

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



С 344.3а

H-171

17/x-77

P13 - 10833

4163/2-77

В.С.Надеждин

ДЕЛИТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ФЭУ-30
И УСТРОЙСТВО ДЛЯ УКРОЧЕНИЯ
ВЫХОДНОГО СИГНАЛА
С ФОТОЭЛЕКТРОННОГО УМНОЖИТЕЛЯ

1977

P13 - 10833

В.С.Надеждин

ДЕЛИТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ФЭУ-30
И УСТРОЙСТВО ДЛЯ УКРОЧЕНИЯ
ВЫХОДНОГО СИГНАЛА
С ФОТОЭЛЕКТРОННОГО УМНОЖИТЕЛЯ



Надеждин В.С.

P13 - 10833

Делитель напряжения для ФЭУ-30 и устройство для укорочения выходного сигнала с фотоэлектронного умножителя

С целью увеличения быстродействия сцинтилляционного счетчика на основе фотоэлектронного умножителя типа ФЭУ-30 предложен делитель напряжения, в котором 2-ой ускоряющий электрод электронно-оптической системы использован как основной ускоряющий элемент, а распределение потенциалов в делителе выбрано слабо возрастающим - и то лишь в средней его части. Для уменьшения длительности выходного импульса путем уменьшения его спада использован делитель, в котором между последним диодом и анодом включена RC-цепочка. Показано, что длительность выходного импульса существенно зависит от величины сопротивления резистора R и при $R=100$ Ом составляет 7 нс. Установлено, что выходные импульсы сцинтилляционного счетчика, обусловленные прохождением пар протонов с временным интервалом между ними $8-10$ нс, разделены достаточно четко.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Nadejdin V.S.

P13 - 10833

A Voltage Divider for the FEU-30 and a Device for Shortening Output Signals from Photomultiplier

A voltage divider is proposed for the FEU-30 differing from the known ones by the following: the potential difference between the photocathode and the 2nd focusing electrode is 1.5 times larger than that between the photocathode and the 1st diode, while potential distribution is weakly increased in the middle part only.

The voltage divider for a photomultiplier containing an RC-circuit between the last diode and the anode makes it possible to decrease the duration of an output signal by means of R. Pulse duration with $R=100$ Ohm is 7 ns. It is shown that the output signals of a scintillation counter obtained as a result of passing two protons separated by time intervals of 8 ± 10 ns are separated rather distinctly.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

Согласно типовой схеме делителя напряжения, рекомендованной предприятием-изготовителем фотоэлектронного умножителя типа ФЭУ-30, разность потенциалов между фотокатодом и 1-ым диодом должна превосходить по абсолютной величине разность потенциалов между фотокатодом и 2-ым фокусирующим электродом. Тогда электрическое поле в пространстве 2-ой фокусирующий электрод - 1-ый диод для фотоэлектронов будет ускоряющим.

Известны другие делители, например ^{1,2/}, в которых с целью достижения хороших временных характеристик, как в типовой схеме делителя, в качестве основного ускоряющего элемента электронно-оптической системы также используют 1-ый диод. Поэтому выбранная разность потенциалов между фотокатодом и 1-ым диодом оказалась в 2,7 раза ^{1/}, а в работе ^{2/} - в 3,7 раза больше, чем разность потенциалов следующего, например второго, междиодного промежутка, и по-прежнему осталось ускоряющим электрическое поле между 2-ым фокусирующим электродом и 1-ым диодом. Вряд ли такой делитель можно считать оптимальным для одновременного получения хороших временных и спектротрических характеристик ФЭУ-30, поскольку, во-первых, фотоэлектроны вследствие очень большой разности потенциалов между фотокатодом и 1-ым диодом, получив в электронно-оптической системе соответствующую энергию, проникнут в эмиссионном слое 1-го диода на значительную глубину, что уменьшит, вероятно, относительный выход электронов вторичной эмиссии из этого эмиссионного слоя; во-вторых, зна-

чительное увеличение разности потенциалов между фотокатодом и 1-ым диодом, приводящее, как правило, к заметному росту темнового тока (шумы), не может дать существенного выигрыша в улучшении временных характеристик ФЭУ, так как основная часть времени, затрачиваемого фотоэлектронном на перемещение в электронно-оптической системе, обусловлена пролетом фотоэлектрона около фотокатода, где действует относительно малая напряженность поля dE/dx , а скорость электрона пропорциональна квадратному корню из энергии, $V_e \sim \sqrt{E}$.

