

Пристрій для передпосівного опромінення насіння / Петровський О.М., Смердов А.А., Волков С.І., Ландар А.А. ; заявник Петровський О.М. - № u201011918 ; заявл. 08.10.2010 ; опубл. 11.04.2011, Бюл. № 7, 2011 р. 5. Смердов А.А. Визначення оптимальних режимів передпосівної обробки насіння електромагнітним полем / А.А. Смердов, О.М. Петровський, // Актуальні питання біологічної фізики та хімії БФФХ-2011: Матеріали VII Міжнар. наук.-техн. конф. – Севастополь, 2011. – С. 44-45.

## АНАЛИЗ СХЕМ ВХОДНЫХ КАСКАДОВ УСИЛИТЕЛЕЙ БИОПОТЕНЦИАЛОВ

Домнышев С.П., Федотов П.Д.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, г. Харьков, просп. Ленина 14 каф. Биомедицинской электроники, тел.  
(057)7021364)

E-mail: bykh@kture.kharkov.ua

In the given work for the purpose of the realization comparative analysis of circuits, search conditions of increase accuracy of work, the potentiometer way of the description circuits has been used. The basic analytical calculations for inverting and not inverting amplifiers on operational amplifiers are resulted in tab. 1 and 2. The similar analysis allows to establish strategy of a choice factor of strengthening circuits in the multicascade amplifier, and also specifies in a way of the further development of analog schemes for creation of entrance and target knots of amplifiers of biopotentials.

Сравнение эффективности различных диагностических методов показывает, что наиболее полезная информация о функционировании внутренних органов и физиологических систем организма содержится в биоэлектрических сигналах, получаемых с различных участков организма под кожным покровом или с поверхности тела с помощью различных приборов. Объективность методов и данных электрофизиологических исследований, их высокая информативность и хорошая воспроизводимость получаемых результатов в сочетании с минимально возможным воздействием на обследуемый объект определили их широкое распространение в медицине.

Электрофизиологические исследования проводят в несколько этапов: регистрация, фильтрация, обработка, передача и усиления зарегистрированных биологических сигналов. Именно на последних двух этапах происходит наибольшее искажения сигнала это несомненно приводит к ухудшению качества диагноза, что является одной из основных проблем современных электрофизиологических методов исследования. Искажения сигнала в первую очередь связано с трудностью формализации условий в каждом конкретном случае, малым уровнем сигнала, а также обусловлено недостатками существующих схемотехнических решений, недостаточным исследованием процессов в области электроники.

Поэтому необходимо понимать строения и принципы работы схем, а также процессы протекающие в них начиная с простейших, для создания более качественной и совершенной медицинской аппаратуры. Ниже будут описаны инвертирующие и неинвертирующие классические схем на операционных усилителях которые являются основой узлов электронных устройств в том числе и медицинского оборудования, в частности узлов усилителей биопотенциалов[1].

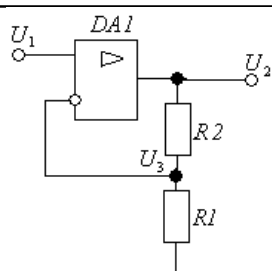
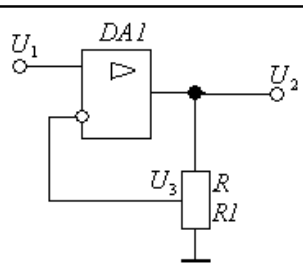
С целью выполнения сравнительного анализа этих схем, поиска условий повышения точности работы, был использован потенциметрический способ описания схем. В отличие от классического метода описания схем на операционных усилителях при котором коэффициент усиления,  $K_U$  задается изменением параметров резисторов  $R_1$  и  $R_2$  имеющих диапазон значений от  $(0...∞)$ , в потенциметрическом способе описания управления коэффициентом усиления осуществляется одним параметром  $n$ , при этом  $n$  принимает диапазон значений  $(0...1)$ . Данный параметр  $n$  дает возможность провести сравнить

схемы инвертирующего и неинвертирующего усилителя, а также заделать оценку по точности преобразования входного сигнала[2,3].

Основные аналитические расчеты для инвертирующего и неинвертирующего усилителей на операционных усилителях сведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Сравнительное обоснование потенциометрического описания схемы неинвертирующего усилителя на ОУ.

