_6 . Токовый выходной сигнал по уровням соответствует стандарту NIM. На рис. 4 показано, как ширина t_i и фронт t_f импульса на координатном выходе зависят от амплитуды входного сигнала.

Положительный импульс с коллектора T_5 , проходя через укорачивающую цепь $C_7 R_{16}$, подается на базу T_7 . Транзисторы T_7 в каждом канале и общие для всех каналов диод D_5 и резистор R_{17} образуют токовые ключи, формирующие импульс "ИЛИ". Уровни этого импульса также соответствуют стандарту NIM, его номинальная ширина - 30 нсек.

При выборе приведенного ко входу порога дискриминации стремятся расширить плато эффективности - это требует понижения порога. Но это ведет к усложнению схемы, повышению требований к экранированию и развязкам, увеличивается интенсивность шумового счета за счет спонтанных разрядов в камере и внешних наводок.

На рис. 3 показаны зависимости эффективности камеры от приложенного напряжения при различных порогах дискриминации. Отсюда видно, что при пороге в 2-3 мка ширина плато составляет около 500 в. В то же время при такой чувствительности не требуется специального экранирования усилителя и возможно использование одного разъема для входных и выходных сигналов. Шумовой счет будет находиться в допустимых пределах /4/. Такой порог обеспечивается при сопротивлении передачи усилителя $R_t \approx 400$ ком. В этом случае собственный фронт усилительной секции будет составлять 40 нсек.

На рис. 5 приведена зависимость задержки распространения сигнала от амплитуды последнего. На кривой нанесены также границы разброса задержки по результатам замеров на 40 каналах. Разница в задержках между координатными выходами и выходом "ИЛИ" невелика и находится в пределах указанного разброса.

Для подавления положительных импульсных наводок от смежных проволок камеры усилитель работает в режиме АВ с коллекторным током транзистора T_4 около 0,5 ма.

Защита от входных импульсных перегрузок при искровых разрядах в камере осуществляется параллельным диодным ограничителем $R_1 D_1 D_2$. На месте R_1 лучше всего работают объемные резисторы /например, ТВО 0,125/. В крайнем случае могут быть использованы пленочные резисторы МЛТ мощностью не менее 0,5 вт. Резисторы МЛТ меньшей мощности не выдерживают многократных пробоев.

Усилитель - формирователь питается напряжением -12 вольт, потребляемый ток - 105 ма /на 4 канала/.

Внешний вид 4-канального усилителя - формирователя показан на рис. 6. Он выполнен на плате из двустороннего фольгированного стеклотекстолита, имеющей размеры 162x110 мм.

Литература

1. Yu. V. Zanevsky et al. NIM, v. 94, 233 (1971).
2. Z. Guzik et al. JINR, EI-5818, Dubna, 1971.
3. B. Bertolucci et al. IEEE Trans. NS-18, No. 2 (1971).
4. Ю. В. Заневский, В. Д. Пешехонов. ОИЯИ, P13-6114, Дубна, 1971.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 октября 1972 года.

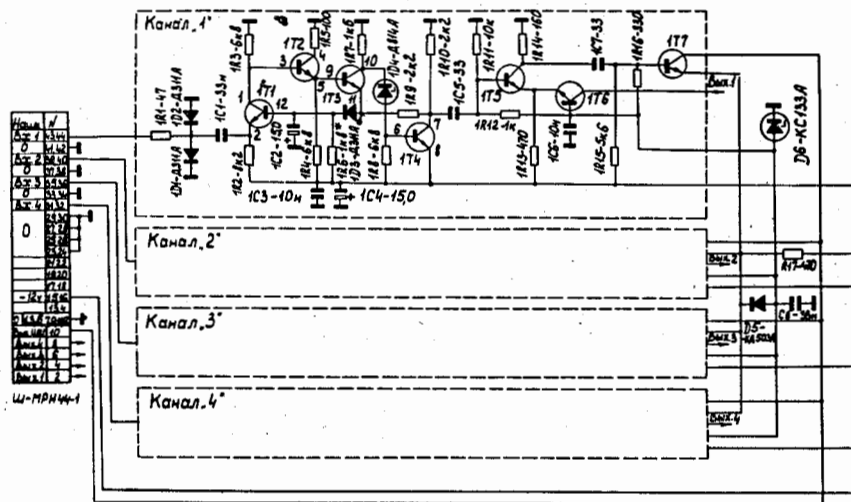


Рис. 1. Принципиальная схема 4-канального усилителя - формирова-
теля.

