

Секция: Технические науки

Прасол Игорь Викторович

*доктор технических наук,
профессор кафедры биомедицинской инженерии
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
г. Харьков, Украина*

Григорьева Ольга Владимировна

*старший преподаватель
кафедры проектирования и эксплуатации электронных аппаратов
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
г. Харьков, Украина*

Ерошенко Ольга Артуровна

*ассистент кафедры электронных вычислительных машин,
аспирант кафедры биомедицинской инженерии
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
г. Харьков, Украина*

СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСИЛИТЕЛЯ БИОПОТЕНЦИАЛОВ

В разнообразных технических устройствах, комплексах и системах сбора медико-биологической информации для задач диагностики и контроля за ходом реабилитационного процесса происходит съём биологических электрических сигналов. Это может быть, например, сигналы ЭКГ, ЭМГ, ЭЭГ и другие. Сигналы снимаются соответствующими датчиками и подлежат дальнейшему усилению в силу их малости и фильтрации из-за наличия значительных помех и артефактов. Для этого используются специальные УБП, к которым предъявляется ряд

специфических требований. УБП должны усиливать полезный сигнал, иметь малые шумы и осуществлять значительное подавление синфазных помех, которые, как правило, присутствуют на теле пациента. Конечно, влияние оказывают сами датчики, переходные сопротивления электрод-кожа и ряд других факторов. Но именно от свойств УПТ во многом зависит конечный результат.

Важнейшим параметром УБП является коэффициент режекции H (ослабления синфазной помехи), который является интегральным и определяется как отношение:

$$H=K_{nd}/K_{nc},$$

где K_{nd} – коэффициент усиления полезного (дифференциального) сигнала;

K_{nc} – коэффициент передачи вредного(синфазного) сигнала.

Он характеризует асимметрию плеч усилителя. В многокаскадных усилителях синфазная помеха, преобразованная в разностную во входной цепи вследствие асимметрии первого каскада, последующими каскадами не подавляется. Поэтому степень подавления синфазных помех усилителя в целом определяется коэффициентом режекции первого каскада [1]. Очевидно, необходимо одновременно увеличивать $K_{нд}$ и уменьшать $K_{нс}$. Это может быть достигнуто при известной электрической принципиальной схеме УБП за счет организации итерационной оптимизационной процедуры путем изменения параметров соответствующих компонентов схемы.

Тогда задача может быть поставлена как задача нелинейного программирования следующим образом. Необходимо минимизировать некоторую целевую функцию $f(X)$ в некотором пространстве первичных параметров Ω при наличии системы ограничений типа неравенств $H_i \geq 0$:

$$f(X) \rightarrow \min.$$

В качестве целевой функции в данном случае может выступать частный критерий значения коэффициента ослабления синфазного сигнала относительно выбранного желаемого значения, взятое по модулю. В случае

учета и других критериев, например, входное сопротивление, потребляемая мощность и др., задача значительно усложняется и превращается в многокритериальную, что требует формирования соответствующей целевой функции с весовыми коэффициентами и построении области компромиссов [2-4].

Нахождение экстремума функции возможно различными методами, но в случае с УБП наиболее целесообразно применение методов случайного поиска из-за возможной овражности функции цели. При этом реализуется алгоритм перехода по случайному направлению из одной точки области управляемых параметров X_k в другую X_{k+1} с автоматическим выбором величины шага h_k при выполнении условия $f(X_{k+1}) < f(X_k)$, если это условие не выполняется, то происходит выбор нового случайного направления до тех пор, пока условие не выполнится. Процесс останавливается, когда разница между двумя соседними значениями целевой функции не станет менее наперед заданной малой величины погрешности ζ .

Однако, возможно возникновение новой проблемы. Дело в том, что процесс оптимизации носит непрерывный характер и получаются значения параметров из множества вещественных положительных чисел, в то время как параметры компонентов (в частности, значения сопротивления резисторов) имеют дискретные положительные значения из набора стандартных значений. Найденными значениями параметров в общем случае не обладает ни один из компонентов. Тогда последующим этапом является ручной поиск новых подходящих компонентов, имеющих близкие по значениям параметры. Это может в ряде случаев значительно понизить эффект от оптимизации схемы.

Поэтому в случаях включения в маршрут проектирования этапа параметрической оптимизации к информационной подсистеме системы проектирования должен предъявляться ряд специфических требований, а именно:

– возможность автоматического поиска в банке данных некоторого компонента $A_i(P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{ik})$, однотипного компонента $B_j(P_{j1}, P_{j2}, \dots, P_{jk})$ ($i = \overline{1, N}$, N -число компонентов типа A в банке; $j = \overline{1, M}$, M -число компонентов типа A , параметры которого варьируются на данном этапе; K -число параметров P_i компонента типа A), для которого выполняется соотношение

$$\left| \frac{P_{il} - P_{jl}}{P_{jl}} \right| \leq \varepsilon_l,$$

где ε_l - допустимое отклонение k -го параметра ($l = \overline{1, k}$);

– возможность автоматической замены компонента B_j на найденный компонент A_i с соответствующей коррекцией списков описания схемы и ее математической модели;

– наличие соответствующих семантических средств описания и обработки запросов.

Практическая реализация этих требований позволяет значительно сократить срок оптимизации параметров УБП.

Таким образом, при включении в маршрут проектирования схем ЭА этапа оптимизации параметров возникает необходимость использовать в качестве завершающего - этап автоматизированного подбора компонентов из БД на основе ранжирования параметров и соответствующим контролем значения функции цели.

Литература

1. Съём и обработка биоэлектрических сигналов: Учеб. пособие / Под ред. К. В. Зайченко. СПбГУАП. СПб. 2001. 140 с.
2. Прасол И.В. Оптимальное проектирование аналого-цифровых схем на основе многокритериального поиска / И.В. Прасол, А.В. Кобылинский //

Системи обробки інформації. Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба. Харків, 2007. № 7(65). С.78-82.

3. Прасол І.В. Метод усунення дублювання критеріїв при параметричному синтезі електронних схем / І.В. Прасол // АСУ та прилади автоматики. Всеукраїнський міжвідомчий науково-технічний зб. Харків, ХНУРЕ. 2010. №. 151 С. 27-31.
4. Прасол І.В. Уменьшение размерности пространства критериев при векторной оптимизации в задачах биологии и медицины / И.В. Прасол, А.И. Довнар // II Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи та технології в медицині» (ІСМ–2019): зб. наук. пр. Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т». 2019. С. 40-41.