

11. Пригожин И., Николис Ж. Биологический порядок, структура и неустойчивость //УФН, 1973. И.109. № 3. С.517-544.
12. Хакен Г. Информация и самоорганизация. М.: Мир, 1991, 240 с.
13. Стратонович Р.Л. Нелинейная неравновесная термодинамика. М.: Наука, 1985, 480 с.
14. Котельников В.А. Теория потенциальной помехоустойчивости. М.: Госэнергоиздат, 1956, 234 с.
15. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. М.: ИЛ, 1963, 348 с.
16. Нейман Дж. фон. Теория самовоспроизводящихся автоматов. М.: Мир, 1971, 264 с.
17. Бриллюэн Л. Наука и теория информации. М.: Физматгиз, 1960, 186 с.
18. Поплавский Р.П. Термодинамика информационных процессов. М.: Наука, 1981, 255 с.
19. Юров В.М., Сидореня Ю.С., Кукетаев Т.А. Термодинамика радиолиза в твердых телах //Докл. междунар. конф. ФХП-9.-Кемерово, 2004. Т. С.93-95.
20. Юров В.М. Термодинамика люминесцирующих систем //Вестник КарГУ. Сер.Физика,2005. № 3(39). С.13-16.

□ Авторы статьи :

Тен

Татьяна Леонидовна
- канд. техн. наук, доц.
(Карагандинский
экономический университет),
тел. 8(3212)44-16-71

Яворский

Владимир Викторович
-докт. техн. наук, проф.,
зав.каф.АИС (Карагандинский
государственный
технический университет),
тел. 8(3212)56-52-65

Юров

Виктор Михайлович
- канд.физ.-мат. наук, доц.
(Карагандинский государственный
университет им. Е.А.Букетова),
тел. (87172) 51-30-95
exciton@list.ru

УДК 621.3.083.92

Т.Л.Тен, В.В.Яворский, В.М.Юров

ПРОГНОЗНЫЕ РЕСУРСЫ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Введение

Обобщенное понятие «ресурса» коммуникационной системы впервые было введено Л.И.Розоноэром [1]. В этой работе обмен и распределение ресурса в системе рассматривались как происходящие по законам, аналогичным закону распределения энергии в замкнутой системе механических частиц. Позже понятие «ресурса» коммуникационной системы стали связывать с наличием некоторого множества коммуникаций, соединяющих элементы системы, и с характеристиками этих коммуникаций.

Информационно-измерительные системы (ИИС) также относятся к коммуникационным системам. Мы будем исходить из определения коммуникационной системы как системы,ключающей большое число однотипных элементов (частиц), в которой переход из одного состояния в другое осуществляется перемещением элементов (частиц) по определенным каналам связи [2].

Каждому каналу связи можно поставить в соответствие определенную величину, которая служит характеристикой канала. Такими характеристиками могут быть пропускная способность канала связи, быстродействие, точность, надежность и т.д.

Разница между каналами и частицами заключается в том, что частицы «выбирают» каналы связи, а не наоборот. Естественно, что вместе с «выбором» канала связи частица «выбирает» и его характеристику. Поэтому сумму характеристик

каналов, поставленных в соответствие каждой частице, обычно рассматривают как некоторый ресурс, потребляемый частицами [2]. Таким образом, характеристика канала становится и характеристикой частицы.

Однако потребляемые ресурсы, и, собственно, ресурсы информационной системы суть вещи разные. Действительно, если по каналам связи ИИС передается 10^3 сообщений, то это еще не означает, что она не сможет осуществить передачу 10^5 сообщений.

За пределами многих моделей, исследование которых шло по пути оптимизации некоторых параметров системы, остались скрытыми «неиспользованные резервы» этой системы.

Мы будем называть прогнозными ресурсами информационной системы ее «истинное» значение определяющего параметра, в отличие от «ресурсов потребления» или фактических ресурсов, которые сложились при функционировании системы на данный период (или момент) времени.

В связи с этим, количественная оценка прогнозных ресурсов информационных систем является важной проблемой прикладного системного анализа. Это особенно важно при проектировании ИИС. Сейчас ведутся интенсивные разработки методов и техники цифровой коммутации, начиная от создания коммутирующих матриц на большое число каналов в одном корпусе интегральной схемы до создания цифровых центров коммутации сообщений и каналов. Одним из реше-

ний данной проблемы является разработка многомерных средств преобразования информации и создание на их основе многомерных систем передачи данных. В связи с этим оценка ресурсов ИИС и факторов, определяющих эти ресурсы, на стадии проектирования и разработки ИИС является задачей актуальной.

