

М. И. ПОДГОРЕЦКИЙ и В. А. ХВОЛЕС

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СЛУЧАЙНЫХ СОВПАДЕНИЙ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ БОЛЬШИХ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ ПРИ РАБОТЕ СО СЧЕТЧИКАМИ

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 24 VI 1947)

1. При большой нагрузке счетчиков часто употребляют так называемые пересчетные схемы, подающие на выход только каждый n -й импульс и снижающие тем самым просчеты за счет „мертвого“ времени выхода. Существенный недостаток всех известных типов пересчетных схем состоит в увеличении числа каскадов при увеличении коэффициента пересчета, что увеличивает габариты установки, усложняет питание и для больших коэффициентов пересчета приводит к дополнительным радиотехническим трудностям.

Предлагаемый ниже принцип пересчета свободен от этих недостатков. Он заключается в регистрации случайных совпадений между отсчетами, вызванными исследуемым излучением и вспомогательным источником. Число таких совпадений зависит от интенсивности вспомогательного источника и разрешающей способности совпадательной схемы и может быть сделано настолько малым, что потери на выходе будут отсутствовать. Зная это число, можно обратно вычислить интенсивность исследуемого излучения.

Таким образом, можно получить любой коэффициент пересчета без какого-либо усложнения установки, простым изменением интенсивности вспомогательного источника или разрешающей способности совпадательной схемы.

В качестве вспомогательного источника удобно применять не естественный радиоактивный источник, а какой-либо искусственный генератор, например мультивибратор, подающий на совпадательную схему стандартные и эквидистантные импульсы. Мы приходим таким образом к принципиальной схеме, изображенной на рис. 1.

Если длительность импульсов формирующего каскада обозначить через τ_1 , вспомогательного мультивибратора через τ_2 и постоянную времени совпадательной схемы через τ_3 , то для малых нагрузок имеем:

$$m = n_1 n_2 (\tau_1 + \tau_2 + 2\tau_3),$$

где m — число совпадений в единицу времени, n_1 — интенсивность исследуемого источника и n_2 — число импульсов вспомогательного мультивибратора в единицу времени.

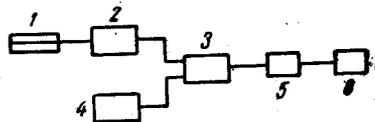


Рис. 1. 1 — счетчик, 2 — формирующий каскад, 3 — совпадательная схема, 4 — вспомогательный мультивибратор, 5 — выходной мультивибратор, 6 — механический счетчик

Для увеличения точности целесообразно выбрать τ_1 и τ_3 малыыми по сравнению с τ_2 , которое мы будем в дальнейшем обозначать просто τ . В этом случае

$$m = n_1 n_2 \tau \quad (1)$$

или

$$m = n_2 p, \quad (1')$$

где $p = n_1 \tau$ — вероятность регистрации импульса вспомогательного мультивибратора.

Формулы (1) и (1') справедливы только при $n_1 \tau \ll 1$ *.

Разберем вопрос о статистических флуктуациях m , т. е. в конечном счете вопрос о статистических ошибках при определении n_1 . Через $W_N(\mu)$ обозначим закон распределения числа случайных совпадений μ при фиксированном числе N импульсов вспомогательного мультивибратора.

Непосредственное применение так называемой локальной теоремы Лапласа дает:

$$\lim_{N \rightarrow \infty} W_N(\mu) = \frac{e^{-\frac{(\mu - Np)^2}{2Np(1-p)}}}{\sqrt{2\pi Np(1-p)}}, \quad (2)$$

т. е. асимптотическим законом является закон Гаусса с квадратичной ошибкой $\Delta\mu = \sqrt{Np(1-p)}$ или относительной ошибкой

$$\frac{\Delta\mu}{\mu} = \frac{\sqrt{1-p}}{\sqrt{\mu}}. \quad (3)$$

Если p мало, то $1-p \approx 1$ и $\Delta\mu/\mu = 1/\sqrt{\mu}$; такова же будет относительная ошибка в p и, следовательно, в измеряемой величине n_1 . Статистика получается, таким образом, значительно хуже, чем при работе с обычными пересчетными схемами.

Нужно, однако, иметь в виду, что для большинства задач вовсе и не требуется та большая точность, которая может быть принципиально достигнута при измерении больших интенсивностей. Имеется, кроме того, и прямая возможность уменьшения статистических ошибок, состоящая в увеличении вероятности p .

До сих пор мы считали, что все состоявшиеся совпадения фиксируются механическим счетчиком. Это может иметь место только тогда, когда в течение мертвого времени механического счетчика осуществляется только один импульс вспомогательного мультивибратора.

Экспериментально это условие всегда может быть легко выполнено. Если же оно не выполнено, то возникают просчеты, вопрос о которых разобран в другой работе.

2. Экспериментальная установка была собрана в соответствии со схемой на рис. 1 с тем только отличием, что вместо одного вспомогательного мультивибратора было два. Один из них находился в режиме генерации, а второй запускался от первого, совершая каждый раз только один цикл. Это усложнение вызвано тем, что было бы трудно собрать мультивибратор, генерирующий импульсы, ширина которых во много раз меньше расстояния между ними.

Частоту вспомогательного мультивибратора n_2 и длительность

* Случай $n_1 \tau \approx 1$ разобран более подробно в другой статье.

импульса τ можно было изменять. В табл. 1 приведены величины коэффициентов пересчета для двух значений n_2 и τ .

Таблица 1

| | $\tau = 1,1 \cdot 10^{-4}$ сек. | $\tau = 0,8 \cdot 10^{-4}$ сек. |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------|
| $n_2 = 94$ сек. ⁻¹ $n_2 = 9$ сек. ⁻¹ | $100 \pm 10\%$ $1000 \pm 10\%$ | $130 \pm 10\%$ $1400 \pm 10\%$ |

Величина коэффициента пересчета определялась сравнением числа отсчетов на выходе описываемой схемы с числом отсчетов обыкновенной 32-кратной пересчетной схемы. Приведенная точность (10%) определяется отнюдь не изменениями параметров схемы*. Это просто статистическая точность проведенных испытаний.

Поступило
24 VI 1947

* Измерения показали, что изменение анодного напряжения на 10% практически не изменяет величин n_2 и τ .