

ния. Уменьшение граничной частоты полосы пропускания дифференциального каскада объясняется влиянием входных емкостей дополнительных каскадов на p - n - p транзисторах. Как видно из табл. 1 и 2 граничные частоты дифференциальных каскадов с дополнительными обратными связями практически совпадают, что позволяет использовать предложенный метод структурной оптимизации каскадов для построения широкого класса практических схем мультидифференциальных ОУ с целью создания экономичных СФ блоков смешанных СнК [1].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крутччинский С.Г., Нефедова А.В. Структурные признаки дифференциальных каскадов – см. выпуск настоящего сборника.
2. Каталог разработок Российско-Белорусского центра аналоговой микросхемотехники / Под ред. Крутччинского С.Г. – Шахты, 2006. – С. 87.
3. Старченко. Е.И. Мультидифференциальные операционные усилители. Сборник трудов МНПС «Проблемы современной аналоговой микросхемотехники». – Шахты, 2002. – С. 35-42.

УДК 621.39

А.М. Недужко

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Развитие сетевых технологий и систем передачи данных, возможности интеграции средств вычислительной техники с оконечным оборудованием телемеханических систем для энергетики позволяют увеличивать производительность информационно-управляющих систем (ИСУ) и расширять их функциональные возможности.

Развитие энергетических объектов и комплексов непосредственно связано с созданием отраслевых интегрированных автоматизированных информационно-управляющих систем, объединяющих управляющие и исполняющие подразделения.

При проектировании ИСУ следует особое внимание уделить расчету характеристик терминального оборудования и линий передачи данных, как основных составляющих комплекса технических средств ИСУ энергетическими объектами и комплексами.

Поставим задачу расчета оптимального количества линий связи [1]. Пусть имеется поток сообщений, подлежащий обработке на терминальных устройствах или передаче по линиям связи. Поток сообщений имеет характеристики: n – общее количество потоков сообщений различных видов; $A_i(t)$ – распределение интервалов времени между последовательными сообщениями каждого видов; α_i – интенсивность потоков сообщений каждого видов; a_i – относительная важность сообщений каждого i -го вида.

Длительность занятости сообщением терминального устройства или линии связи характеризуется функцией распределения $B_i(t)=P_i(<t)$, где $P_i(<t)$ – вероятность того, что длительность занятости сообщением i -го терминального устройства или канала связи не превысит значения t . Характер распределения $B_i(t)$ определяется количеством знаков в сообщении и скоростью передачи для передачи по

линии связи, а для терминального устройства — количеством знаков в сообщении и скоростью работы пользователя. Введем ограничения в виде допустимых значений вероятности отказа в предоставлении сообщении терминального устройства или канала связи $P_{доп. отк}$ или допустимой величины вероятности задержки сообщения $P_{доп. з}$

Задачу определения необходимого числа терминальных устройств или линий связи сформулируем следующим образом: найти такое количество терминальных устройств или линий связи, которое обеспечивает переработку потока сообщений при ограничении вида $P_{доп. отк}$ или $P_{доп. з}$ [2]. Решение этой задачи приводится при ограничениях на $P_{доп. отк}$ и $P_{доп. з}$.

Рассмотрим учет ненадежности оборудования при проведении расчетов. Затраты на восстановление ухудшают качество работы устройства, это выражается в снижении производительности устройства. Под качеством работы устройства понимают затраты времени на обработку сообщения. С учетом интенсивности отказов устройств и интенсивности восстановления длительность времени обработки сообщения на устройстве или передаче по линии связи увеличится. При таком подходе целесообразно применить математический аппарат теории массового обслуживания [3]. Терминальное устройство или линию связи в терминах теории массового обслуживания назовем обслуживающим прибором; длительность обработки сообщения - длительностью обслуживания сообщения.

