

11, ноябрь 2017

УДК 616.71

Инструментальный усилитель для электроимпедансных приборов

*Евдокимова М.П., студентка
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Медико-технические информационные технологии»
yevdokimova.m@gmail.com*

*Научный руководитель: Кобелев А.К., ассистент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
ak@bmstu.ru*

Аннотация: Статья посвящена подбору оптимальной конфигурации инструментального усилителя для электроимпедансных приборов. Были описаны наиболее значимые параметры инструментального усилителя и диапазоны их оптимальных значений. В соответствии с ними из множества элементов, приведенных на сайтах производителей, были отобраны усилители с наилучшими характеристиками. Для различных конфигураций схем была проведена оценка и сравнение спектральной плотности шума по напряжению и энергопотребления схемы в зависимости от параметров инструментального усилителя, таких как значения резистивных компонент и типа выхода.

Ключевые слова: инструментальный усилитель (*instrumentation amplifier*), спектральная плотность шума (*noise density*), энергопотребление (*power consumption*).

Входной каскад импедансного измерительного преобразователя является узлом, во многом определяющим основные метрологические характеристики всего изделия. Регистрируемые сигналы биоимпеданса имеют небольшие значения поэтому в схеме присутствует инструментальный усилитель (ИУ), целевой функцией которого является ослабление синфазного сигнала и усиление полезного сигнала.

Наиболее значимыми характеристиками для подбора оптимального инструментального усилителя являются:

- Коэффициент ослабления синфазного сигнала:

$$K_{ОСС} \geq 80 \text{ на } 100 \text{ кГц;}$$

- Входной ток смещения:
 $I_{см} \leq 10 \text{ pA}$;
- Спектральная плотность шума по напряжению:
 $E_{noise \text{ Density}} \leq 20 \text{ nV/rtHz}$;
- Скорость нарастания выходного напряжения:
 $Slew \text{ Rate} \geq 10 \text{ V/ms}$.

Из всех монолитных ИУ, найденных с помощью параметрического поиска на сайтах производителей [2,3,4,5], лучшие характеристики имеет модель Texas Instruments INA111. Для реализации ИУ собранного на трех операционных усилителях по тем же характеристикам были подобраны ОУ с оптимальными параметрами: ОРА192 и ОРА827.

В среде Micro-CAP были проведены исследования зависимостей характеристик ИУ от выбранной схемы в интересующем нас диапазоне частот до 1 МГц [1] в результате которых было показано, что инструментальный усилитель, построенный на трех ОУ (ОРА192 и ОРА827) имеет уровень шума в 1.5 меньше, чем уровень шума монолитного ИУ INA111 (рис.1). Так как значимого отличия на частоте 100 кГц между уровнями шума у ИУ на 3-х ОУ построенных с использованием ОРА827 и без нет, для построения схемы ИУ рекомендуется использовать только ОРА192 из технологических соображений.

