

**Б. С. Гольдштейн**

## **Инженерная оценка емкости микропроцессорного определителя входов в узле коммутации**

---

**В современных электронных узлах коммутации как с распределенным, так и с централизованным управлением широко применяются периферийные управляющие устройства на основе средств микропроцессорной техники, реализующие значительную часть алгоритмов системы сигнализации. Основной функцией таких устройств являются периодическое сканирование абонентских и соединительных линий и определение по результатам сканирования соответствующих сигналов управления и взаимодействия.**

**Представленная в статье аналитическая модель такого периферийного управляющего микропроцессорного устройства позволяет получить оценки, оказывающие существенное влияние на архитектуру системы управления узлом коммутации в целом. Предлагаемый алгоритм определения допустимых границ емкости периферийных управляющих микропроцессоров при заданной интенсивности входного потока сигналов, требуемых качестве обслуживания и производительности микропроцессора удобен для практического применения при проектировании электронных и квазиэлектронных АТС и модернизации координатных с использованием микропроцессорной техники.**

Многопроцессорная система управления позволяет реализовать принципы распределенного управления электронными коммутационными узлами (ЭКУ), внести «интеллект» непосредственно в комплекты и системы узла и призвана удовлетворить растущие потребности интегральных ЭКУ. Распределенное микропроцессорное управление дает возможность при сохранении всех преимуществ централизованного управления и автоматизированного технического обслуживания для различных типов станций, включая сельские АТС малой емкости, увеличить суммарную производительность системы управления и обеспечить ее надежность, модульность, снизить общую стоимость управления, независимость затрат на один номер от емкости АТС.

Упрощенная структурная схема ЭКУ с распределенным управлением показана на рис. 1. Архитектура такой системы управления имеет иерархический характер, многочисленную группу этой системы составляют периферийные управляющие микропроцессоры (УМП) линейных, абонентских и служебных комплектов

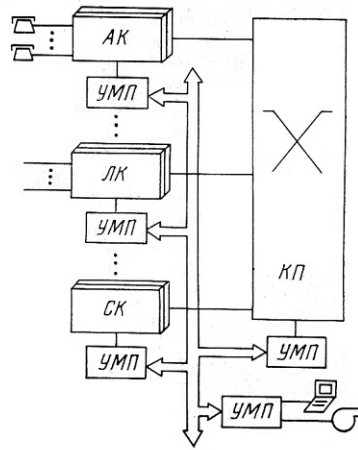


Рис. 1

ЭКУ, реализующие алгоритмы систем сигнализации. Наряду с общими функциями управления, контроля и диагностики, взаимодействия с другими микропроцессорами системы периферийный УМП определяет моменты возникновения тех или иных сигналов управления и взаимодействия. Последняя функция является основной и выполняется путем циклического (с периодом  $\tau$ ) опроса всех линий (абонентских и соединительных) и корректирования данных об их состоянии.

Процедура опроса (сканирования) линий, реализуемая периферийным УМП, может быть рассмотрена с помощью модели, изображенной на рис. 2.

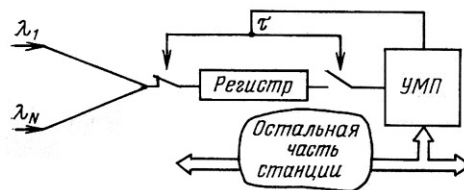


Рис. 2

При каждом изменении состояния линии выполняется программа обработки сигналов в УМП, продолжительность которой является случайной величиной с функцией распределения  $B(t)$  и математическим ожиданием  $1/\mu$ ; преобразование Лапласа этой функции обозначим через  $\beta(s)$ . Поток сигналов, поступающих в УМП через регистр, создает  $N$  источников. Промежутки между моментами инициирования сигналов в каждом источнике имеют экспоненциальное распределение с математическим ожиданием  $1/\lambda$ , т. е. имеет место пуассоновская нагрузка второго рода [1]. Интенсивность  $\Lambda_i$  поступления сигналов в УМП в этом случае зависит от текущего состояния системы — от числа уже поступивших сигналов:

$$\Lambda_i = \begin{cases} \lambda(N - i), & i = 0, 1, 2, \dots, N; \\ 0, & i > N. \end{cases} \quad (1)$$

Численные значения периода  $\tau$  обуславливаются необходимостью достоверного распознавания сигналов управления и взаимодействия для конкретного оборудования узла и системы сигнализации. Например,  $\tau = 20$  мс при приеме сигналов управления длительностью  $45 \pm 5$  мс от координатных АТС многочастотным кодом «2 из 6»;  $\tau = 10$  мс при сканировании импульсов набора номера и т. д.