С другой стороны, поскольку разность потенциалов между 2-ым фокусирующим электродом и 1-ым диодом в известных делителях очень мала, т.е. относительно важный участок электронно-оптической системы ФЭУ в процессе транспортировки фотоэлектронов играет весьма пассивную роль, то 2-ой фокусирующий электрод следует использовать в электронно-оптической системе в качестве главного ускоряющего электрода, а электрическое поле между 2-ым фокусирующим электродом и 1-ым диодом сделать тормозящим.

Далее, увеличение напряжения на 1-ом диоде с целью улучшения временных характеристик и выбор сильно возрастающего распределения потенциалов в оконечной части делителя для увеличения динамического диапазона и уменьшения длительности выходного сигнала, рекомендованное в работе^{/2/}, привели к тому, что 40% питающего напряжения приходится на 3 диода (1-ый, 13-ый и 14-ый) и 60% - на остальные 11 диодов. Такой принцип потроения делителя также не рационален, поскольку следующие после 1-го диоды используются недостаточно эффективно.

В настоящей работе предлагается делитель для ФЭУ-30, показанный на рис.1, в котором устранены перечисленные выше недостатки. Этот делитель, характерные особенности которого отражены кривыми 3 и 4 на рис.2, отличается от известных делителей, представленных кривыми 1 (работа^{/1/}) и 2 (работа^{/2/}) на том же рисунке, тем, что

а) разность потенциалов между фотокатодом и 2-ым

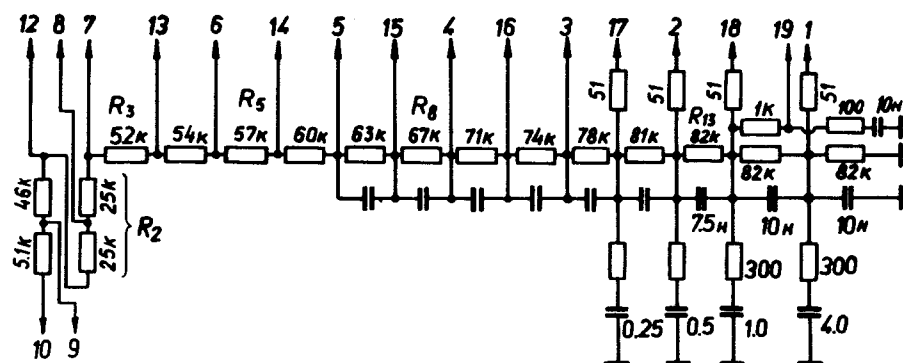


Рис. 1

фокусирующим электродом по абсолютной величине в 1,5 раза превосходит разность потенциалов между фотокатодом и 1-ым диодом;

б) величина сопротивления нескольких первых и нескольких последних резисторов постоянна;

в) делитель имеет слабо возрастающее распределение потенциалов - и то лишь в средней части;

г) относительная доля питающего напряжения на средних междиодных промежутках существенно увеличена.

На рис.2 за единицу принята величина сопротивления (черный кружок) последнего резистора каждого делителя (кривые 1, 2 и 3), а точки, отмеченные стрелками, указывают на относительную величину сопротивления резисторов, к которым подключен 2-ой фокусирующий электрод. Кривая 4 показывает, как зависит величина сопротивления резисторов, включенных между анодом и соответствующим электродом ФЭУ, от номера диодов или фокусирующих электродов, причем за единицу принята суммарная величина сопротивления всех последовательно включенных резисторов делителя.

Величина сопротивления всех резисторов делителя напряжения подбиралась с точностью $\pm 1,5\%$, кроме последнего резистора и резистора, включенного между фотокато-