Термодинамическая модель прогнозных ресурсов ИИС

Сделаем несколько замечаний. Если мы возьмем некоторое число однотипных ИИС, то в зависимости от элементной базы, схемных решений и т.д., «вес» основной ее характеристики – например, пропускной способности – будет изменяться. В связи с этим мы введем понятие «концентрации» основной характеристики системы, понимая под этим термином величину этой характеристики в единице «объема» системы.

«Объем» системы определяется для конкретной системы (общее количество каналов связи и т.д.). Если исходить из представлений классической термодинамики, то можно ввести понятие «энергии образования» информационной системы в результате термодинамического цикла. Тогда формула для определения затрат энергии на термодинамический цикл образования системы будет иметь вид:

$$\Delta F = \alpha T \Delta S = \alpha R T \ln X, \quad (1)$$

где $X = C/C_0$ (для прямого цикла) и $X = C_0/C$ (для обратного цикла); α - число элементов, вовлеченных в процесс образования системы; R - универсальная газовая постоянная; C_0 - начальная и C - конечная концентрации основной характеристики.

Концентрацию основной характеристики ИИС выразим через равновесную концентрацию C_p . Этот параметр пропорционален к.п.д. цикла, так что полная энергия имеет вид:

$$\Delta F_n = \Delta F / \text{к.п.д.} = \alpha R T \cdot \ln X / C_p. \quad (2)$$

Для прямого и обратного цикла

$$C_p = \frac{\alpha'}{\sum_i \alpha_i}, \quad C_p = \frac{\alpha''}{\sum_i \alpha_i}, \quad (3)$$

где α' , α'' - количество элементов, вовлеченных в процесс образования ИИС в прямом и обратном циклах, соответственно; $\sum_i \alpha_i$ - общее число элементов, вовлеченных в образование системы.

Очевидно, что в прямом цикле $\alpha = \alpha'X$ и в обратном - $\alpha = \alpha''X$. Подставляя α и C_p в (2), имеем:

$$\Delta F_n = RT X \cdot \ln X \sum_i \alpha_i. \quad (4)$$

Не меняя общности рассуждений, положим $\sum_i \alpha_i = 1$, тогда получим

$$\Delta F_n = X \cdot \ln X. \quad (5)$$

Если дифференцированные ресурсы системы в единице «объема» обозначить через Π_x , то

$$\Pi_x = \frac{1}{X \cdot \ln X}. \quad (6)$$

В работе [3] мы применили методы неравновесной термодинамики к информационным системам и получили выражение для функции отклика этой системы на внешнее воздействие с учетом диссипативных процессов. После линеаризации полученного нами выражения, функция отклика Φ системы имеет вид:

$$\Phi = \beta \frac{Q}{\Delta G^0} \cdot \bar{N}, \quad (7)$$

где Q – «емкость» канала связи в системе; \bar{N} - среднее число каналов в системе; ΔG^0 - энергия Гиббса термостата (внешней среды); β - некоторая постоянная теории, величина которой вычисляется для каждой конкретной системы по процедуре, изложенной нами в [3].

Для идеальных процессов $\Delta G^0 = \Delta F_n$ и, с учетом (5 - 7), получим

$$\Pi_x = \frac{\beta Q \bar{N}}{\Phi}. \quad (8)$$

Если «объем» информационной системы мы обозначим через V , то полные ресурсы системы будут равны

$$\Pi = \frac{\beta Q \bar{N}}{\Phi} \cdot V. \quad (9)$$

Интуитивно ожидалось, что ресурсы информационной системы будут возрастать с увеличением числа каналов связи и канальной емкости системы. Какова же роль функции отклика системы и ее вид для конкретных систем, то этот вопрос мы рассмотрим ниже.

Ресурсы и быстродействие ИИС

Определим функцию отклика системы как отношение

$$\Phi = F/P, \quad (10)$$

где $F = 1/\tau$ – вероятность перехода системы из одного состояния в другое, τ – время передачи информации, $P = 1/\tau_p$ – вероятность диссипативных процессов, τ_p – время релаксации системы.

