

## ЭКРАНИРОВАНИЕ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ РАЗРЯДА В ИСКРОВЫХ КАМЕРАХ

Д. Т. ВАРДУМЯН, Г. А. МАРИКЯН, К. А. МАТЕВОСЯН

Изучен вопрос экранирования искровых камер, работающих совместно с ионизационным калориметром, находящимся непосредственно под ними. Изготовлена экранирующая кабина ( $4 \times 2 \times 1$  м<sup>3</sup>), позволяющая измерять импульсы величиной  $> 100$  мкв (от ионизационных камер) при одновременной работе искровых камер с рабочим напряжением 100 кв.

Искровые камеры в физических экспериментах часто сочетаются с другими детекторами заряженных частиц, и возникает необходимость экранирования последних от электромагнитного поля высоковольтного разряда в камерах. В этом отношении особые трудности возникают при их совместной работе с широкоприменяемыми ионизационными калориметрами. Электромагнитная волна разряда в искровых камерах излучается в интервале времени  $< 10$  мксек (после прохождения частицы); в это же время происходит формирование импульсов от ионизационных камер, и практически невозможно их разделить во времени, что затрудняет применение антипомеховых радиотехнических схем. При работе калориметра с камерой Вильсона экранирование не представляет трудностей, так как излучаемая в виде электромагнитных волн мощность разрядных ламп небольшая и по отношению к моменту прохождения частицы может быть сдвинута на миллисекунды. Однако, в силу своих преимуществ, искровые камеры все чаще используются вместо камер Вильсона и экранирование становится важной задачей.

Как известно, напряженность электромагнитного поля в точке на расстоянии  $r$  от излучателя определяется формулой вида

$$E = K \frac{\sqrt{P}}{r^2} \sin \theta,$$

где —  $k$  постоянный коэффициент,  $P$  — мощность источника излучения,  $\theta$  — угол между направлением излучающей антенны и лучом, под которым видна данная точка от местонахождения антенны. Для больших значений  $r$  показатель  $\alpha = 1$ , а для маленьких  $\alpha > 1$ . Мощность разряда в искровых камерах в обычных установках измеряется мегаваттами, часть которой излучается в виде электромагнитных волн. Несмотря на незначительную длину приемных антенн (входных цепей усилителей ионизационных камер) и их экранировку, из-за малости расстояния величина помех может достигать больших значений.

В нашей установке [1] искровые камеры расположены над калориметром на расстоянии 0,3—2,5 м от ионизационных камер, и величина помех при отсутствии экранирования составляла десятки вольт. При этом счетчики Гейгера-Мюллера типа СИБГ, находящиеся на расстоянии  $< 3$  м, переставали нормально работать.

Величина импульса от одного релятивистского электрона, проходящего через рабочий объем ионизационной камеры толщиной  $6 \cdot 10^{-2}$  г/см<sup>2</sup> (аргон) и с емкостью анод-земля  $\sim 30$  пф, составляет [2]  $\sim 10$  мкв. Так как для калориметрических измерений уровень помех не должен превышать величину импульса от  $\sim 10$  релятивистских частиц, проходящих через отдельную камеру, необходимо осуществить экранирование, ослабляющее величину помех более чем на 120—150 децибел (дб).

Коэффициент ослабления электромагнитного поля в дб определяется формулой  $A = 20 \cdot \lg \frac{E_1}{E_2}$ , где  $E_1$  и  $E_2$  — напряженности поля в данной точке без и с экранированием. Эффективность экранирования обусловлена затуханием электромагнитных волн в толще экрана и отражением от его поверхности. Для сплошных экранов

$$A = 8,686 \frac{d}{\delta} + b,$$

где  $d$  — толщина материала экрана,  $\delta = (\pi \varphi \mu \mu_0 \sigma)^{-1/2}$  — глубина проникновения электромагнитного поля в толщину экрана,  $\varphi$  — частота волны,  $\mu$  — относительная магнитная проницаемость материала экрана,  $\mu_0$  — магнитная проницаемость свободного воздушного пространства,  $\sigma$  — удельная проводимость материала экрана. Первое слагаемое дает величину поглощения в толще экрана, а второе — отражение от поверхности. Если при сплошном экране основную роль играет поглощение, то при сеточном — отражение [3].