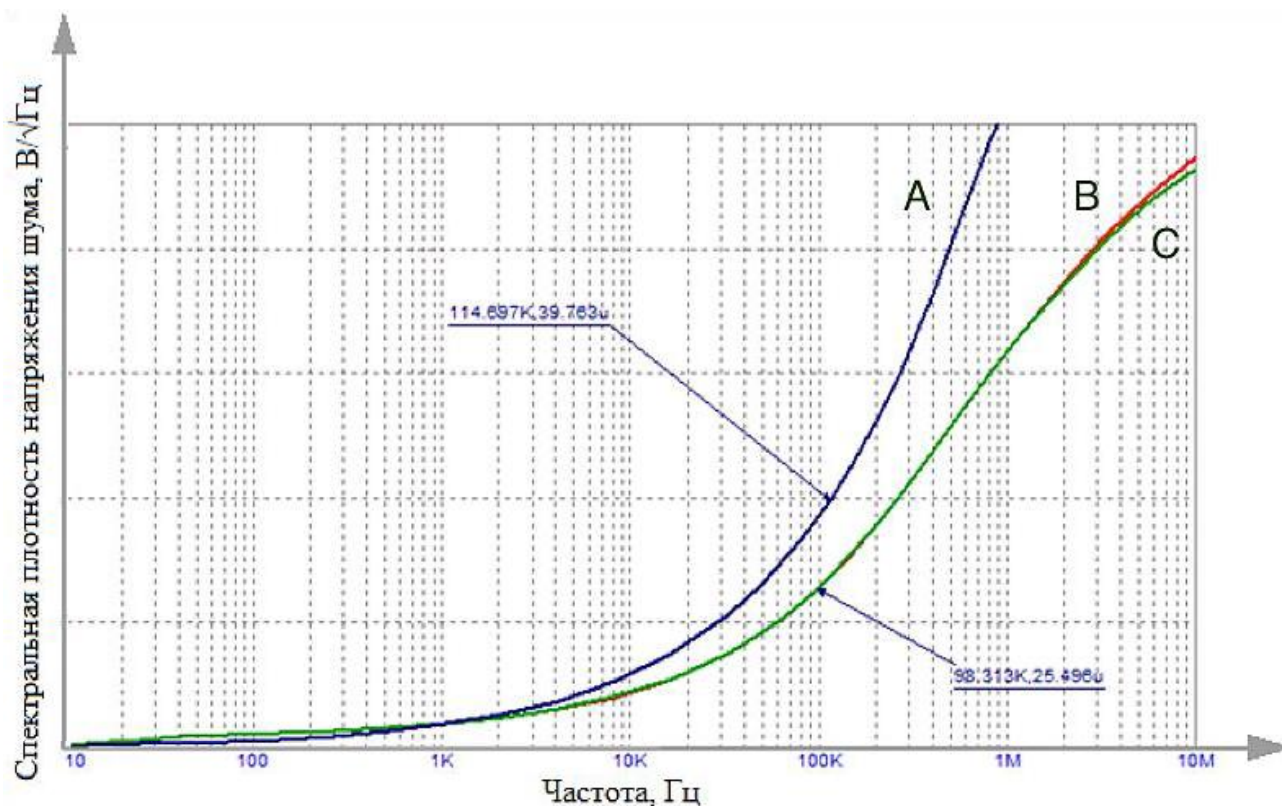


Рис. 1. График зависимости спектральной плотности шума по напряжению от частоты (A - INA111 ; B - ИУ на 3-х ОУ(с ОРА827); C - ИУ на 3-х ОУ)

Резистивные компоненты также вносят большой вклад в значения плотности шума, а также влияют на значение потребляемой мощности схемы. Фактически получается, что при увеличении номинала резистора, повышается уровень шума, но снижается энергопотребление схемы. Поэтому целесообразно подобрать такие значения резисторов в схеме, чтобы соотношение данных характеристик было оптимальным.