Тогда функция отклика $\Phi = \tau_p/\tau$ и ресурсы ИИС будут пропорциональны $\Pi = \text{const} \cdot 1/\tau_p$, т.е. с ростом времени релаксации ресурсы убывают по гиперболическому закону. Время τ_p непосредственно связано с элементной базой, инерционно-

стью датчиков ИИС, наличием шумов и помех. Уменьшение τ_p – одна из главнейших задач при проектировании и создании ИИС.

Ресурсы и пропускная способность ИИС

Математическое определение меры количества информации как логарифма числа возможных последовательностей символов впервые дано Хартли [4]:

$$H = \log(S^n) = n \log S, \quad (11)$$

где n – длина последовательности, каждый элемент которой имеет S возможных значений.

Хартли впервые была определена количественная мера для сравнения предельной скорости передачи (или пропускной способности) различных линий передачи сигналов. Независимо от природы линии, пропускная способность ее пропорциональна полосе частот, в пределах которой передача может вестись без недопустимых искажений, названной Хартли частотным диапазоном линии. Если $\Delta\nu$ - полоса частот, а t – время передачи, то полное количество независимых отсчетов (или степеней свободы сообщения)

$$n = 2\Delta\nu \cdot t. \quad (12)$$

Если в качестве функции Φ взять (11), то для ресурсов ИИС будем иметь:

$$P = \frac{\beta Q \bar{N}}{2\Delta\nu \log S}. \quad (13)$$

Из (13) следуют уже известные факты, что увеличению ресурсов ИИС способствует увеличение частотного интервала и уменьшение времени передачи сигнала.

Ресурсы многомерных ИИС

Эти системы основаны на одновременном измерении различных свойств среды, зависящих от ее состава; сложного технологического процесса получения какого-либо продукта, зависящего от большого количества параметров используемых компонент и режимов его получения и т.д. с последующей математической обработкой результатов измерения.

Измеряемыми могут быть, например, электропроводность и плотность, температура кипения и показатель преломления или удельный вес и т.д. Во всех случаях независимо от характера выполняемого расчета возможность измерения связана с возможностью составления системы независимых уравнений, связывающих измеряемые параметры анализируемой системы с количеством ее компонентов.

Широкое применение при построении систем преобразования и передачи информации нашли устройства коммутации импульсов, к которым относятся такие функциональные узлы и блоки, как распределители, коммутаторы и мультиплексоры.

К распределителям относятся устройства, имеющие, как правило, один вход и ряд выходов и обеспечивающие поочередное возникновение импульсов (потенциалов) на этих выходах. Коммутаторы предназначены для выбора и подключения одного из входов (выходов) к одному выходу (входу). Мультиплексоры обеспечивают подключение нескольких независимых каналов к одному каналу.

Наибольший интерес в системах преобразования и передачи информации представляют распределители.

Отличительной особенностью предлагаемых нами многомерных распределителей импульсов является большая емкость каналов и возможность использования с различной частотой следования канальных импульсов [5,6]. Линейные распределители характеризуются частотой следования канальных импульсов по каждому каналу, которая соответствует соотношению $F_L = F_0 : a$, где F_L - частота следования канальных импульсов линейного распределителя, содержащего "a" каналов; F_0 - частота импульсов генератора тактовых импульсов (ГТИ).

Число элементарных ячеек "a" определяет общую длину линейного распределителя, частоту следования импульсов по каждому каналу и общее количество (емкость) выходов $Q_L = a$.

Линейный распределитель строится так, что одна ячейка распределителя обеспечивает один выход, т.е. одну временную позицию, что является неэкономичным.

Распределитель необходимо строить так, чтобы одна ячейка распределителя многократно участвовала в создании ряда временных позиций. В некоторой мере этому требованию удовлетворяет матричный распределитель [7,8], емкость которого характеризуется величиной $Q_M = ab$, где a и b - число ячеек или информационных каналов линейных распределителей А и В, выхода которых подаются на двухходовые элементы "И".

В случае, когда $a = b$ распределители А и В включаются последовательно относительно генератора тактовых импульсов (ГТИ) и величина $Q_M = a^2 = b^2$. Частота следования канальных импульсов в матричном распределителе независимо от соотношений $a=b$, $a \neq b$ будет $F_M = F_0 : Q$.

