

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



Б-272

1/xi-76

13 - 9941

4339/2-76

С.Г.Басиладзе, В.Тлачала

ВЫЧИСЛЕНИЕ ПРОСЧЕТОВ
И ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ
ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ДРЕЙФОВЫХ КАМЕР

1976

13 - 9941

С.Г.Басиладзе, В.Тлачала

**ВЫЧИСЛЕНИЕ ПРОСЧЕТОВ
И ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ
ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ДРЕЙФОВЫХ КАМЕР**

Направлено в ПТЭ

В годоскопических системах регистрации число одновременно срабатывающих измерительных каналов обычно составляет несколько процентов от общего их числа. Подобная ситуация возможна и в дрейфовых камерах /ДК/. При таких низких нагрузках использование отдельных кодировщиков время дрейфа-цифра для каждой проволочки экономически невыгодно. Более целесообразным является подключение нескольких (N) кодировщиков к целой группе / K / проволочек /1-3/. В случае больших нагрузок возможна обратная ситуация, когда к каждой проволочке необходимо подключить несколько временных регистраторов для ДК показана на рис. 1. Она состоит из схемы ИЛИ, объединяющей сигналы с K -входов; коммутатора, последовательно распределяющего пришедшие импульсы по измерительным каналам (1, 2, ... N) в

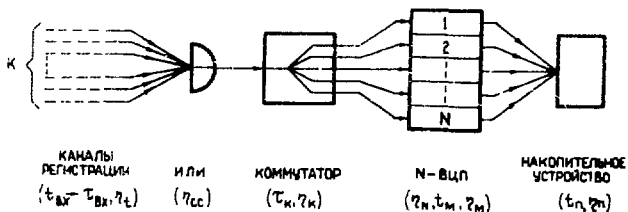


Рис. 1. Структурная схема измерительной части системы, имеющей K каналов регистрации и N каналов измерения.

порядке очередности поступления импульсов; непосредственно преобразователей время-цифра / N каналов/ и накопительного устройства для фиксации результатов измерений и вывода их в ЭВМ. В подобном регистраторе необходимо еще устройство для фиксации номера сработавшей в данный момент проволоочки /на рис. 1 не показано/.

При регистрации импульсов с дрейфовой камеры данным методом существует несколько источников потерь информации. Во-первых, сама дрейфовая камера служит источником просчетов вследствие того, что импульсы тока с проволоочки имеют на уровне порога усилителя-формирователя конечную ширину, достигающую по основанию нескольких сот наносекунд, что является, фактически, мертвым временем канала регистрации. В результате появляются просчеты в данном канале /коэффициент просчетов обозначим η_1 /. Во-вторых, в регистрирующей части аппаратуры имеется ряд источников потерь информации. Наложения в элементе ИЛИ сформированных сигналов, поступающих одновременно с различных проволоочек, вызывают просчеты, коэффициент которых обозначим $\eta_{или}$. Мертвое время коммутатора также вызывает просчеты /коэффициент η_K /. Кроме того, имеются просчеты, возникающие из-за ограничения числа измерительных каналов /коэффициент η_N /. Эффективность регистрации потока событий будет зависеть от мертвого времени кодировщиков и времени передачи данных в накопительное устройство /коэффициенты, соответственно, η_M и $\eta_{цп}$ /.

Коэффициент η_1 описывается известным соотношением

$$\eta_1 = \frac{t_{вх} \cdot f_0}{1 + t_{вх} \cdot f_0}, \quad /1/$$

где $t_{вх}$ - длительность входного сигнала на уровне порога регистрации, f_0 - средняя частота импульсов в одном дрейфовом промежутке в интервале времени дрейфа.

Что касается просчетов, возникающих вследствие наложения логических сигналов друг на друга, то необходимо отметить, что нежелательный эффект от этого наложения сводится до минимума укорочением /формированием/ входных сигналов с проволочек до предельно малого значения $\tau_{ВХ}$. Эта величина, как правило, существенно меньше, чем мертвое время следующего за схемой ИЛИ коммутатора. Поэтому $\eta_{ИЛИ} \ll \eta_K$.