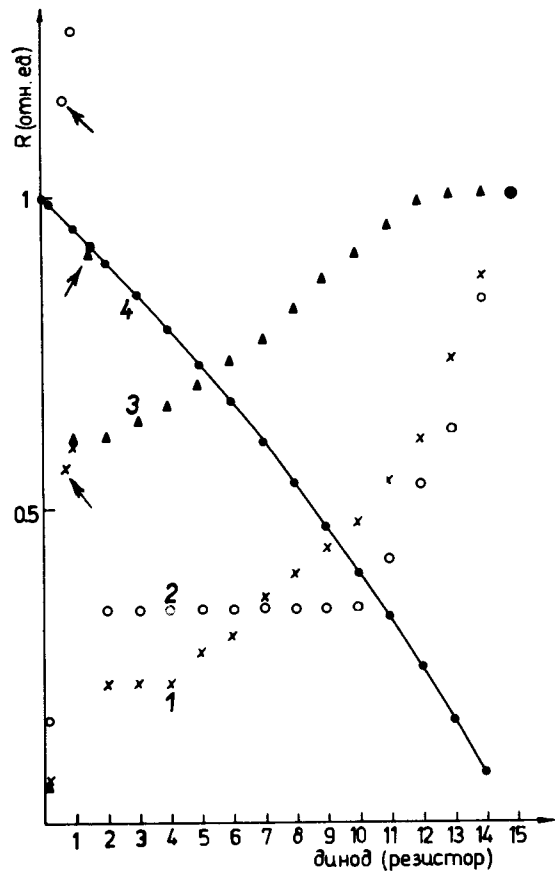


Рис. 2

тодом и 1-ым фокусирующим электродом, поскольку выходной сигнал (амплитуда и форма) зависит очень слабо от величины их сопротивления. К экрану, присоединенному с помощью резистора сопротивлением несколько кОм к предпоследнему диноду, подключен свой стабилизирующий безындукционный конденсатор с демпфирующим резистором.

На рис.3 показаны осциллограммы импульсов, полученных с ФЭУ-30 при напряжении питания $U = 2100$ В. Скорость развертки 10 нс/см, чувствительность по вертикали $8,8$ В/см.

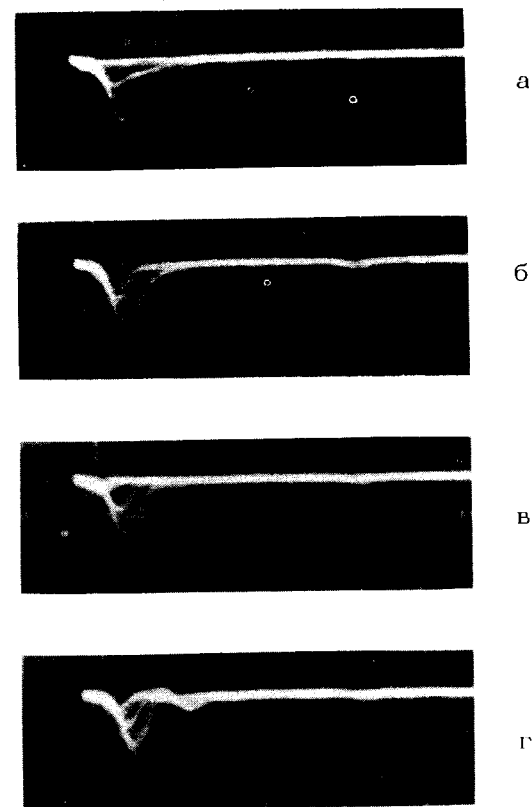


Рис. 3

Осциллограмма 3а получена при облучении сцинтилирующей пластмассы, установленной непосредственно на фотокатоде ФЭУ, γ -квантами от источника ^{60}Co . Анодная нагрузка составляет 50 Ом.

Передний фронт и полная длительность импульсов равны $3,5$ и 12 нс соответственно и не зависят от амплитуды выходного сигнала, которая в данном случае составляет величину, превышающую 200 мА.

Отсутствие зависимости длительности выходного сигнала от его амплитуды, особенно в области больших вы-

ходных токов, указывает на то, что выходная система ФЭУ-30 практически лишена таких конструктивных признаков, которые могли бы оказать существенное отрицательное влияние на линейность выходной токовой характеристики.

Известно, далее, что спад выходного сигнала, полученного с ФЭУ с использованием сцинтиллирующей пластмассы и известных делителей, всегда существенно, в данном случае почти в 2,5 раза, больше, чем его передний фронт. Однако, поскольку в экспериментальной физике имеется ряд задач, связанных с разделением частиц, близких по времени прохождения, например регистрация продуктов распада короткоживущих частиц или изотопов, где требуется надежное разделение двух наложившихся друг на друга выходных сигналов, длинный спад первого сигнала создает основные трудности при их разделении.