В данном случае потенциальные возможности матричных распределителей реализованы не полностью. Наряду с матричным распределителем имеется два линейных распределителя соответственно с канальной емкостью $Q_b = b$ и $Q_a = a$. Каждая канальная емкость характеризуется частотой канальных импульсов, то есть

$$F_a = -F_0 : a, \quad F_b = F_0 : b.$$

Если матричный распределитель считать распределителем двухмерным (плоскостью), линейный распределитель - линией, а ГТИ рассматривать как распределитель-точку с частотой следования импульсов равной F_0 , то общая канальная емкость двухмерного распределителя

$$Q_{ab} = a + b + ab + l = (a+1)(b+1).$$

Его суммарная длина, определяемая числом ячеек линейных распределителей

$$P_{ab} = a + b.$$

Данный подход, рассмотренный по отношению к двухмерному распределителю, реализованный относительно многомерного распределителя, позволяет получить большую канальную емкость, характеризующуюся различной частотой следования импульсов по отдельным групповым каналам, при сравнительно небольшом числе ячеек линейных распределителей и, соответственно, увеличить ресурсы ИИС.

Ресурсы и целевая функция Φ

Уравнение (9) можно переписать в виде

$$\Pi = \frac{\beta Q \bar{N} V}{\Phi_{min}}, \quad \Pi = \beta Q \bar{N} \cdot V \Phi'_{max}, \quad (14)$$

где Φ_{min} - целевая функция, которую необходимо минимизировать; Φ'_{max} - целевая функция, кото-

рую необходимо максимизировать.

Выбор целевой функции и нахождение ее максимального или минимального является сутью проблемы оптимизации. В отличие от рассмотренных нами выше простых физических примеров, целевая функция Φ может выражать и нефизические величины, например такие, как стоимость разработки ИИС, качество ИИС и т.д.

Вопросам определения или задания целевой функции посвящено большое количество работ (см., например, [9]), поскольку она является основой при автоматическом проектировании различных систем. В настоящее время за рубежом, в частности в США, стоимость работ по автоматизации проектирования составляет более 1/3 стоимости разработки больших проектов, что свидетельствует о сложности, дорогоизнене и актуальности автоматизированного проектирования.

Заключение

Если в процессе проектирования определены прогнозные ресурсы Π , используя приведенные выше соотношения, затем экспериментально в процессе функционирования – фактически потребляемые ресурсы Π_ϕ , то «скрытые» ресурсы $\Pi_c = \Pi - \Pi_\phi$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розонэр Л.И. Обмен и распределение ресурсов (обобщенный термодинамический подход) // Автоматика и телемеханика, 1973, №5. С.115-133, №6. С.65-80, №8.С.82-104.
2. Имельбаев Ш.С., Шмульян Б.Л. Моделирование стохастических информационных систем // Дополнение к книге: А.Дж.Вильсон Энтропийные методы моделирования сложных систем. М: Наука, 1978. С.170-233.
3. Тен Т.Л., Яворский В.В., Юров В.М. Многомерные распределители импульсов и термодинамика информационных процессов // Вест. Карагандинского Университета. Физика.-№ 1, 2006. С.26-30.
4. Хартли Р. Передача информации // В кн.: Теория информации и ее приложения. М.: Физматгиз, 1959. С. 5-35.
5. Тен Т.Л., Яворский В.В. Основы анализа многомерных информационных систем. Монография. Караганда, КЭУ, 2006. 340с.
6. Тен Т.Л., Яворский В.В. Анализ параметров многомерных информационных систем. Монография. Караганда, КГТУ, 2006. 260с.
7. Когай Л.И. и др. Многомерные устройства и системы. Караганда: изд-во КГТУ, 1997, 226 с.
8. Аракелов В.Н., Гаркуша В.С., Когай Л.И. и др. Многомерный распределитель импульсов /А.с. № 1113833/18-24 (СССР). Заявлено 23.12.82; опубл. 1984, Бюл. № 34.
9. Аветисян Д.А. Автоматизация проектирования электрических систем. М.: Высшая шк., 1998, 331с.

□ Авторы статьи :

Тен
Татьяна Леонидовна
- канд. техн. наук, доц.
(Карагандинский
экономический университет),
тел. 8(3212)44-16-71

Яворский
Владимир Викторович
-докт. техн. наук, проф.,
зав.каф.АИС (Карагандинский
государственный
технический университет),
тел. 8(3212)56-52-65

Юров
Виктор Михайлович
- канд. физ.-мат. наук, доц.
(Карагандинский государственный
университет им. Е.А.Букетова),
тел. (87172) 51-30-95
exciton@list.ru