Пусть $B(t)$ - функция распределения времени обслуживания, $F(t)$ — функция распределения длительности безотказной работы, $\Phi(t)$ — функция распределения длительности восстановления после поломки, $H(t)$ — функция распределения длительности обслуживания сообщения при возникновении отказов и восстановлении. Преобразования Лапласа—Стилтьеса распределений $H(t)$, $B(t)$, $\Phi(t)$ и $F(t)$ есть соответственно $\eta(s)$, $\beta(s)$, $\varphi(s)$, $f(s)$.

Для получения функции $H(t)$ рассмотрим события:

- при обслуживании сообщения возникает поломка, прибор восстанавливается, после чего сообщение заново обслуживается;
- при обслуживании сообщения возникает поломка, прибор восстанавливается, после чего сообщение дообслуживается с того момента, когда возникла поломка.

Для первого события:

$$H(t) = \int_0^t [1 - F(x)] dB(x) + \int_0^t [\Phi(t-x)H(t-x)][1 - B(x)] dF(x). \quad (1)$$

Переходя к преобразованиям Лапласа—Стилтьеса, для (1) получим

$$\eta(s) = \frac{\beta(s) - \delta(s)}{1 - \varphi(s)[f(s) - \Delta s]}, \quad (2)$$

где $\delta(s) = \int_0^\infty e^{-st} F(t) dB(t)$; $\Delta s = \int_0^\infty e^{-st} B(t) dF(t)$.

Если продолжительность безотказной работы распределена по показательному закону, т.е. $F(t) = 1 - e^{-\alpha t}$ (α — интенсивность возникновения отказа (поломки) прибора), определим:

$$\delta(s) = \beta(s) - \beta(s + \alpha); \quad \Delta s = \alpha \beta(s + \alpha) / (\alpha + s); \quad f(s) = \alpha / (\alpha + s). \quad (3)$$

Подставляя величины (полученные в (3)) в уравнения (2), получим

$$\eta(s) = \frac{\beta(s + \alpha)}{1 - \alpha\varphi(s) \frac{1 - \beta(s + \alpha)}{s + \alpha}}. \quad (4)$$

Продифференцировав уравнение (4) по s и приняв $s=0$, получим среднюю продолжительность обслуживания $\bar{\eta}$ сообщения при условии возникновения отказов и восстановления прибора:

$$\bar{\eta}(s) = \frac{[1 - \beta(\alpha)](1 + \alpha\bar{\varphi})}{\alpha\beta(\alpha)}, \quad (5)$$

где $\bar{\varphi} = \left. \frac{d\varphi(s)}{ds} \right|_{s=0}$.

Для второго события:

$$H(t) = \int_0^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} \Phi^k(t-x) P_k(x) dB(x), \quad (6)$$

где $P_k(x)$ — вероятность того, что на интервале $[0, x]$ пройдет k моментов восстановления процесса. Из (6) получим

$$\eta(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} P[\varphi(s), t] dB(t), \quad (7)$$

где $P(x, t) = \sum_{k=0}^{\infty} x^k P_k(t)$. На практике полагают $F(t) = 1 - e^{-\alpha t}$, тогда

$$P_k(t) = \frac{(\alpha t)^k}{k!} e^{-\alpha t}; \quad P(x, t) = e^{-\alpha t} e^{-\alpha x t}. \quad (8)$$

С учетом (8)

$$\bar{\eta}(s) = \beta(s + \alpha + \alpha\varphi(s)). \quad (9)$$

Как и для первого случая, проделав с $\eta(s)$ действия для получения среднего значения, получим

$$\bar{\eta} = \bar{\beta} + \alpha \bar{\beta} \bar{\varphi}. \quad (10)$$

Проведенные расчеты позволят учесть влияние частоты вывода из строя прибора и интенсивности его восстановления. Этот учет выразится в том, что производительность терминальных устройств или линий связи уменьшится. Для дальнейших расчетов после вычисления η можно принять, что терминальные устройства и линии связи идеально надежны.