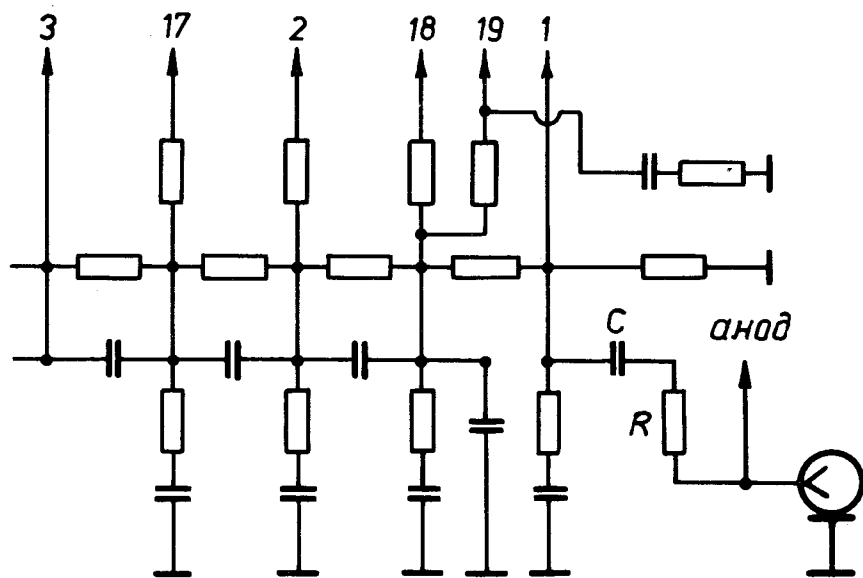


Рис.4

На рис.4 представлен делитель ^{13/} для фотоэлектронного умножителя, позволяющий существенно уменьшить длительность выходного сигнала путем укорочения его спада. Этот делитель отличается от известных тем, что безындукционный стабилизирующий конденсатор С, находящийся в цепи последнего динода, через демпфирующий резистор R подключен к аноду, а цепочка остальных последовательно соединенных стабилизирующих конденсаторов подключена к "земле". Укорочение спада выходного сигнала происходит вследствие сложения противоположных по знаку анодного и динодного токов в общей нагрузке.

На рис.3 представлены осциллограммы импульсов б, в и г, полученных с помощью того же ФЭУ-30 при значении R 200, 100 и 30 Ом соответственно. Нагрузкой в этом случае служил кабель с волновым сопротивлением 100 Ом. Видно, что сопротивление демпфирующего резистора, ограничивающего амплитуду динодного тока, должно быть существенно больше 30 Ом. При R = 100 Ом спад импульсов становится уже меньше переднего фронта, а полная длительность выходного сигнала составляет около 7 нс у основания.

Однако неясно, сохранится ли линейность характеристики выходного тока уже в сложной выходной системе ФЭУ спустя, скажем, 5 нс от начала первого сигнала. Поэтому был проведен дополнительный эксперимент на сравнительно несложной установке, блок-схема которой показана на рис.5. Установка содержит два сцинтилля-

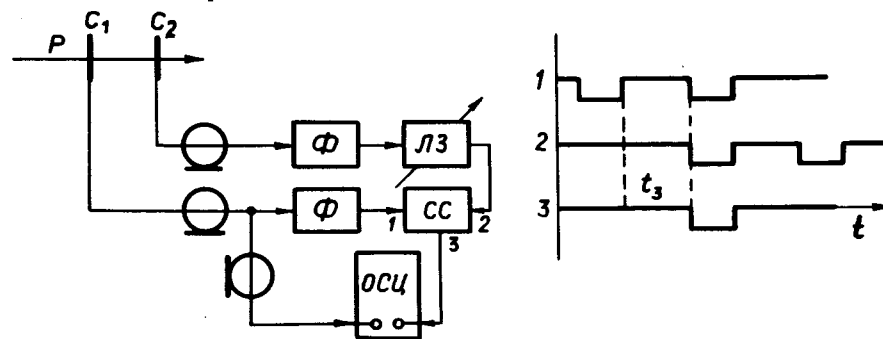


Рис.5

ционных счетчика с фотоэлектронными умножителями типа ФЭУ-30, два формирователя-разделителя наложившихся сигналов^{4/}, схему совпадений с разрешающим временем $\sim 1,5$ нс, блок задержки и осциллограф с полосой пропускания 1 ГГц.

Через кристаллы из сцинтиллирующей пластмассы размером 70x70x5, приклеенные к световоду из оргстекла высотой 100 мм, проходил пучок протонов интенсивностью $\sim 3 \cdot 10^5$ протон/с. Диаметр пучка - 50 мм, энергия протонов $E \approx 450$ МэВ. В этом эксперименте использовались "случайные" ФЭУ-30 с делителями в стандартном исполнении. Напряжение питания $U = 2100$ В и $R = 100$ Ом.

Импульсы от ФЭУ по кабелю длиной 50 м с волновым сопротивлением 100 Ом передавались к формирователям, мертвое время которых составляет 35% от длительности формируемого выходного сигнала. Величина входного сопротивления формирователей выбрана равной волновому сопротивлению кабеля. Ко входу формирователя, соединенного кабелем с первым сцинтилляционным счетчиком, подключен другой кабель, длиной 10 м и таким же волновым сопротивлением, соединенный со входом осциллографа.

