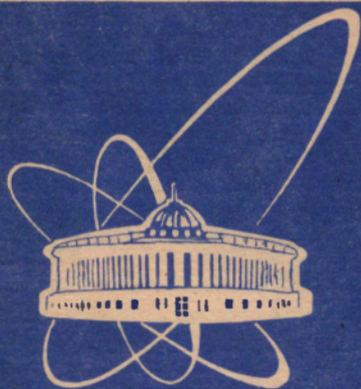


97-172



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P13-97-172

Н.А.Кучинский, В.С.Смирнов

ТРАНЗИСТОРНЫЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ  
ДЕЛИТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ  
ДЛЯ ФОТОУМНОЖИТЕЛЕЙ

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

1997

В настоящее время фотоумножители широко используются в экспериментальной физике и, в частности, в физике элементарных частиц. Основным требованием к ним является высокая линейность и стабильность коэффициента усиления. С другой стороны, в условиях больших импульсных нагрузок возможность применения сцинтилляционных счетчиков определяется в основном нагрузочными характеристиками фотоумножителя, которые в свою очередь зависят от переходных процессов в фотоумножителе и делителе напряжений. При увеличении среднего тока ФЭУ, определяемом скоростью счета и амплитудой импульсов, происходит перераспределение потенциалов на динодах и, соответственно, изменение коэффициента усиления. Поэтому для режимов работы в условиях больших нагрузок в высоковольтных делителях необходимо предусматривать следующие меры по стабилизации напряжения на динодах:

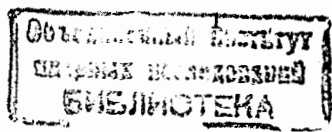
- при использовании резисторного делителя необходимо гарантировать ток через него по крайней мере в 10 раз больший, чем средний ток фотоумножителя. Обычно ток резисторного делителя устанавливается около 2 мА [1];

- применение стабилитронов для питания последних динодов позволяет поднять нагрузку фотоумножителя по сравнению с резисторным делителем [1,2]. Недостатками этой схемы питания является необходимость подбора стабилитронов для каждого междинодного промежутка, а также непропорциональность изменения междинодных потенциалов при регулировке напряжения питания;

- введение эмиттерных повторителей на последних междинодных промежутках, работающих в режиме запираания, при увеличении тока фотоумножителя [2,3], что обеспечивает средний ток аналогичный схеме на стабилитронах;

- прямое питание динодов постоянным напряжением от отдельных источников. Этот метод наиболее эффективен, но практически затруднителен для подпитки свыше двух динодов [4,5].

В настоящей работе предлагается метод решения проблемы стабилизации усиления фотоумножителей в широком диапазоне импульсных нагрузок путем использования в качестве стабилизаторов напряжения цепочки эмиттерных повторителей на высоковольтных р-п-р-транзисторах. В данной схеме делителя использованы транзисторы КТ3157А [6]. Распределение потенциалов между динодами задается высокоомной цепочкой резисторов между базами транзисторов (рис.1). Ток в нем выбран равным 250 мкА ( $I_0^1$ ). Начальный ток через транзисторы определяется величиной сопротивления R16 и при R16=2,7 М составляет 50 мкА ( $I_0^2$ ). Таким образом, суммарный начальный ток транзисторного делителя без нагрузки равен 300 мкА. С увеличением



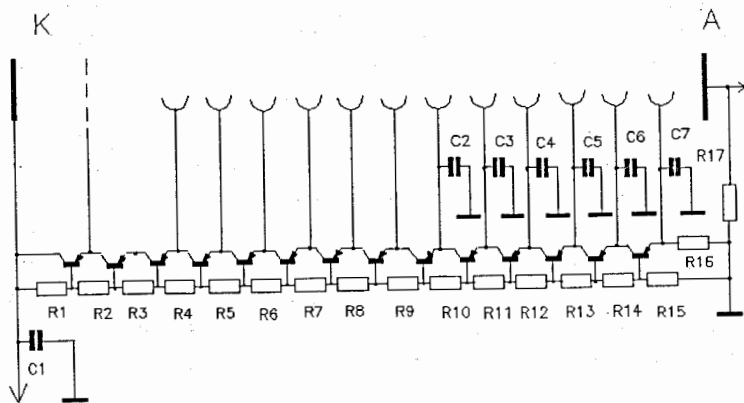


Рис.1. Транзисторный делитель напряжения. R1=430 К, R2,R3,R5=910 К, R4,R14=620 К, R6-R13=560 К, R15=680 К, R16=2,7 М, C1-C4=3,3 н, C5=5,1 н, C6=10 н