Рассмотрим расчет при ограничении на допустимую вероятность отказа $P_{д.отк}$. Функционирование терминальных устройств или линий связи ИСУ энергетических объектов и комплексов, рассмотрим как многолинейную систему массового обслуживания, допускающую ожидание сообщений в случае занятости всех приборов (ЭВМ, терминальных устройств, линий связи, оконечного оборудования). Сообщение, поступившее в момент занятости всех приборов, направляется в очередь для ожидания. Если имеются данные о допустимой вероятности отказа при мгновенном начале обслуживания $P_{дотк}$, то расчет производится по формуле Эрланга. Эта формула применима при следующих допущениях:

- входящий поток сообщений аппроксимируется пуассоновским распределением вида $P_k(t) = \frac{I}{k!} (\lambda t)^k e^{-\lambda t}$ — вероятность поступления k сообщений за время t ;

- длительность обслуживания сообщения аппроксимируется показательным распределением вида $F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$.

В работе [4] доказана справедливость формул Эрланга для более общего случая, когда длительность обслуживания имеет произвольную функцию распределения. Результаты статистической обработки сообщений, возникающих в ИСУ энергетических объектов и комплексов, показывают, что принятие гипотезы о пуассоновском распределении потока сообщений вполне удовлетворительно.

При этих допущениях применима формула Эрланга:

$$P_n = \frac{(\lambda \bar{\eta})^n \frac{I}{n!}}{\sum_{k=0}^n (\lambda \bar{\eta})^k \frac{I}{k!}}, \quad (11)$$

где P_n — вероятность занятости всех линий связи в системе с n приборами; $\bar{\eta}$ — математическое ожидание величины интервала обслуживания одного сообщения; λ — интенсивность поступления сообщений в ИСУ энергетических объектов и комплексов, которая вычисляется по приближенной формуле

$$\lambda = N / \bar{\eta}, \quad (12)$$

где N — среднее число сообщений, поступающих для обслуживания в течение интервала времени обслуживания одного сообщения.

Рассмотрим расчет при ограничениях на вероятность запаздывания сообщения $P_{\text{доп}}$. Для расчета количества терминальных устройств и линий связи ИСУ энергетических объектов и комплексов рассмотрим многолинейные системы массового обслуживания с ожиданием. Определение времени пребывания сообщения в очереди для произвольного закона обслуживания не имеет аналитического вида. Воспользуемся следующим приемом исследования. Задаемся классом распределений, начиная с регулярного нижнего предела и кончая экспоненциальным верхним пределом. Это предельные функции в классе распределений Эрланга.

Определены интенсивность входящего потока сообщений λ и средняя длина занятости терминального устройства или линий связи $\bar{\eta}$. Среднее время ожидания сообщения $W_{\text{ож}}$ при регулярном обслуживании ($\eta \equiv \text{const}$), вычисляется по формуле [5]

$$W_{\text{ож}} = \sum_{i=1}^{n-1} e^{-i\lambda \bar{\eta}} \left[\sum_{j=i}^{\infty} \frac{(i\lambda \bar{\eta})^j}{j!} - \frac{n}{\lambda \bar{\eta}} \sum_{j=i+1}^{\infty} \frac{(i\lambda \bar{\eta})^j}{j!} \right], \quad (13)$$

при этом следует соблюдать условие стационарности $\lambda \bar{\eta} < n$.

Среднее время ожидания сообщения $W_{\text{ож}}^e$ при экспоненциальном распределении времени обслуживания вычисляется по формуле

$$W_{\text{ож}}^e = \frac{(\lambda \bar{\eta})^n P_0}{\mu(n - \lambda \bar{\eta})^2 (n-1)!}, \quad (14)$$

где

$$P_0 = \left[\sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\lambda\bar{\eta})^k}{k!} + \frac{(\lambda\bar{\eta})^n}{(n-1)!(n-\lambda\bar{\eta})} \right]^{-1}.$$

По формулам (13) и (14) рассчитывают среднее время ожидания сообщений при регулярном и экспоненциальном времени обслуживания. Расчет ведется при последовательном увеличении числа приборов n .

На рис. 1 приведены кривые изменения среднего времени ожидания сообщений как функции числа приборов.