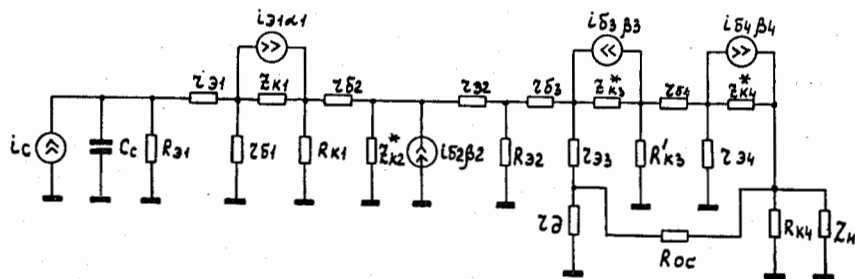


Рис. 2. Эквивалентная схема усилительной секции.

Рис. 3. Зависимость эффективности регистрации от величины приложенного к камере напряжения при различных порогах дискриминации.

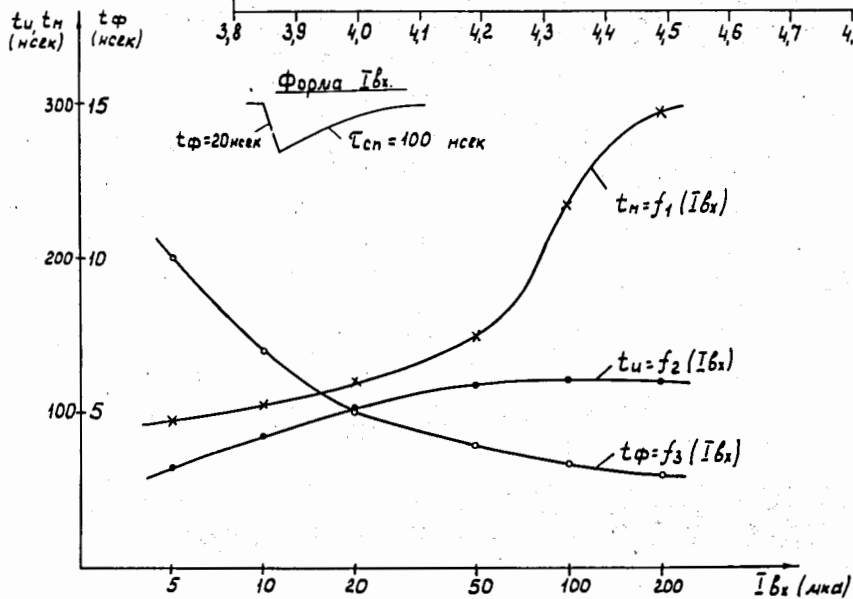
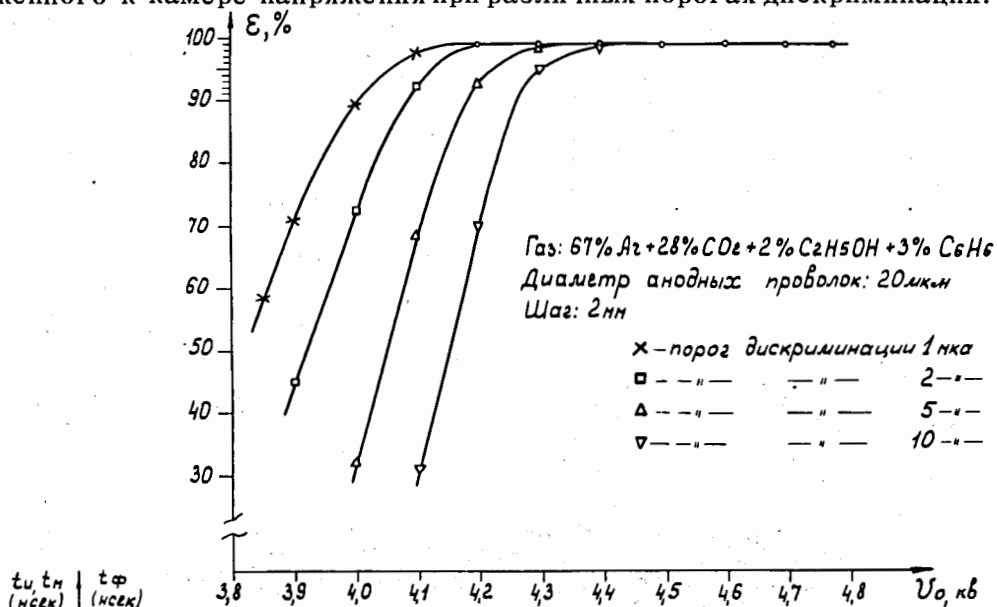