Для данной модели дифференциально-разностные уравнения размножения общего типа, описывающие динамику рассматриваемого вероятностного процесса, с учетом (1) принимают вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d P_0(t)}{d t} = -N \lambda P_0(t); \\ \frac{d P_k(t)}{d t} = (k - N) \lambda P_k(t) + (N - k + 1) \lambda P_{k-1}(t) \\ \frac{d P_N(t)}{d t} = \lambda P_{N-1}(t) \end{array} \right.$$

Решением этих уравнений является биномиальное распределение числа сигналов, поступивших в интервале  $[\tau]$ , вида

$$P_k = \binom{N}{N-k} e^{-N\lambda\tau} (e^{\lambda\tau} - 1)^k. \quad (2)$$

Основной характеристикой процедуры определения входов в периферийном УМП является функция распределения  $\Pi(t)$  длительности обработки сигналов в интервале  $[\tau]$ , преобразование Лапласа которой имеет вид

$$\pi(s) = \sum_{k=0}^N P_k [\beta(s)]^k. \quad (3)$$

Предположим, что время выполнения программ обработки сигналов в УМП имеет экспоненциальное распределение, тогда функция распределения

$$\Pi(t) = e^{-N\lambda\tau} \left\{ 1 + \sum_{k=1}^N \binom{N}{N-k} \times (e^{\lambda\tau} - 1)^k \left[ 1 - e^{-\mu t} \sum_{j=0}^{k-1} \frac{(\mu t)^j}{j!} \right] \right\}. \quad (4)$$

Используя два комбинаторных соотношения:

$$\sum_{k=1}^N \binom{N}{N-k} p^k k = N p (1+p)^{N-1};$$

$$\sum_{k=1}^N \binom{N}{N-k} p^k k^2 = N p (1+Np)(1+p)^{N-2}$$

и формулу (3), определяем математическое ожидание длительности обработки сигналов

$$E[\Pi(t)] = N \frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\mu}, \quad (5)$$

и дисперсию этой случайной величины

$$D[\Pi(t)] = N \frac{1 - e^{-2\lambda\tau}}{\mu^2}. \quad (6)$$

На рис. 3 представлены графики функции распределения  $\Pi(t)$ , рассчитанные по формуле (4), при постоянных суммарной нагрузке на УМП  $N\lambda = 2$  сигн./мс,  $\tau=10$  мс,  $\mu = 5$  сигн./мс и различных значениях емкости управляющего микропроцессора:  $N = 8$  (кривая 1),  $N=16$  (кривая 2),  $N = 32$  (кривая 3),  $N = 64$  (кривая 4),  $N = 256$  (кривая 5)  $N = 512$  (кривая 6). Штриховая кривая 7 построена по результатам [2] и соответствует пуассоновской нагрузке первого рода от бесконечного числа источников с той же интенсивностью.

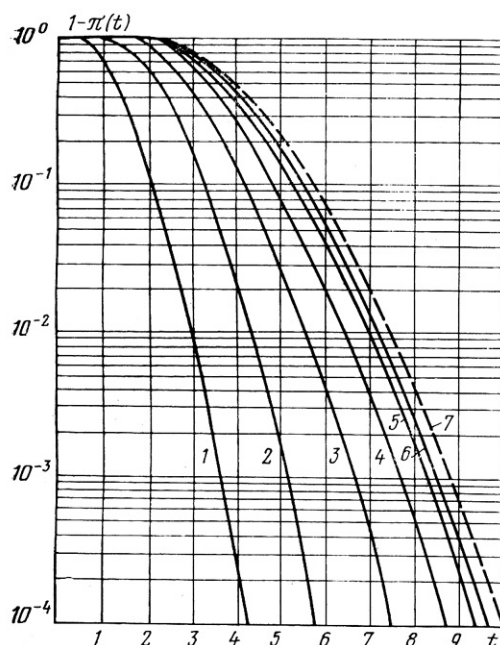


Рис. 3

Полученные выражения позволяют определить допустимую емкость периферийного УМП при заданном качестве обслуживания, удовлетворяющем условию  $\Pi(t_c) > 1 - \xi$ , где значения вероятности потерь  $\xi$  задаются обычно в пределах  $10^{-2} - 10^{-6}$ . Следует заметить, однако, что величина  $t_c$  — наибольшая возможная доля интервала  $\tau$ , предоставляемая для обработки сигналов, — в свою очередь, зависит от числа подключаемых к данному УМП линий.