На оси ординат отложено значение допустимого времени ожидания и проведена из этой точки прямая, параллельная оси абсцисс, которая пересекает кривые регулярного и экспоненциального обслуживания. Спроектировав точки пересечения на ось абсцисс и разделив отрезок между проекциями точек на две равные части, получим минимально допустимое число необходимых терминальных устройств и линий связи.

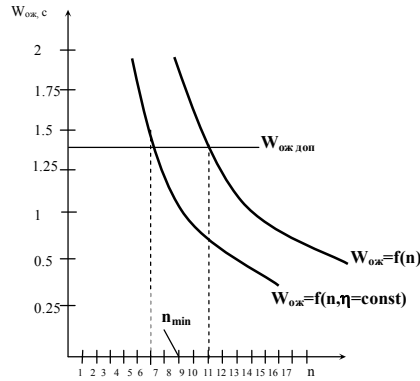


Рис. 2. Кривые изменения среднего времени ожидания сообщений как функции числа приборов

Как указывалось выше, формулы (13) и (14) дают верхнюю и нижнюю оценки для $W_{ож}$ в классе эрланговских распределений длительности обслуживания. Для общего случая (функция распределения длительности обслуживания общего вида) соответствующие характеристики в аналитическом виде до сих пор не получены. Поэтому пользуются приближенными оценками, например:

$$\bar{W}_{ож} = P(t > 0) \frac{\bar{\eta}n(1 - \rho^{n-1})}{n!(1 - \rho)(n + 1)(1 - \rho^n)}, \quad (15)$$

где

$$P(t > 0) = \frac{n(n - \lambda\bar{\eta})(\lambda\bar{\eta})^n e^{-\lambda\bar{\eta}}}{n!(1 - e^{-\lambda\bar{\eta}}) \sum_{k=n}^{\infty} \frac{(\lambda\bar{\eta})^k}{k!} + \frac{n(n - \lambda\bar{\eta})(\lambda\bar{\eta})^n e^{-\lambda\bar{\eta}}}{n!}}.$$

Рассмотрим расчет оптимального количества терминальных устройств и линий связи [1]. Расчеты дают возможность найти приемлемые объемы ресурсов для переработки заданного потока информации при выполнении определенных условий. Определение допустимой вероятности задержки сообщения или отказа в обслуживании, как условия, устанавливаются либо эвристическим

путем, либо при наблюдении за процессом функционирования реально действующей системы. Для этого изменяют указанные величины и изучают характер изменения эффективности системы в целом. Определяют допустимую вероятность отказа $P_{доп. отк}$ или вероятность задержки обслуживания $P_{з. обл}$.

Эффективность ИСУ энергетических объектов и комплексов исследуется с применением моделей функционирования. Берется модель, компонентами которой являются количество терминальных устройств, линий связи и величины задержек сообщений. Выявляются те компоненты в общей функции эффективности, на которые влияют количество оборудования и величины задержек. После этого исследуют модель, оценивая эффективность системы.

В результате эксперимента устанавливают функцию потерь эффективности как от изменения количества устройств, так и от величины задержек сообщений или величины вероятности отказа в обслуживании. Функция потерь эффективности представима в виде функции многих переменных:

$$P_{эф} = f(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n). \quad (16)$$

Вид функции $P_{эф}$ сводится к функции, в которой значения элементов вектора x_1, x_{n-2} постоянны. Расчеты покажут связь между x_{n-1} и x_n . Увеличение значения x_{n-1} , т.е. числа устройств или линий связи, вызывает уменьшение x_n величины задержек или отказов в обслуживании. Однако увеличение x_{n-1} прямо пропорционально увеличению потерь эффективности.

Устройства и линии связи однотипны. Увеличение потерь эффективности находится в прямой линейной зависимости от затрат на приобретение большего числа устройств, а изменение потерь эффективности от величины задержек или отказов является нелинейной зависимостью, причем вид этой зависимости имеет форму возрастающей вогнутой вниз функции. Появляется задача оптимизации числа терминальных устройств и линий передачи данных.

Поиск зависимости потерь эффективности системы от величины задержки информации назовем поиском функции стоимости старения информации или функции штрафов за несвоевременный ввод информации в управляющее звено ИСУ энергетических объектов и комплексов.

