

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

6165/2-80

22/12-80

13-80-616

А.Л.Шишкин

ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ
РАЗРЯДА КОРОННОГО СЧЕТЧИКА СНМ-14

Направлено в ПТЭ

1980

Благодаря малой чувствительности к слабоионизирующему излучению и высокому коэффициенту газового усиления, который слабо меняется в большом диапазоне анодных напряжений, коронные счетчики нашли широкое применение для детектирования тепловых нейтронов по регистрации продуктов реакции $^{10}\text{B}(n,\alpha) ^7\text{Li}^{1-3}$ в газовом объеме счетчика.

В настоящей работе представлены результаты исследований свойств разряда коронного счетчика СММ-14, которые могут оказаться полезными как при выборе рабочих параметров детекторов на основе СММ-14, так и при разработке коронных счетчиков.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

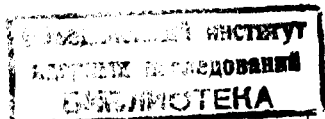
На рис. 1 показана экспериментальная схема, предназначенная для снятия интегральных распределений импульсов счетчика СММ-14, генерируемых как короной СММ-14, так и внешними источниками нейтронов и гамма-квантов. Обработка результатов измерения проводилась исходя из предположения, что амплитуда импульсов θ распределена по нормальному закону со средней амплитудой θ_0 и дисперсией σ^2 . Следовательно, количество импульсов N , зарегистрированных в единицу времени пересчетным устройством с порогом $\theta_{\text{п}}$, имеет вид /1/ или /2/:

$$N = N_0 [0,5 + \Phi(z)], \quad \text{где} \quad 0 \leq \theta_{\text{п}} \leq \theta_0; \quad /1/$$

$$N = N_0 [0,5 - \Phi(z)], \quad \text{где} \quad \theta_0 \leq \theta_{\text{п}}; \quad /2/$$

$$\Phi(z) = (2\pi)^{-0,5} \int_0^z \exp(-u^2/2) du - \text{интеграл вероятности}; \quad /3/$$

$$z = \left| \frac{\theta_{\text{п}} - \theta_0}{\sigma} \right|. \quad /4/$$



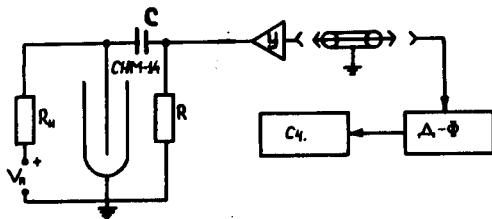


Рис.1. Экспериментальная схема для измерения интегральных спектров импульсов коронного счетчика СММ-14. $R_H = 47 \text{ МОм}$, $R = 10 \text{ кОм}$, $C = 390 \text{ пФ}$, У - усилитель с коэффициентом усиления $K \approx 30$, Д-Ф - дискриминатор-формирователь, С - счетчик импульсов.

Параметры θ_0 , σ^2 и N_0 определяются на основании экспериментальных данных N решением уравнений типа /1/ и /2/ исходя из условия наилучшего согласия расчета и эксперимента.

На рис. 2 приведены результаты измерений амплитудных распределений импульсов, рожденных как короной, так и тепловыми нейтронами, и аппроксимация измерений формулами /1/-/4/.

Аналогичные исследования выполнены в работе /4/, но аналитическое выражение, описывающее амплитудное распределение импульсов шумов короны, является приближением формул /1/-/2/ и справедливо лишь при больших z.

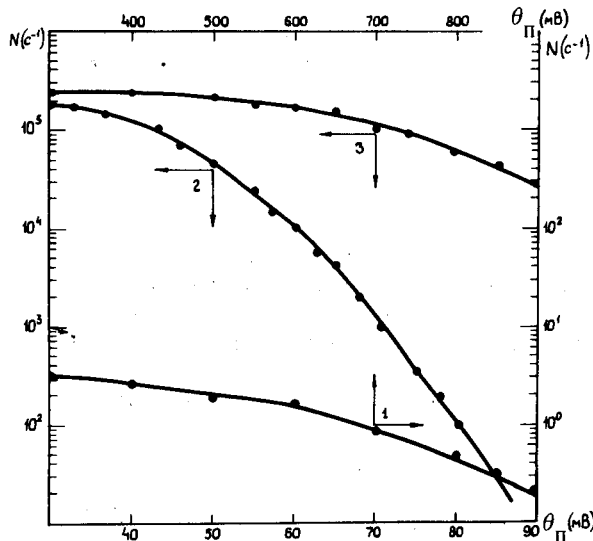


Рис.2. Амплитудные распределения импульсов N коронного счетчика СММ-14 (точки - результаты измерений, сплошная кривая - расчет). 1 - напряжение питания $V_{\Pi} = 800 \text{ В}$, спектр импульсов от нейтронов ($\theta_0 = 560 \text{ мВ}$, $\sigma = 200 \text{ мВ}$); 2 - $V_{\Pi} = 750 \text{ В}$, спектр импульсов короны; 3 - $V_{\Pi} = 1500 \text{ В}$, спектр импульсов короны.