Рассмотрим более детально операции периферийного УМП, выполняемые в каждом временном интервале  $\tau$  [3]. Первая из этих операций — опрос всех  $N$  линий, обслуживаемых УМП, на предмет выявления изменений в их состояниях, т. е. определение наличия сигналов. Длительность выполнения этой операции  $t_o = N t_{oi}$ , где, как правило,  $t_{oi} = (0,05 \dots 0,002) 1/\mu$ ,  $i = 1, \dots, N$ .

Следующая операция, которую выполняет периферийный УМП, — вывод сигналов управления и взаимодействия. Инициаторами этой операции являются как рассматриваемый УМП, так и другие микропроцессоры системы, средняя длительность данной операции

$$t_B = \frac{\alpha_B N \lambda \tau}{\mu_B}, \quad (7)$$

где  $\alpha_B$  — коэффициент, учитывающий соотношение между входящим в УМП и исходящим трафиками; он может принимать значения порядка 0,03 для УМП абонентских

комплектов и порядка 1 для комплектов соединительных линий. Интенсивность  $\mu_B$  обслуживания сигналов вывода обычно в 5 — 25 раз превышает величину  $\mu$ .

Длительность третьей операции — межпроцессорного обмена  $t_m$  — зависит от целого ряда факторов (числа УМП в станции, архитектуры многопроцессорной системы, скорости обмена по общей шине, распределения функций между УМП, разделения информации между общим и локальными ЗУ и т. д.) и может быть упрощенно представлена в виде суммы двух составляющих: времени организации сеанса межпроцессорного обмена  $t_{m1}$  (не зависит от  $N$ ) и времени передачи информации  $t_{m2}$  [определяемого выражением, аналогичным (7)]. Наконец,  $t_k$  — доля периода  $\tau$ , предоставляемая четвертой операции контроля, при рациональной организации этой операции слабо зависит от величины  $N$ .

Тогда наибольшая возможная доля интервала  $\tau$ , предоставляемая для обработки сигнала,

$$t_c \approx \tau - N \left( t_{oi} + \frac{\alpha_B \lambda}{\mu_B} + \frac{\alpha_M \lambda}{\mu_M} \right) - t_k - t_{m1}. \quad (8)$$

Алгоритм определения допустимого значения  $N$  с учетом выведенных формул имеет вид:

Шаг 1. Присвоить  $N = 8$ .

Шаг 2. Определить  $t = \max\{t_c, 0\}$ , где  $t_c$  вычисляется по формуле (8). Вычислить  $\Pi(t)$  по формуле (4). Проверить выполнение неравенства  $1 - \Pi(t) < \xi$ . Если неравенство выполняется, перейти к шагу 3, в противном случае перейти к шагу 4.

Шаг 3. Присвоить  $N = 2N$ . Перейти к шагу 2.

Шаг 4 (дихотомический поиск). Присвоить вспомогательным переменным  $NA = NB = N/2$ .

Шаг 5. Присвоить  $NB = NB/2$ ;  $N = NA + NB$ . Определить  $t_c$  по формуле (8). Вычислить  $\Pi(t_c)$  по формуле (4). Проверить выполнение неравенства  $1 - \Pi(t) < \xi$ . Если неравенство выполняется, положить  $NA = N$ , в противном случае —  $N = NA$ .

Шаг 6. Проверить условие  $NB = 1$ . Если условие не выполняется, вернуться к шагу 5. При выполнении условия считать текущее значение  $N$  допустимым числом линий для данного УМП и завершить работу алгоритма.

Данный алгоритм реализован на языке ПЛ/1 и неоднократно применялся для расчета различных вариантов архитектуры многопроцессорной системы управления при проектировании узла коммутации с распределенным управлением.

Следует заметить, что, несмотря на допущение об экспоненциальном распределении промежутков между моментами поступления сигналов, дающее несколько пессимистичную оценку допустимой емкости  $N$  в классе эрланговских распределений, адекватность предложенной модели подтверждается рядом экспериментальных данных. Так, емкость УМП, выполненного на базе микропроцессорного набора К580 для АТС на 2000 номеров, выбрана по предложенной методике, равной 32 (кривая 3 на рис. 3). Для АТС ДХ-200 в условиях ее эксплуатации на Ленинградской ГТС расчетное значение  $N$  равно 72 (реализовано 64).

## *ЛИТЕРАТУРА*

1. Шнепс М. А, Системы распределения информации. Методы расчета.— М.: Связь, 1979.
2. Jung M. M. Busy period distribution in an SPC processor having a clock-pulse operated gate.— Philips Telecommunication Review. 1980, Vol. 38, N 2.
3. Попова А.Г., Карасик М.М. Применение микропроцессоров в управляющих устройствах узлов коммутации.— Электросвязь, 1984, № 6.

*Статья поступила 14 января 1985 г.*