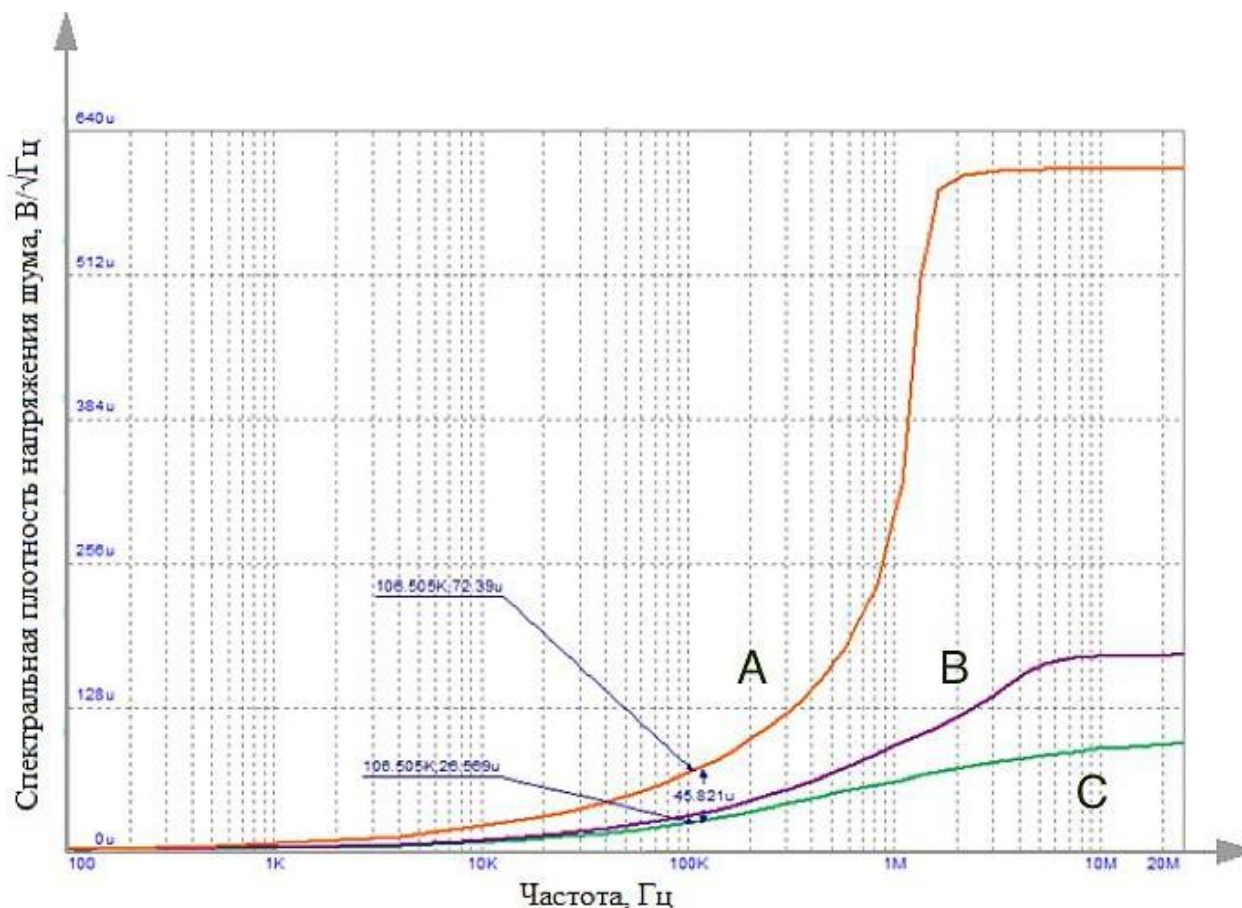


Рис. 2. График зависимости спектральной плотности шума по напряжению от частоты для различных значений нагрузки (A - $R = 100\text{ кОм}$; B - $R = 10\text{ кОм}$; C - $R = 1\text{ кОм}$)

На графике (рис.2) видно, что спектральная плотность шума по напряжению при использовании резисторов номиналами 100 кОм превышает значения уровня шума для других номиналов в 2 раза. Следовательно, нецелесообразно использовать резисторы номиналом 100 кОм для снижения потребляемой мощности схемы, т.к. это приведет к увеличению уровня выходного шума. Существенного отличия между значениями спектральной плотности шума по напряжению на 100 кГц для $R = 10\text{ кОм}$ и $R = 1\text{ кОм}$ нет, поэтому для снижения энергопотребления рекомендуется использовать резисторы номиналами $R = 10\text{ кОм}$.

В том числе была исследована зависимость спектральной плотности шума по напряжению [1] в зависимости от типа выхода инструментального усилителя.