ХАРАКТЕРИСТИКА ШУМОВ КОРОНЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ АНОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Измерение интегральных распределений шумов короны проводилось для пяти значений напряжения питания счетчика V_{Π} : 750, 800, 1000, 2000 В. Температура окружающей среды колебалась

в диапазоне от 19°С до 23°С . Результаты измерений обрабатывались по формулам /1/-/4/ для вычисления параметров $\theta_0(V_{\Pi})$, $\sigma^2(V_{\Pi})$ и $N_0(V_{\Pi})$. Для расчета промежуточных значений параметров автор предлагает следующие эмпирические зависимости

$$\theta_0(V_{\Pi}) = a \cdot \ln [1 + b(V_{\Pi} - V_3)]; \quad /5/$$

$$\sigma^2(V_{\Pi}) / \theta_0(V_{\Pi}) = \beta; \quad /6/$$

$$N_0(V_{\Pi}) = C + D(V_{\Pi} - V_3); \quad /7/$$

где для исследуемого экземпляра счетчика СММ-14 и параметров электроники /см. рис. 1/

$$a = 11,0 \pm 0,1 \text{ /мВ/}; \quad b = 336,7 \pm 0,7 \text{ /кВ}^{-1}/;$$

$$V_3 = 0,665 \pm 0,005 \text{ /кВ/} - \text{ потенциал зажигания короны};$$

$$\beta = 0,357 \pm 0,011; \quad C = /2,30 \pm 0,05/ \cdot 10^5 \text{ /с}^{-1}/;$$

$$D = /0,45 \pm 0,02/ \cdot 10^5 \text{ /кВ}^{-1} \text{ с}^{-1}/.$$

На рис. 3 показаны результаты измерений параметров СММ-14 и аппроксимация по формулам /5/-/7/, откуда видно достаточно хорошее согласие расчета и измерений.

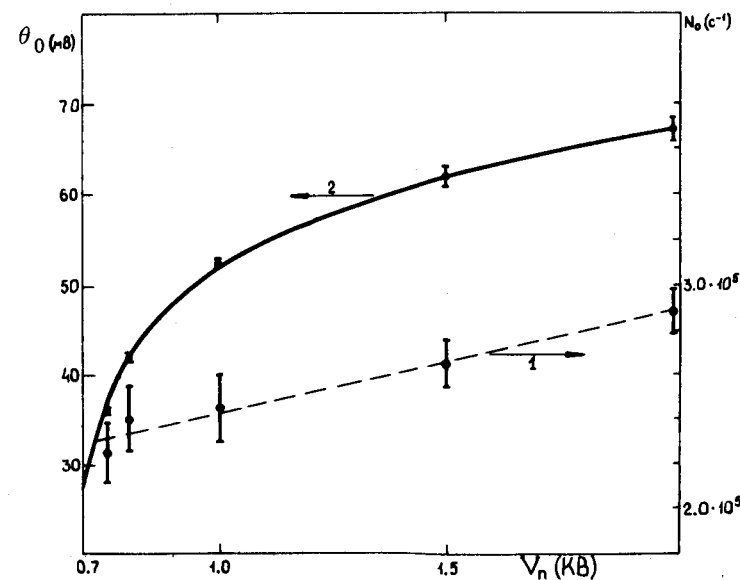


Рис. 3. Зависимость средней амплитуды θ_0 и полного числа импульсов шумов короны N_0 /кривая 2/ от напряжения питания счетчика.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ СММ-14 К ГАММА-КВАНТАМ

Еще в 1961 году авторы работы^{/5/} указали на логарифмическую зависимость падения анодного напряжения коронного счетчика от мощности дозы гамма-излучения. Такую зависимость можно получить, решая дифференциальное уравнение типа

$$dV_a = -\lambda m(V_a) dI, \quad /8/$$

где V_a - напряжение на аноде, I - мощность дозы гамма-излучения, λ - коэффициент пропорциональности, $m(V_a)$ - коэффициент газового усиления.

Для простоты вычислений коэффициент газового усиления $m(V_a)$ при $V_a \geq V_3$ можно положить равным константе, а при $V_a < V_3$ описать формулой /9/:

$$m(V_a) = \exp(\alpha V_a)^{1/6,7/} \quad /9/$$

Здесь

$$\alpha = A / [B \ln(r_k / r_a)], \quad \text{где } A \text{ и } B - \quad /10/$$

коэффициенты Таунсенда, а r_k и r_a - соответственно радиусы катода и анода счетчика. Численные значения A и B для диапазона $E/p = 100 \div 600 / \text{В} \cdot \text{см}^{-1} \text{ мм.рт.ст}^{-1}$, приводимые различными авторами, разные^{/8,9/}. Так, для аргона, газа-наполнителя СММ-14^{/10/}, величина α лежит в диапазоне $0,0109 \div 0,0126$. Учитывая тот факт, что коэффициент газового усиления практически постоянен в большом диапазоне анодного напряжения при $V_a \geq V_3$, его можно определить при $V_a = V_3$. Для указанного диапазона значений α $1,4 \cdot 10^3 \text{ м} \leq 4,3 \cdot 10^3$, а при $\bar{\alpha} = 0,01175$ $\bar{m} = 2,47 \cdot 10^3$.