скорости счета средний ток через делитель возрастает на величину среднего анодного тока фотоумножителя при сохранении распределения потенциалов на динодах.

$$I_{d.c.p} = I_0^1 + I_0^2 + I_{a.c.p},$$

где  $I_{a.c.p}$  – средний анодный ток, а  $I_{d.c.p}$  – средний ток транзисторного делителя.

Для транзисторов КТ3157А из-за ограничения по рассеиваемой мощности средний ток ФЭУ, соответственно, не должен превышать 1 мА.

Испытания проводились с хорошо изученным ФЭУ ХР2020. В качестве источника света использовался карбидо-кремниевый светодиод [7]. Длительность световых импульсов равнялась 200 нс. Измерения проводились как с новым транзисторным делителем, так и на стандартном резисторном делителе. Распределение потенциалов в обоих делителях подобрано одинаковым.

На рис.2 показаны результаты измерения величины амплитуды анодных импульсов для трех значений интенсивности высвечивания светодиода в зависимости от произведения частоты на длительность импульса светодиода ( $FT_{pul}$ ) как для транзисторного, так и для резисторного делителей. Напряжение на ФЭУ 2000 В. Видно, что усиление фотоумножителя при использовании транзисторного делителя не имеет выброса, связанного с перераспределением потенциалов на динодах фотоумножителя при увеличении среднего тока, и остается постоянным либо незначительно изменяется с ростом загрузки фотоумножителя. На рис.3 приведена зависимость среднего