| Условия для неинвертирующего усиления:<br>$K_{oy} = 10^5 \dots 10^6; I_{ex} \rightarrow 0; U_{вых} = K_{oy} \cdot U_{оф.}; K_U = 1 + R_2 / R_1.$  |   |
|---|---|
| Классическая схема  | Потенциометрическая схема   |
| 1   | 2   |
|    |   |
| $U_3 = \frac{R_1 U_2}{R_1 + R_2};$ $U_2 = K_{oy} \cdot (U_1 - U_3) = K_{oy} U_1 - \frac{K_{oy} R_1 U_2}{R_1 + R_2};$ $U_2 \left(1 + \frac{K_{oy} R_1}{R_1 + R_2}\right) = K_{oy} U_1; \quad U_2 = K_U \cdot U_1.$ $K_U = \frac{K_{oy} \cdot (R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + K_{oy} R_1} = \frac{R_1 + R_2}{\frac{R_1 + R_2}{K_{oy}} + R_1} \text{ или}$ $K_U = \frac{R_1 + R_2}{\Delta + R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}, \text{ при } \Delta = \frac{R_1 + R_2}{K_{oy}} \rightarrow 0$ | $U_3 = \frac{U_2}{R} \cdot R_1 \quad \frac{R_1}{R} = n; \quad n = 0 \dots 1;$ $U_3 = n \cdot U_2.$ $U_2 = K_{oy} \cdot (\pm U_1 \mp U_3) = \pm K_{oy} U_1 \mp K_{oy} n \cdot U_2$ $U_2 (1 \pm K_{oy} n) = \pm K_{oy} U_1; \quad U_2 = K_U \cdot U_1.$ $K_U = \frac{\pm K_{oy}}{1 \pm K_{oy} n} = \frac{1}{\frac{\pm 1}{K_{oy}} + n} \text{ или}$ $K_U = \frac{1}{\Delta + n} = \frac{1}{n}, \text{ при } \Delta = \frac{\pm 1}{K_{oy}} \rightarrow 0;$ $\text{Или } \frac{1}{n} = \frac{R}{R_1} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1} = K_U.$ |
| Коэффициент усиления:<br>$K_U = 1 + \frac{R_2}{R_1};$   | Коэффициент усиления: $K_U = \frac{1}{n};$  |
| Ошибка преобразования:<br>$\Delta = \frac{R_1 + R_2}{K_{oy}} \neq 0.$   | Ошибка преобразования:<br>$\Delta = \frac{\pm 1}{K_{oy}} \approx 10^{-6}.$  |

Интерес представляет оценка крутизны характеристики  $K_U(n)$ . Рассмотрим в общем виде производные соответствующих функций зависимости коэффициента преобразования в схемах, рассмотренных в таб.1[4].

Для неинвертирующего усилителя с коэффициентом усиления  $K_u^+ = \frac{1}{n^+};$

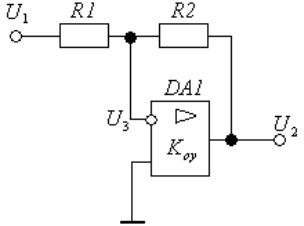
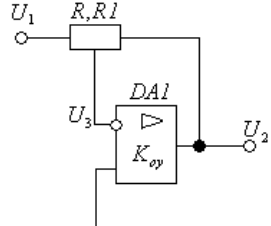
крутизна функции управления составит:

$$\frac{dK_u^+}{dn} = -\frac{1}{(n^+)^2} = -(K_U^+)^2.$$

При  $n = 1$  (схема повторителя напряжения) крутизна функции управления составляет:  $\frac{dK_u^+}{dn} = -1$ ;  $\left| \frac{dK_u^+}{dn} \right| = 1$ .

Таблица 2

Сравнительное обоснование потенциометрического описания схемы инвертирующего усилителя на ОУ.

| Условия для инвертирующего усиления:<br>$K_{oy} = 10^5 \dots 10^6$ ; $I_{ex} \rightarrow 0$ ; $U_{вых} = K_{oy} \cdot U_{диф.}$ ; $K_U = -R_2 / R_1$ .  |  |
|---|--|
| Классическая схема  | Потенциометрическая схема  |
| 1   | 2  |
|   |   |
| $U_3 = U_1 - \frac{U_1 - U_2}{R_1 + R_2} \cdot R_1 = \frac{R_1 U_1 + R_2 U_1 - R_1 U_1 + R_1 U_2}{R_1 + R_2}$ $U_3 = \frac{R_2 U_1 + R_1 U_2}{R_1 + R_2}$ $U_2 = K_{oy} \cdot (0 - U_3) = -\frac{K_{oy} R_2 U_1}{R_1 + R_2} - \frac{K_{oy} R_1 U_2}{R_1 + R_2};$ $U_2 \left(1 + \frac{K_{oy} R_1}{R_1 + R_2}\right) = -\frac{K_{oy} R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_1; \quad U_2 = K_U \cdot U_1$ $K_U = \frac{-K_{oy} R_2}{R_1 + R_2 + K_{oy} R_1} = \frac{-R_2}{\frac{R_1 + R_2}{K_{oy}} + R_1} \text{ или}$ $K_U = \frac{-R_2}{\Delta + R_1} = -\frac{R_2}{R_1}, \text{ при } \Delta = \frac{R_1 + R_2}{K_{oy}} \rightarrow 0$ | $U_3 = U_1 - \frac{U_1 - U_2}{R} \cdot R_1 \quad \frac{R_1}{R} = n, \quad n = 0 \dots 1;$ $U_3 = U_1(1 - n) + n U_2.$ $U_2 = K_{oy} \cdot (0 - U_3) = \mp K_{oy} (1 - n) \cdot U_1 \mp K_{oy} n U_2$ $U_2 (1 \pm K_{oy} n) = \mp K_{oy} (1 - n) \cdot U_1; \quad U_2 = K_U \cdot U_1$ $K_U = \frac{\mp K_{oy} (1 - n)}{1 \pm K_{oy} n} = \frac{1 - n}{\frac{\mp 1}{K_{oy}} - n} = \frac{n - 1}{\frac{\pm 1}{K_{oy}} + n}$ $K_U = \frac{n - 1}{\Delta + n} = 1 - \frac{1}{n}, \text{ при } \Delta = \frac{\pm 1}{K_{oy}} \rightarrow 0;$ $\text{Или } 1 - \frac{1}{n} = 1 - \frac{R}{R_1} = 1 - \frac{R_1 + R_2}{R_1} = -\frac{R_2}{R_1} =$ |
| <p>Коэффициент усиления:</p> $K_U = -\frac{R_2}{R_1};$  | <p>Коэффициент усиления:</p> $K_U = \frac{n - 1}{n} = 1 - \frac{1}{n};$  |
| <p>Ошибка преобразования:</p> $\Delta = \frac{R_1 + R_2}{K_{oy}} \neq 0$  | <p>Ошибка преобразования:</p> $\Delta = \frac{\pm 1}{K_{oy}} \approx 10^{-6}.$   |