С каждым требованием связаны потери, вызванные штрафом за время пребывания требования в ИСУ энергетических объектов и комплексов. Если считать, что штраф прямо пропорционален времени пребывания требования в ИСУ энергетических объектов и комплексов, то средний штраф на каждое требование составит $W_{ож}(N)C_1$, где C_1 — штраф за единицу времени, а $W_{ож}(N)$ — среднее время ожидания требования в системе при наличии N устройств переработки информации в ИСУ. Поскольку в единицу времени в ИСУ энергетических объектов и комплексов поступает в среднем K требований, то средние потери в системе за единицу времени составят $W_{ож}(N)C_1$.

Кроме критериев, связанных с задержками требований в ИСУ энергетических объектов и комплексов, имеются потери, вызванные затратами на оборудование. Если приобретение одного дополнительного устройства влечет дополнительные затраты C_2 в единицу времени, то общие затраты в системе в единицу времени при наличии N устройств переработки данных определяются соотношением:

$$N = W_{ож}(N)C_1 + NC_2, \quad (17)$$

которое позволяет найти оптимальное число устройств N , если заданы C_1, C_2 и найдено $W_{ож}(N)$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Костюк В.И.* Основы построения АСУ: Учебное пособие для вузов. — М.: Сов. радио, 1977.
2. *Гибмаи Е.А.* Повышение качества проектирования АСУТП // Приборы и системы. — М.: 2002. — №6.
3. *Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н.* Введение в теорию массового обслуживания. — М.: Наука, 1966.
4. *Севостьянов Б.А.* Эргодическая теорема для марковских процессов и ее приложение к телефонным линиям с отказами. — В кн.: Теория вероятностей и ее применение. — М.: 1957. Вып. 1. Т.2.
5. *Саати Т.Л.* Элементы теории массового обслуживания и ее приложения. — М.: Сов. радио, 1971.
6. *Цвиркун А.Д.* Структура сложных систем. — М., 1975.

УДК 621.39

А.В. Анисимов**ХАРАКТЕРИСТИКИ КАЧЕСТВА УДАЛЕННОГО ДОСТУПА**

Беспроводные сети доступа к WAP (Wireless Application Protocol) являются средством организации доступа абонентов сотовой связи к WAP-ресурсам Интернет. Необходимым компонентом для решения этой задачи является RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Service). Информационные документы Интернет-RFC содержат технические спецификации и стандарты RADIUS. На основе этих стандартов создаются сервера управления учетными записями и сессиями пользователей, в названии которых, как правило, используются производные от термина RADIUS. Качество доступа (качество услуги — QoS) к WAP-ресурсам при эксплуатации в глобальных сетях определяется, в том числе, и технологией обработки RADIUS пакетов пользователей. Подобная обработка включает в себя добавление/изменение атрибутов по заданным условиям, пересылку пакетов на другие RADIUS-сервера, параллельный форвардинг RADIUS-пакетов на несколько серверов.

Показатели качества служат основой для разработки архитектуры сервера. Требования высокой производительности, надежности и минимизации потерь данных при отказах представляют собой основные показатели качества. Архитектура сервера, позволяющая оптимальным образом настроить систему под конкретные требования, рассматривается как показатель качества с позиций адаптации системы к задачам потребителей сетевых услуг. В настоящей статье приводятся характеристики серверов, которые определяют качество доступа к информационным ресурсам.

Процедура работы по протоколу RADIUS выполняется пользователем, запрашивающим услугу, сервером доступа (NAS – Network Access Server), обеспечивающим услугу, и RADIUS сервером. Сервис, обеспечиваемый NAS пользователям, предоставляется в форме сеанса, который носит название сессия. Стандарт, используемый при организации сессий, разработан 3GPP (3rd Generation Partnership Project), которая утвердила определенный IETF протокол Session Initiation Protocol (SIP) в качестве основы для сетей мобильной связи. IETF (Internet Engineering Task Force) — международное сообщество, которое занима-