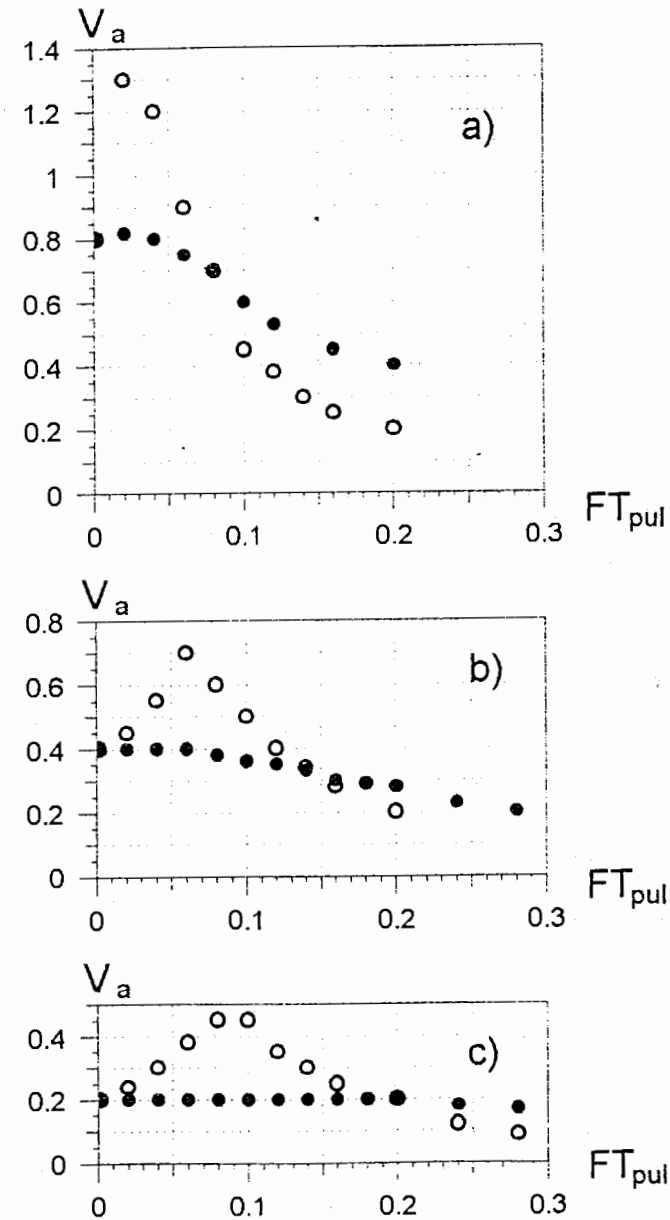


Рис.2. Зависимость величины анодного сигнала от  $FT_{pul}$ , где  $F$  – частота световых импульсов, а  $T_{pul}$  – их длительность, равная 200 нс., для трех значений интенсивности светодиода. ● – транзисторный делитель; ○ – резисторный делитель

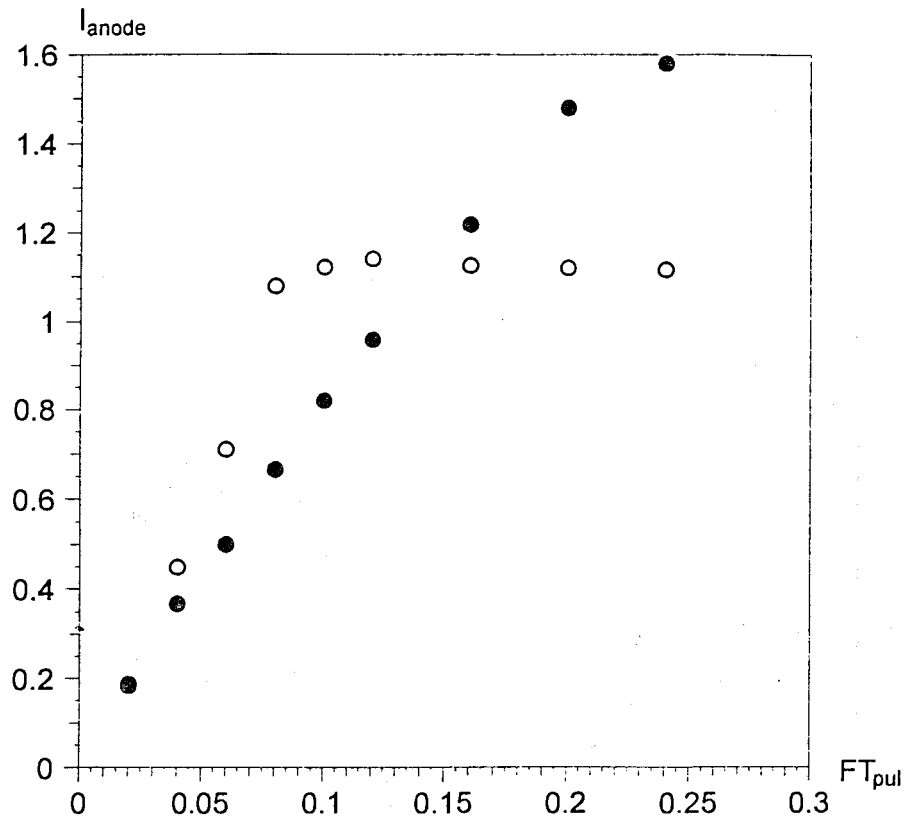


Рис.3. Зависимость среднего тока анода от  $FT_{pul}$  для резисторного и транзисторного делителей.  $T_{pul}=200$ нс.  $\bullet$  - транзисторный делитель;  $\circ$  - резисторный делитель

тока анода от  $FT_{pul}$ . Необходимо отметить, что линейность фотоумножителя с новым транзисторным делителем сохраняется до значений среднего анодного тока около 1,5 мА.

Изменение потенциала на последнем диноде и базе соответствующего транзистора в зависимости от частоты повторения импульсов представлены на рис.4. Видно, что наблюдаемое изменение потенциала на диноде определяется изменением распределения потенциалов в задающей резисторной цепи делителя. Изменение потенциалов здесь вызывается влиянием базовых токов транзисторов при изменении тока через транзисторы. Поэтому необходимо использовать биполярные транзисторы с большим коэффициентом усиления по току (для КТ3157А всего 100) или FET - транзисторы.