Обычно в экран вставляется приемная аппаратура [4] и имеющиеся литературные данные в основном относятся к этому случаю. В нашей установке экранирование ионизационного калориметра технически возможно только с применением сетки с очень маленьким шагом, однако она обеспечивает до 70 дб ослабления помех [5]. Исходя из этого, мы экранировали искровые камеры.

Линейные усилители калориметра и все источники питания установки также имеют экраны, но они конструктивно ни чем не примечательны, поэтому на них останавливаться не будем.

Пригодность материала для экранирования определяется произведением магнитной проницаемости и удельной проводимости материала, и при частотах  $> 100$  кгц экранирующая эффективность тонколистового (0,3—0,5 мм) железа выше, чем меди той же толщины [5]. На рис. 1 представлены кривые зависимости коэффициента ослабления

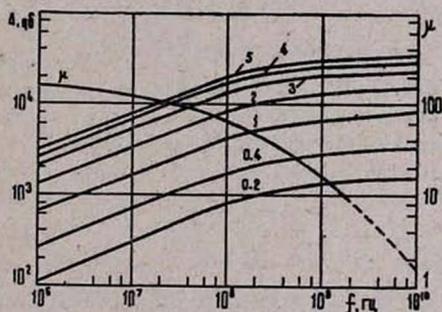


Рис. 1. Зависимость ослабления помех от частоты для различных толщин листового железа. Цифры на кривых — толщина в мм.

помех в децибелах от частоты электромагнитных волн, рассчитанные для сплошного бесконечного железного листа различной толщины. Там же проведена кривая зависимости магнитной проницаемости железа (в относительных единицах) от частоты поля.

В нашей установке излучатель (искровые камеры и система их питания) находится в экранирующей кабине, но так как при сплошном экранировании отражение радиоволн от поверхности экрана маленькое и основную роль играет поглощение, для определения коэффициента ослабления помех можно воспользоваться кривыми, представленными на рис. 1. Из него видно, что листовая сталь толщиной 0,4 мм дает  $> 250$  дБ ослабления помех в диапазоне частот  $> 10^8$  Гц, однако в условиях нашего эксперимента эта толщина практически оказалась недостаточной.

Экранирующая кабина размерами  $4 \times 2 \times 1$  м<sup>3</sup> изготовлена из листовой стали ГОСТ 368 — 47 толщиной 3 мм. Все швы выполнены электросваркой постоянного тока. С одной стороны внутри кабины производится фотографирование искровых камер с помощью стереофотоаппарата, а с другой имеется дверь, через которую искровые камеры с размерами  $120 \times 65$  см<sup>2</sup>, вставляются в кабину. Приняты тщательные меры, обеспечивающие электрогерметичность со стороны фотоаппарата. Дверь (размерами  $200 \times 100$  см<sup>2</sup>, весом 65 кг) открывается и закрывается передвижением в вертикальной плоскости с помощью простой лебедки.

Для безопасности обслуживающего персонала построена механическая автоматическая система, фиксирующая дверь в открытом положении.

При высоковольтном разряде в искровых камерах излучается электромагнитная волна в широком диапазоне частот ( $10^8 - 10^{10}$  Гц). Если для низких частот критерием надежности экрана в первую очередь является толщина материала, то для высоких частот немаловажное значение имеет электрогерметичность экрана. С этой целью дверь экранирующей кабины была сделана из цельного

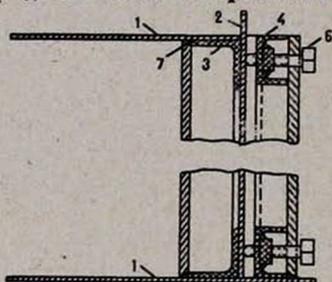


Рис. 2. Вертикальный разрез экранирующей кабины. 1—стенка кабины, 2—дверь, 3—угольники  $50 \times 50$ , 4—швеллера № 5, 6—прижимные болты, 7—место электросварки.

