

КОМПЛЕКСНЫЙ АЛГОРИТМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗАТОРЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАДИОКОНТРОЛЯ

Экспресс-анализ радиообстановки является одним из важнейших этапов радио-контроля (РК), в ходе которого осуществляются поиск и установление контакта со всеми источниками радиоизлучений, существующими в зоне наблюдения экспресс-анализатора (ЭА), а также обнаружение, разрешение, классификацию и оценивание информационных параметров сигналов.

При проведении технико-экономического обоснования построения ЭА используется понятие сложности системы, которое позволяет производить отбор предпочтительных вариантов реализации ЭА. Для формализации представления понятия сложности ЭА необходимо иметь описание алгоритма обработки и структуры, а также таких его характеристик как трудоемкость и быстродействие.

В данной работе рассматривается комплексный алгоритм вычислительного процесса в ЭА при проведении РК и формулируются рекомендации по оценке его трудоемкости, быстродействия и ориентировочной стоимости аппаратурной реализации.

Комплексным алгоритмом вычислительного процесса в ЭА является совокупность элементарных алгоритмов по переработке информации на всех этапах и во всех режимах работы.

Существенное влияние на состав и трудоемкость реализации комплексного алгоритма вычислительного процесса при проведении экспресс-анализа оказывают тактическая формулировка задачи РК; сложность модели радиообстановки (РО) и уровень априорной неопределенности о поляризационных, пространственных, спектральных, временных, энергетических характеристиках разведываемого радиоизлучения.

При наличии точных целеуказаний о поляризационных, пространственных, спектральных и временных характеристиках на этапе экспресс-анализа комплексный алгоритм вычислительного процесса соответствует статистической задаче обнаружения сигнала, а ЭА соответствует однофункциональному устройству. При двухком-

понтентной модели РО и наличии частичной информации о характеристиках разведываемого радиоизлучения комплексный алгоритм вычислительного процесса на этапе экспресс-анализа соответствует набору статистических задач, обеспечивающих пространственную и частотную фильтрацию, обнаружение, оценивание и классификацию информативных параметров сигнала. При этом ЭА представляет собой многофункциональное устройство.

Для большинства интересных для практики задач РК РО является многокомпонентной, характеризующейся большим количеством информативных признаков, что обуславливает совместное использование при построении эффективных ЭА спектральных и корреляционных методов обработки информации, когда СМ обеспечивают частотную селекцию компонент, а КМ многофункциональную квазиоптимальную обработку информативных параметров.

Формализованное представление элементарного алгоритма, основанного на совместном использовании СМ и КМ, имеет следующий вид:

$$\hat{l}_i = F_{1i}[U_y(T)] = \int_0^T h_{\text{ФНЧ}}(t - \tau) \left[\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h_{\Phi}(\tau_1) h_{\Phi}(\tau_1 - U) \times \right. \\ \left. \times F_{2i}[y(t), \tau_1, U] d\tau_1 dU \right] d\tau, i \in [1, n_{\text{ФП}}]; \quad (1)$$

$$F_{1i}[U_y(T)] = \begin{cases} H_1 & U \leq U_{\text{пор}}, \\ H_0 & U > U_{\text{пор}}, \end{cases} \quad F_{2i}[y(t)] = \begin{cases} y(t)y(t - \tau), \\ y^2(t), \\ |y(t)|, \\ \text{sign } y(t), \end{cases}$$

где \hat{l}_i — оценка i -го информативного параметра сигнала; $n_{\text{ФП}}$ — количество функциональных преобразований, выполняемых ЭА; $F_{1i}[U_y(T)]$ — функциональное преобразование, выполняемое $i^{\text{м}}$ решающим устройством (РУ $_i$); $U_y[T]$ — выходной эффект; $F_{2i}[y(t)]$ — функциональное преобразование, выполняемое $i^{\text{м}}$ измерительным преобразователем (ИП $_i$); $y(t)$ — входная аддитивная смесь сигналов и помех; $h_{\text{ФНЧ}}(t)$, $h_{\Phi}(t)$ — импульсные реакции фильтра нижних частот (ФНЧ) с постоянной интегрирования T и полосового фильтра (ПФ), который представляет собой модель линейного тракта приемного устройства ЭА; H_1 , H_0 — гипотезы о наличии и отсутствии

сигнала; $U_{\text{пор}}$ — пороговое напряжение; $M_1[U_y(T)]$, $M_2[U_y(T)]$ — первый и второй статистические моменты выходного эффекта $U_y(T)$.

При реализации элементарных алгоритмов на основе методов цифровой обработки можно оценить их сложность (трудоемкость) путем введения понятия элементарной или нормированной операции и оценки их количества при решении конкретных задач экспресс-анализа.

Под элементарными операциями можно полагать те микрооперации, которые выполняются в ЦВМ под воздействием одной микро команды за один машинный такт.

В процессе осуществления цифровой обработки используется система команд, подразделяющихся на арифметические, логические, управляющие и прочие команды.

В соответствии с результатами [1] сложность различных типов команд характеризуется следующими соотношениями: сложение — 20 микрокоманд; вычитание — 21 микрокоманда; деление — 35 микрокоманд; умножение — 34 микрокоманды; возврат — 5 микрокоманд; переход — 7 микрокоманд; сдвиг влево — 3 микрокоманды; сдвиг вправо — 2 микрокоманды.

Вышеприведенные результаты могут быть применены в случае необходимости использования такого понятия, как нормированная операция.