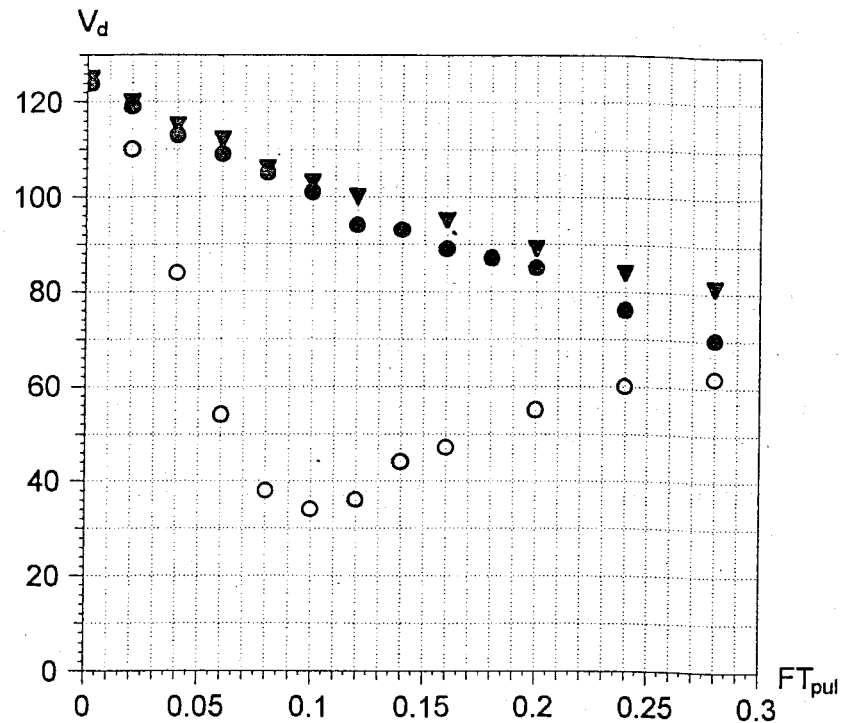


Рис.4. Изменение потенциала последнего динода для резисторного ( $\circ$ ) и транзисторного делителей ( $\bullet$ ) и базы последнего транзистора ( $\nabla$ ) от  $FT_{pul}$ .  $T_{pul}=200$  нс

Таким образом, разработан новый простой транзисторный делитель, обеспечивающий работу фотоумножителя при высоких нагрузках и больших амплитудах импульсов.

В заключение авторы выражают особую благодарность В.Г.Зинову за полезные обсуждения и ценные замечания и С.М.Коренченко за проявленный интерес к работе.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований в рамках проекта 97-02-17346 и фондом INTAS.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] С.Г.Басиладзе, В.И.Иванов, ПТЭ 3 (1976) 175.
- [2] Cao Zhang et al., NIM 281 (1989) 384.
- [3] С. Ohmori et al., NIM A256 (1987) 361.
- [4] М.Ю.Казаринов и др., ПТЭ 1 (1973) 81.
- [5] Б.Ю.Балдин и др., Сообщение ОИЯИ 13-7859 (1974).
- [6] Б.Л.Перельман, В.М.Петухов, Новые транзисторы, часть 1, Москва, Солон, микротех, 1969, с. 28.
- [7] Ю.М.Алтайский, А.М.Генкин, Журнал технической физики 3 (1982) 543.

Рукопись поступила в издательский отдел  
30 мая 1997 года.

Кучинский Н.А., Смирнов В.С.  
Транзисторный высоковольтный делитель напряжения  
для фотоумножителей

P13-97-172

Разработан и испытан новый тип простого высоковольтного делителя для фотоумножителей. Ток потребления делителя определяется током без загрузки (300 мкА) и средним анодным током фотоумножителя. Фотоумножитель с новым делителем может работать при высоких скоростях счета без изменения усиления.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1997

Перевод авторов

Kuchinsky N.A., Smirnov V.S.  
Transistor High Voltage Divider for Photomultipliers

P13-97-172

A new type of a simple high voltage divider for photomultiplier tubes have been developed and tested. The current of the divider is defined by current without counting rate (300 mkA) and average PM current. Photomultiplier with the new divider can work at high counting rate with constant gain.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 1997