Осциллограммы импульсов, представленные на рис.6 и полученные с первого счетчика, отражают момент прохождения двух протонов, разделенных небольшим (5 ± 10 нс) временным интервалом. Чтобы зарегистрировать такое событие, импульсы на входе схемы совпадений подавались в таком порядке, что сигнал от первого счетчика (рис.5), соответствующий второму протону, совпадал по времени с сигналом от второго счетчика, соответствующим первому протону. Выбор таких пар протонов с заданным временным интервалом осуществлялся с помощью блока задержки. Импульс совпадения выступал в роли стартового сигнала для запуска развертки осциллографа.

На рис.6 показаны осциллограммы наложившихся импульсов а, б, в, г, д, разделенных временными интервалами примерно 10, 8, 7, 6 и 5 нс соответственно. Размытие импульсов на осциллограммах обусловлено наличием разрешающего времени схемы совпадений, т.е. в

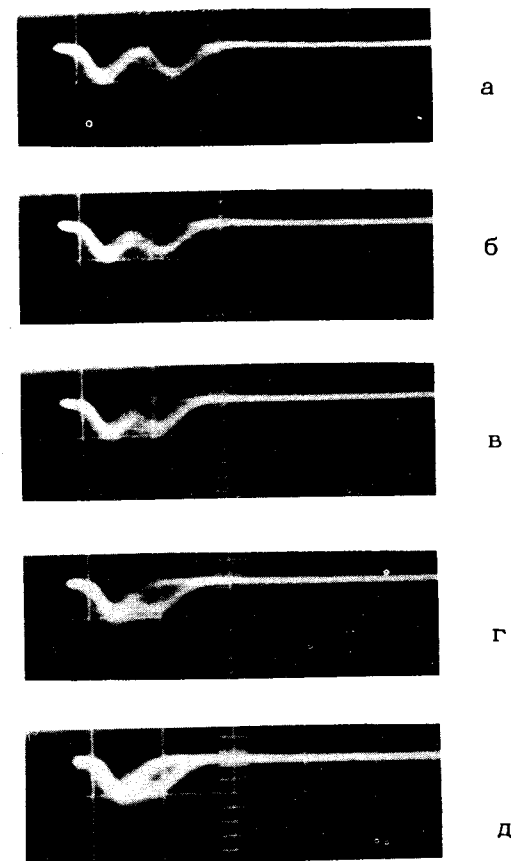


Рис.6

каждом конкретном случае неопределенность значения временного интервала составляет 1,5 нс.

Таким образом, ФЭУ-30, работающий с предложенным делителем, обладает неплохой линейной характеристикой выходного тока в широком временном интервале, поскольку на всех осциллограммах амплитуды первого и второго импульсов сохраняются постоянными и примерно равными. меняется (увеличивается) только лишь передний фронт

второго импульса при сближении его со спадом первого импульса. Когда интервал между протонами составляет ~ 10 нс, импульсы на осциллограмме разделены достаточно четко. Однако на осциллограммах г и д, где временной интервал составляет ~ 5 нс, имеется примесь одиночных импульсов (только первых). Это обусловлено либо разрешающим временем схемы совпадений и различного рода флюктуациями, либо наличием инерционности в схеме совпадений и формирователях.

Предложенные делитель напряжения для питания ФЭУ-30 и устройство для укорочения выходного сигнала с фотоэлектронного умножителя позволяют существенно увеличить быстродействие сцинтилляционного счетчика, изготовленного на базе отечественного фотоэлектронного умножителя типа ФЭУ-30, обладающего хорошими временными характеристиками при сравнительно большой амплитуде выходного тока в линейном режиме.

Литература

1. Гребенко В.Г. и др. Препринт ОИЯИ 13-3095, Дубна, 1967.
2. Балдин Б.Ю., Ронжин А.И., Цисек З. Сообщение ОИЯИ 13-7859, Дубна, 1974.
3. Надеждин В.С. Авторское свидетельство СССР № 528639, кл. НО1 j 43/30, от 21.04.75. Бюлл.ОИПОТЗ, 1976, № 34, стр. 132.
4. Надеждин В.С. Авторское свидетельство СССР, № 303722, кл. НОЗ k 5/04, от 16.07.69. Бюлл.ОИПОТЗ, 1971, № 16, стр. 202.

Рукопись поступила в издательский отдел
8 июля 1977 года.