При одноразовом использовании элементарного алгоритма (1) и последовательного выполнения всех функциональных преобразований трудоемкость вычислений может быть оценена из следующего соотношения

$$N_{\text{ЭА}i} = N_{\text{В}i} + N_{\text{Ф}i} + N_{\text{ИП}i} + N_{\text{Р}y_i}, \quad N_{\text{КА}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{ф}}} N_{\text{ЭА}},$$

где $N_{\text{ЭА}i}$, $N_{\text{КА}}$ — количество элементарных операций, выполняемых при реализации $i^{\text{го}}$ элементарного и комплексного алгоритма; $N_{\text{В}i}$, $N_{\text{Ф}i}$, $N_{\text{ИП}i}$, $N_{\text{Р}y_i}$ — количество элементарных операций, выполняемых в устройствах ввода, фильтрации, измерительном преобразователе и решающем устройстве.

Для точной оценки объема вычислений, выполняемых на различных этапах элементарного алгоритма необходимо использовать машинные программы, записанные на языке ассемблеров. Однако для составления таких программ требуются большие затраты времени и труда даже при использовании средств автоматизации програм-

мирования. В связи с этим на этапе эскизного проектирования радиосистем широкое применение получили приближенные методы, например, такие как аналитический, по аналогии, моделирования и комбинированный [2].

Наряду с оценкой трудоемкости КА важным моментом при проектировании ЭА является определение требований по быстродействию, которое может определяться тактовой частотой f_T . При решении задач экспресс-анализа быстродействие может быть определено из следующего соотношения [3]

$$f_T = K_f n_p f_d, K_f \in [2, 5]; f_d = f_v, n_p \in [\log_2 D],$$

где f_d — частота дискретизации; f_v — верхняя граничная частота в спектре входного сигнала; K_f — коэффициент пропорциональности; n_p — количество разрядов при квантовании входного сигнала; D — динамический диапазон ЭА.

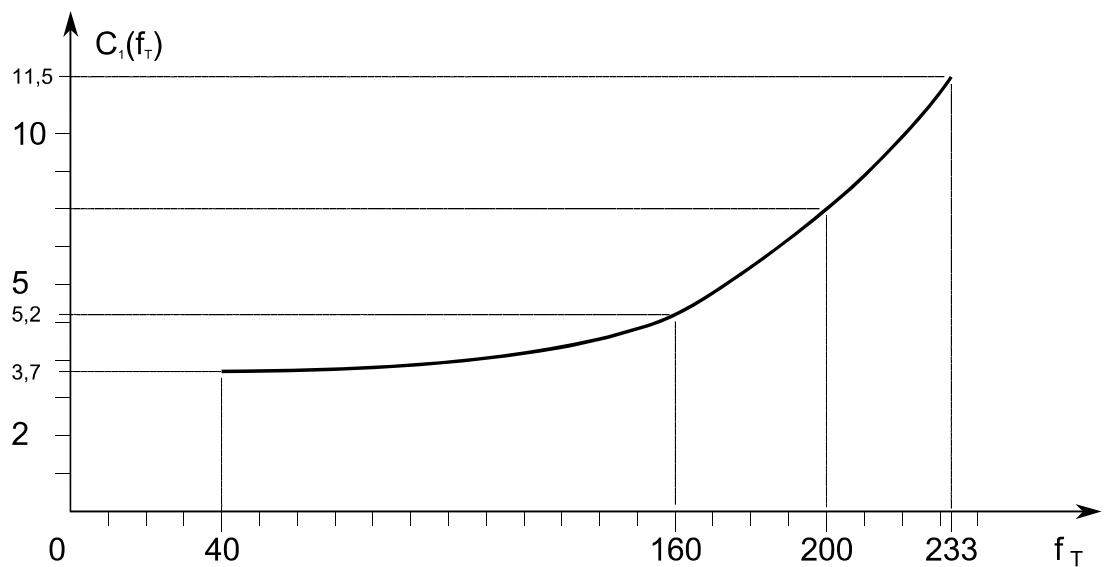
При наличии оценок трудоемкости и быстродействия КА можно произвести ориентировочный расчет стоимости $C_{КА}$ его аппаратурной реализации

$$C_{КА} = N_{КА} C_1(f_T),$$

где $C_1(f_T)$ — стоимость выполнения одной микрооперации с частотой f_T .

В общем случае при абсолютных оценках стоимости одной микрооперации необходимо учитывать большое количество факторов, определяющих назначение, применение, особенности технологии и организации производства, а также эксплуатации проектируемой системы и ее элементной базы. Однако при эскизном проектировании на этапе выбора предпочтительного варианта построения системы можно обойтись относительными оценками стоимости микроопераций, что существенно упрощает определение $C_1(f_T)$ на основе использования ценников и рекламных проспектов.

В качестве примера приведем графическую зависимость $C_1(f_T)$, построенную на основе данных, приведенных в работах [4, 5]



1. Жодзиский М.И., Мазепа Р.Б. и др. Цифровые радиоприемные устройства. — М.: Радио и связь, 1990.
2. Строганов Р.П. Управляющие машины и их применение. — М.: Высшая школа, 1986.
3. Кузьмин С.З. Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации. — М.: Радио и связь, 1986.
4. Экспресс-информация по зарубежной электронной технике. — М.: «Радиоэлектроника», вып. 12(5674), 1998.
5. Малыгин И.М. Наборы микросхем для построения устройств SPREAD SPECTRUM. — М.: Технологии и средства связи, вып. 5, 1998.