Коммутатор, являясь счетной системой первого рода с мертвым временем τ_K , при средней частоте поступления входных сигналов $K \cdot f'_0$, где $f'_0 = f_0 \cdot (1 - \eta_1)$, вызывает появление просчетов

$$\eta_K = \frac{\tau_K \cdot K \cdot f'_0}{1 + \tau_K \cdot K \cdot f'_0} \quad /2/$$

Соотношения /1/ и /2/ позволяют оценить предельное количество каналов регистрации в блоке. Поскольку при увеличении K растут просчеты в коммутаторе, целесообразно ограничить величину $\eta_K \approx \eta_1$. Отсюда

$$K_{\text{МАКС}} \approx \frac{t_{ВХ}}{\tau_K} \quad /3/$$

Так, например, для $t_{ВХ} = 300 \text{ нс}$; $\tau_K = 15 \text{ нс}$; $f'_0 = 10^5 \text{ с}^{-1}$ получим $K_{\text{МАКС}} = 20$; $\eta_K = 3\%$. При более низких нагрузках ограничение /3/ может не играть существенной роли, поскольку величина η_1 будет пренебрежимо малой.

Расчет η_N . Для нахождения просчетов из-за ограниченного числа измерительных каналов примем, что стоп-сигналы случайно распределены в интервале дрейфа $(0, T)$. Тогда, согласно закону Пуассона, вероятность попадания n частиц в интервал $(0, T)$ составляет

$$p(n, T) = \frac{(K \cdot f''_0 \cdot T)^n}{n!} e^{-K \cdot f''_0 \cdot T} \quad /4/$$

где $f''_0 \approx f_0 \cdot (1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_K)$,

Следует заметить, что $K \cdot f_0 \cdot T$ есть среднее число стоп-импульсов (n_0), поступающих за время дрейфа с участка дрейфовой камеры на систему. Коэффициент просчетов будет равен отношению среднего числа просчитанных сигналов ($n - N$) за цикл работы системы к среднему числу поступивших за этот цикл сигналов, а именно

$$\eta_N = \frac{\sum_{n=N+1}^{\infty} (n - N) \cdot p(n, T)}{\sum_{n=0}^{\infty} n \cdot p(n, T)} = \frac{\sum_{n=N+1}^{\infty} n \cdot p(n, T) - N \cdot \sum_{n=N+1}^{\infty} p(n, T)}{\sum_{n=0}^{\infty} n \cdot p(n, T)}$$

$$= \frac{\sum_{n=0}^{\infty} n \cdot p(n, T) - \sum_{n=0}^N n \cdot p(n, T) - N \cdot [\sum_{n=0}^{\infty} p(n, T) - \sum_{n=0}^N p(n, T)]}{\sum_{n=0}^{\infty} n \cdot p(n, T)} \quad /5a/$$

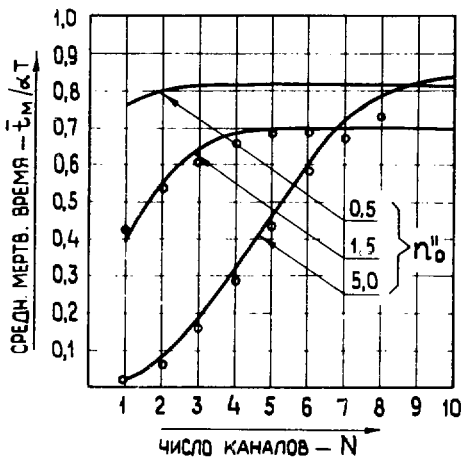
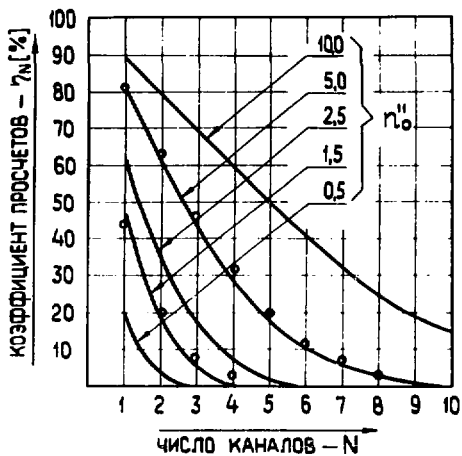
Поскольку $\sum_{n=1}^{\infty} n \cdot p(n, T) = n_0''$, а $\sum_{n=0}^{\infty} p(n, T) = 1$, то в результате имеем

$$\eta_N = \frac{n_0'' - N + [N \cdot \sum_{n=0}^N \frac{(n_0'')^n}{n!} - \sum_{n=1}^N \frac{(n_0'')^n}{(n-1)!}]}{n_0''} \cdot e^{-n_0''}$$