Определим дифференциалы соответствующих функций зависимости коэффициента преобразования в схемах рассмотренных в таб.2.

Определим крутизну функции управления для инвертирующего усилителя на основании  $K_u^- = 1 - \frac{1}{n}$ ; , тогда:  $\frac{dK_u^-}{dn} = \frac{1}{(n^-)^2} = (|K_U| + 1)^2$ . При  $n = 0,5$  (схема инвертирующего повторителя напряжения) крутизна функции управления составит:  $\frac{dK_u^-}{dn} = 4$ . Это свидетельствует, что схема инвертора имеет худшие показатели по точности преобразования в четыре раза, чем у повторителя напряжения.

Коэффициент динамического сравнения  $m_d$ , в этом случае равен:

$$m_d = \left| \frac{dK_U^+}{dn^+} \right| / \left| \frac{dK_U^-}{dn^-} \right| = \frac{|K_U|^2}{(|K_U| + 1)^2} = \frac{1}{m_n^2}.$$

Подобный анализ позволяет установить стратегию выбора коэффициента усиления схем многокаскадного усилителя, поскольку достижение большого значения  $K_u$  (при  $n \rightarrow 0$  в одном каскаде) будет осуществляться на участках большой крутизны функции управления  $K_u(n)$ .

Представленное описание известных схем при помощи потенциометрического способа позволило существенно упростить процесс анализа работы схем, обосновать классификацию схмотехнических решений, систематизация которой указывает на путь дальнейшего развития аналоговых схем с целью создания входных и выходных узлов усилителей биопотенциалов.

Список литературы. 1. Съём и обработка биоэлектрических сигналов: Учеб. пособие / Под ред. К. В. Зайченко. СПбГУАП. СПб., 2001. 140 с. 2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схмотехники: в 2-х томах. Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 598 с., ил.

3. Проектирование усилительных устройств: Учебное пособие / Ефимов В.В., Павлов В.Н., Соколов Ю.П. и др.; Под ред. Н.В. Терпугова. – М.: Высш. школа, 1987. – 335 с., ил. 4. Домнышев С.П., Федотов П.Д. Способ описания усилительных схем. Материалы XI Международного молодежного форума «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке». – Харьков: ХНУРЕ, 2007. – с 267.

## РАДИОМЕТРИЧЕСКИЙ СВЧ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОБСТВЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ТКАНЕЙ БИООБЪЕКТА

Кулиш С.Н., Олейник В.П.

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского  
«Харьковский авиационный институт»

61070, Харьков, ул. Чкалова 17, каф. производства радиоэлектронных систем  
летательных аппаратов, тел. (057)788-43-53, e-mail: [oliynuk@xai.edu.ua](mailto:oliynuk@xai.edu.ua)

The measuring device designed for measurement of own radio-thermal radiation of biological objects in radio frequency range is proposed. The practical estimation of the device resolving power for the spectral power density, confirming the device applicability for the study for study of biological objects, is done.

**Введение.** Практика развития и совершенствования методов и технических средств диагностики биотехнических объектов показала, что преимуществами обладают технологии и методики, не оказывающие негативного влияния на объект исследования.

Одним из таких направлений является радиотеплометрия – группа методов неинвазивной медицинской и биологической диагностики, основанных на измерении собственного излучения организма объекта в микроволновом диапазоне. Радиотеплометрия позволяет исследовать температурные аномалии в организме на глубине до нескольких сантиметров. Интенсивность этого радиоизлучения пропорциональна температуре тела. Здоровые ткани биообъекта имеют предельный температурный режим, однако многие заболевания проявляются в изменении