Далее нетрудно вывести формулы изменения анодного напряжения от мощности дозы гамма-излучения:

$$V_a - V_3 = \gamma \cdot (I_0 - I), \quad V_a \geq V_3, \quad /11/$$

$$V_3 - V_a = \ln[1 + \alpha \cdot \gamma \cdot (I - I_0)] \cdot V_a \leq V_3, \quad /12/$$

где V_a - анодное напряжение; γ - коэффициент пропорциональности; I_0 - пороговое значение мощности дозы гамма-излучения, при которой происходит гашение коронного разряда. Анализ паспортных данных для СММ-14^{/10/} показывает, что значение γ находится в диапазоне $0,63 \div 0,70 / \text{В} \cdot \text{час} \cdot \text{р}^{-1}$.

а среднее значение $\bar{\gamma} = 0,68 / \text{В} \cdot \text{час} \cdot \text{р}^{-1} = 0,95 \cdot 10^7 / \text{В} \cdot \text{кг} \cdot \text{А}^{-1}$. Величина I_0 может быть оценена как

$$I_0 = (V_{II} - V_3) \bar{\gamma}, \quad \text{так как при } V_a > V_3 \quad V_{II} \approx V_a. \quad /13/$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Показано, что распределение импульсов коронного счетчика можно описать нормальным законом со средней амплитудой θ_0 и дисперсией σ^2 .

2. В области напряжений питания 750-2000 В зависимость тока короны имеет вид

$$i_k(V_{II}) = \theta_0(V_{II}) \cdot N_0(V_{II}) \cdot C_{сч} / (K_{yc} \cdot \phi), \quad /14/$$

где $C_{сч} \approx 10 \text{ пФ}$ - емкость СММ-14, $K_{yc} \approx 30$ - коэффициент усиления усилителя, $\phi \approx 0,6$ - коэффициент ослабления сигнала в линии передачи, $\theta_0(V_{II})$ и $N_0(V_{II})$ определяются формулами /5/-/7/. Из /14/ видно, что зависимость тока короны от напряжения питания отличается от линейной, и лишь в области зажигания короны выражение /14/ асимптотически приближается к линейному. Последнее согласуется с выводами^{/11,12/}, полученными для области незначительных перенапряжений и является косвенным доказательством того, что эмпирические выражения /5/-/7/ правильно описывают изменение θ_0 и N_0 от V_{II} во всем исследуемом диапазоне рабочих напряжений 750 \div 2000 В.

3. Рабочее напряжение и допустимые уровни облучения счетчика СММ-14 могут быть получены путем оценок по формулам /5/-/13/.

4. Величина напряжения зажигания короны, а также эмпирические параметры, характеризующие работу СММ-14, меняются от счетчика к счетчику того же типа в пределах 15%.

Все расчеты и соотношения получены при измерениях в условиях комнатной температуры, $T = 293 \pm 3^\circ \text{К}$.

В заключение автор благодарит М.М. Комочкова за полезные замечания при обсуждении работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев В.Я., Кононенко В.А. ПТЭ, 1959, №1, с. 61.
2. Докучаев А.И. ПТЭ, 1959, №6, с. 41.

3. Толченев Ю.М., Чайковский В.Г. ПТЭ, 1963, №6, с. 3.
4. Толченев Ю.М. ПТЭ, 1967, №3, с. 52.
5. Толченев Ю.М., Чайковский В.Г. ПТЭ, 1961, №1, с. 51.
6. Векслер В., Грошева Л., Исаев Б. Ионизационные методы исследования излучений. Гостехиздат, М-Л., 1949.
7. Калашникова В.И., Козодаев М.С. Детекторы элементарных частиц. "Наука", М., 1966, с.85-130.
8. Мик Дж., Крэгс Дж. Электрический пробой в газах. ИЛ, М., 1960.
9. Грановский В.Л. Электрический ток в газе /установившийся ток/. "Наука", М., 1971.
10. Горн Л.С., Хазанов Б.И. Избирательные радиометры. Атомиздат, М., 1975, с. 307-312.
11. Толченев Ю.М. ПТЭ, 1959, №3, с. 40.
12. Савельев В.Я., Носков Ю.О. ПТЭ, 1961, №1, с. 47.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 сентября 1980.