/56/

Графики зависимости η_N от N для различных n_0'' , рассчитанные по формуле /56/, приведены на рис. 2а. Видно, что для N порядка $2-3/n_0''$ величина η_N становится пренебрежимо малой. Например, при $K=32$ /3/;

Рис. 2. Графики зависимостей а/ коэффициента просчетов η_N и б/ среднего относительного мертвого времени кодировщиков от числа каналов измерения для различных n_0'' .



$f_0'' = 10^5 \text{ с}^{-1}$; $T = 0,5 \text{ мкс} / n_0 \approx 1,5/$ имеем $N = 4$.
 При заданном N указанное соотношение служит основанием для выбора K .

Расчет t_M . Если кодировщики время-цифра имеют некоторое мертвое время /например схемы, работающие по принципу временного экспандера / $2^{-5}/$, то процесс кодирования приводит к потере части событий (η_M). Для нахождения величины η_M следует определить среднее мертвое время системы из N кодировщиков (t_M). Если стоп-сигналы случайно распределены в интервале дрейфа, то вероятность того, что в некоторый интервал времени $(0, t)$, где $0 \leq t \leq T$, на один из входов поступит n импульсов, равна

$$p(n, t) = \frac{(f_0'' \cdot t)^n}{n!} e^{-f_0'' \cdot t} \quad /6/$$

Вероятность того, что в последующий интервал (t, T) не поступит ни одного импульса, равна

$$p(0, T - t) = e^{-f_0'' \cdot (T - t)} \quad /7/$$

Вероятность поступления в интервале $(0, T)$, к моменту времени t , n и только n импульсов будет равна произведению $p(n, t)$ и $p(0, T - t)$:

$$p_n(t) = \frac{(f_0'' \cdot t)^n}{n!} e^{-f_0'' \cdot T} \quad /8/$$

Для нахождения среднего времени поступления n и только n импульсов выразим t через p_n

$$t = \frac{1}{f_0''} \cdot [n! \cdot e^{f_0'' \cdot T} \cdot p_n]^{1/n} \quad /9/$$

откуда

$$\bar{t}_n = \frac{1}{p_n(T)} \int_0^{p_n(T)} t(p_n) \cdot dp_n = T \frac{n}{n+1}. \quad /10/$$

Здесь \bar{t}_n - среднее время, фиксируемое моментом поступления последней из n частиц. Мертвое время системы из N кодировщиков будет определяться мертвым временем кодировщика, регистрирующего последний из n импульсов, а именно

$$\bar{t}_{MN} = \alpha \cdot \bar{t}_n. \quad /11/$$

где α - коэффициент пропорциональности /временной растяжки в системах с экспандером/. Для нахождения среднего мертвого времени системы необходимо просуммировать все \bar{t}_n ($1 \leq n \leq N$) с весовыми коэффициентами, равными вероятностям поступления числа импульсов, равного n :

$$\bar{t}_M = \alpha \cdot [T \cdot p(0, T) + \sum_{n=1}^N \bar{t}_n \cdot p_n(T)]. \quad /12/$$

Здесь первое слагаемое учитывает случай отсутствия стоп-импульсов в диапазоне измерений, что также вызывает появление мертвого времени у кодировщиков /6/. С учетом того, что у нас имеется K каналов регистрации, и после подстановки в /12/ выражений /7/, /8/, /10/ получим

$$\bar{t}_M = \alpha \cdot T \cdot e^{-n_0''} \cdot [1 + \sum_{n=1}^N (n_0'')^n \frac{n}{(n+1)!}]. \quad /13/$$

График функции $\bar{t}_M/\alpha \cdot T$ в зависимости от величины N представлен на рис. 2б. Например, если $K=30$; $N=6$; $n_0'' = 1,5$; $T = 0,5$ мкс; $\alpha = 50$, то среднее мертвое время системы составит 17,5 мкс.