листа без каких-либо шарниров, облегчающих ее движение.

В закрытом положении (рис. 2) дверь по всему периметру прижимается к чисто обработанной торцевой плоскости кабины с помощью болтов ( $\varnothing 12$  мм), расположенных на расстоянии 12 см друг от друга. Все провода электропитания и импульсного управления искровых камер проведены через железные трубы диаметром 25 мм, одним концом сваренных к кабине. Длина труб  $> 100$  раз превышает их диаметр, что практически полностью исключает распространение электромагнитных волн через них. Следует отметить, что при ослаблении прижима двери уровень помех на входах усилителей калориметра соответствовал им-

пульсу от  $\sim 500$  релятивистских частиц, одновременно проходящих через ионизационную камеру, тогда как уровень обычных шумов применяемых усилителей соответствует  $\sim 10$  частицам.

По нашим расчетам созданная экранирующая кабина должна обеспечить ослабление электромагнитных помех более чем  $10^3$  дБ.

Измерения показали, что величина помех на входе усилителей, после экранирования искровых камер, работающих при импульсном напряжении 50 кВ, снизилась более  $10^6$  раз, что позволяет с ошибкой в 50% измерять величину импульса от ионизационной камеры при прохождении через нее 20—30 релятивистских частиц, причем основная часть этой ошибки имеет другое происхождение. Увеличение напряжения импульсного разряда в кабине в 2—3 раза заметно не увеличивает уровень помех и калориметр остается пригодным для определения энергии ядерно-активных частиц.

Ереванский физический институт

Поступила 2.III.1968

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Д. Т. Вардумян, Г. А. Марикян, К. А. Матевосян, А. П. Оганесян, Изв. АН АрмССР, Физика, 1, 47 (1967).
2. В. Т. Price, Rep. on Progr. in Phys., 18, 52 (1955).
3. Д. Л. Холлвей, Зарубежная радиотехника, 7, 58 (1961).
4. Н. Б. Полонский, В. В. Чехович, ПТЭ, 6, 135 (1964).
5. А. П. Ефимов, Радиотехника, 11, 60 (1958).

Գ. Տ. ՎԱՐԴՄԻԱՅԱՆ, Գ. Հ. ՄԱՐԻԿՅԱՆ, Կ. Ա. ՄԱԹԵՎՈՍՅԱՆ

#### ԿԱՅԵԱՅԻՆ ԽՑԻԿՆԵՐԻ ՊԱՐՊՄԱՆ ԷԼԵԿՏՐՈՄԱԳՆԵՒՍԱԿԱՆ ԴԱՇՏԻ ԷԿՐԱՆԱՑՈՒՄԸ

Քննվում է կայծալին խցիկների էկրանացման հարցը, անմիջապես նրանց տակը դտնվող և նրանց հետ միասին աշխատող իոնիզացիոն կալորիմետրից:

Պատրաստված է ( $4 \times 2 \times 1$  մ<sup>3</sup>) չափսեր ունեցող էկրանացնող մի խուց, որը թույլ է տալիս չափել իոնիզացիոն խցիկներից եկող 100 մկվ և ավելի մեծ իմպուլսներ 100 կվ աշխատանքային լարում ունեցող կայծալին խցիկների միաժամանակյա աշխատանքի դեպքում:

#### SCREENING FROM THE ELECTROMAGNETIC FIELD OF SPARK CHAMBER DISCHARGE

D. T. VARDUMIAN, G. H. MARIKIAN and K. A. MATEVOSSIAN

The question of the screening of spark chambers operating together with an ionization calorimeter placed just under the spark chambers is studied. A screening box allowing to measure pulses with amplitude  $>100 \mu\text{v}$  from the ionization chambers at a simultaneous operation of the spark chambers with an 100 kV high voltage pulse is constructed.