Рис. 4. Зависимости мертвого времени (t_M), ширины (t_H) и фронта (t_{ϕ}) импульса на координатном выходе от амплитуды входного сигнала / t_M измерено с помощью генератора парных импульсов; форма входного тока показана в верхней части рисунка/.

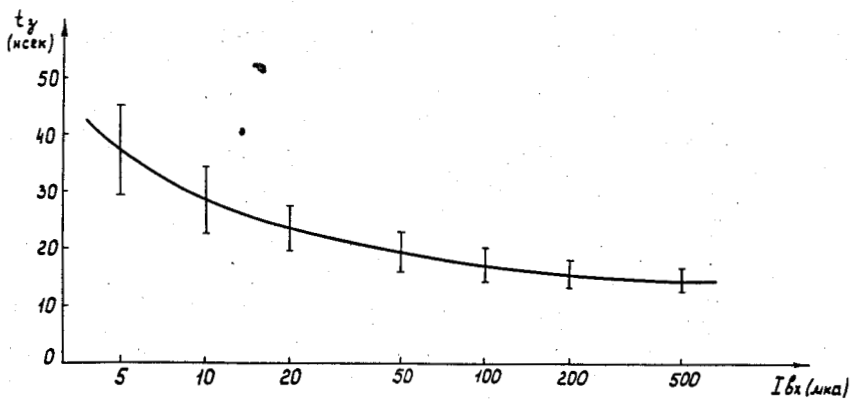


Рис. 5. Зависимость задержки распространения сигнала от его амплитуды.

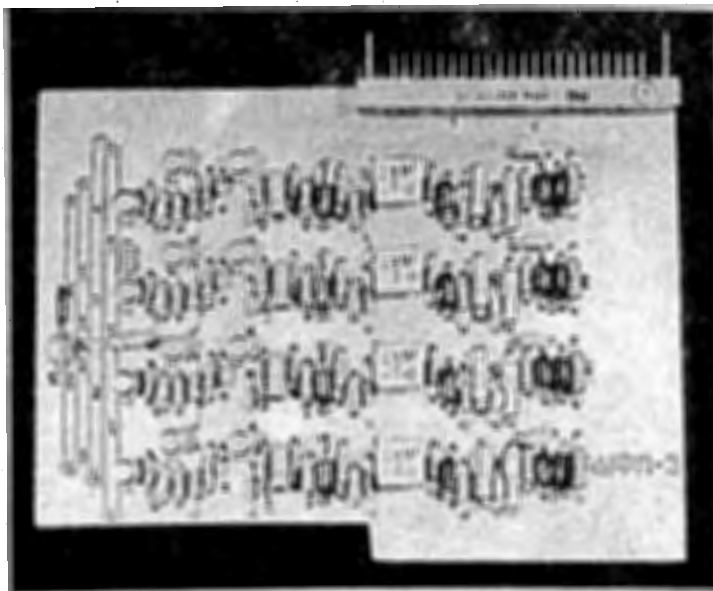


Рис. 6. Внешний вид 4-канального усилителя - формирователя.