Мертвое время преобразователей время-цифра не является ограничивающим фактором, если велико время передачи данных в накопительное устройство, например

в случае передачи данных в ЭВМ через магистраль КАМАК. Если t_{II} - время передачи информации с одного кодировщика, то из условия $t_M \leq N \cdot t_{II}$ получим ограничение на допустимую величину коэффициента временной трансформации

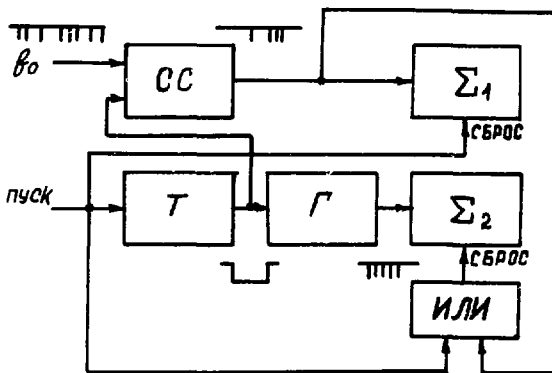
$$\alpha \leq \frac{N \cdot t_{II}}{\tau \cdot e^{-n''} \cdot [1 + \sum_{n=1}^N (n'')^n \frac{\tau}{(n+1)!}]} \approx N \frac{t_{II}}{\tau} \quad /14/$$

Если $N = 6$, $\tau = 0,5$ мкс и $t_{II} = 5$ мкс, то имеем допустимую величину $\alpha \approx 60$. Неэффективность регистрации, вызванная t_M и t_{II} , составляет

$$\eta_{M, II} = \frac{(t_M + N \cdot t_{II}) \cdot f_T}{(1 + (t_M + N \cdot t_{II}) \cdot f_T)} \quad /15/$$

где f_T - средняя частота стартовых /триггерных/ сигналов. В нашем примере, если $f_T = 10^4$ Гц, то $\eta_{M, II} = 32\%$.

С целью проверки соотношений /5/ и /12/ проводилось экспериментальное моделирование статистических загрузок системы из N измерительных каналов. Блок-схема макета представлена на рис. 3. Импульсы от α -источника A_{π}^{243} , выделенные сцинтилляционными детекторами, представляли случайную последовательность сигналов с группы проволок дрейфовой камеры /средняя частота их составляла ~ 4 кГц/. Таймер τ по импульсу запуска задавал интервал, эквивалентный времени дрейфа. Длительность интервала подбиралась такой, чтобы получить на выходе схемы совпадений C требуемую величину n_0 . На время срабатывания таймера запускался генератор импульсов Γ с частотой ~ 100 кГц/, с помощью которого счетчиком Σ_2 производился отсчет времени от момента поступления последней частицы до окончания интервала τ . Порядковый номер последней частицы фиксировался счетчиком Σ_1 . По результатам распределений



$$\Sigma_1 \rightarrow n_0, \Sigma_2 \rightarrow T - t_n$$

Рис. 3. Блок-схема макета для экспериментального моделирования статистических нагрузок системы из N измерительных каналов.

числа пришедших частиц и моментов поступления последней из них вычислялись экспериментальные величины η_N и t_M/T . Результаты измерений для $n_0 = 1,5$ и $n_0 = 5$ отмечены кружками на рис. 2а,б.

В заключение авторы выражают признательность А.Н.Парфенову за содействие в работе.

Литература

1. H.Verweij. IEEE, Trans., NS-22, No. 1, 1975, 437.
2. M.Turala. Proc. 2nd Ispra Nucl. Electron. Symp., Stresa, Italy, May 20-23, 1975, 365.
3. С.Г.Басяладзе, В.Тлачала. Труды II Международного совещания по методике проволочных камер. ОИЯИ, Д13-9164, Дубна, 1975, стр. 256.

4. D.L.Hartill. Там же, стр. 224.
5. F.Kirsten. Там же, стр. 272.
6. С.Г.Басяладзе, В.Тлачала, ИТЭ, №5, 1975, 78.

*Рукопись поступила в издательский отдел
6 июля 1976 года.*