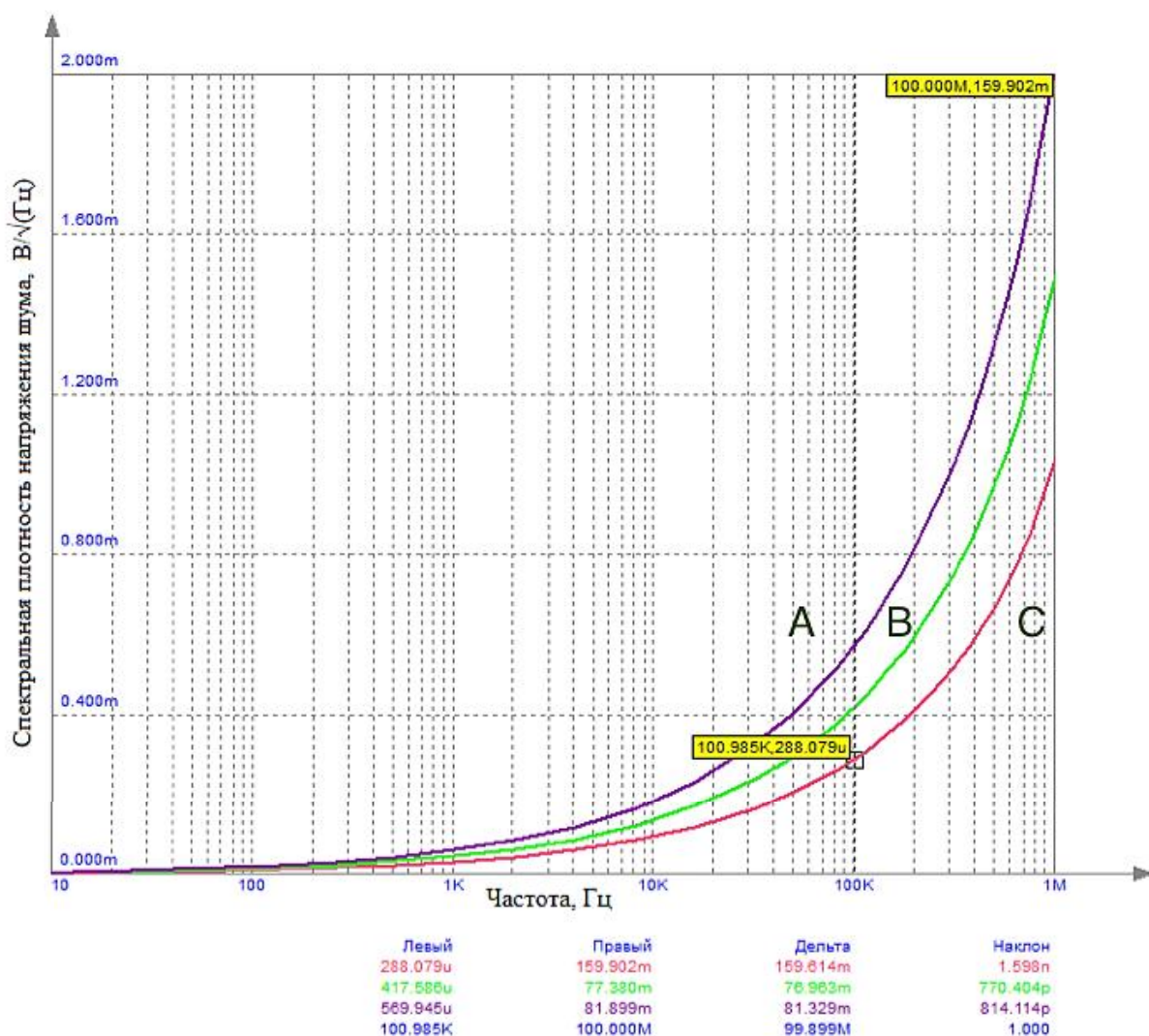


Рис. 3. Спектральная плотность шума по напряжению для различных выходов ИУ (А - out1 - ИУ с дифф. выходом; В - out - ИУ с недифференциальным выходом; С - out2 - ИУ с дифференциальным выходом)

Как видно представленном графике (рис.3), уровень шума на одном из выходов ИУ с дифференциальным выходом больше, чем уровень шума на ИУ с недифференциальным выходом, приблизительно в 1.3 раза. Поэтому для снижения спектральной плотности шума по напряжению будем использовать ИУ с недифференциальным выходом.

Заключение

В результате всех проведенных исследований уровня шума в САПР Micro-Cap было получено, что оптимальной конфигурацией инструментального усилителя для электроимпедансных приборов является ИУ с недифференциальным выходом собранный на трех ОУ ОРА192 и резистивными компонентами номиналами $R = 10$ кОм. Схема данной конфигурации в среде Micro-Cap представлена на рисунке (рис.4).

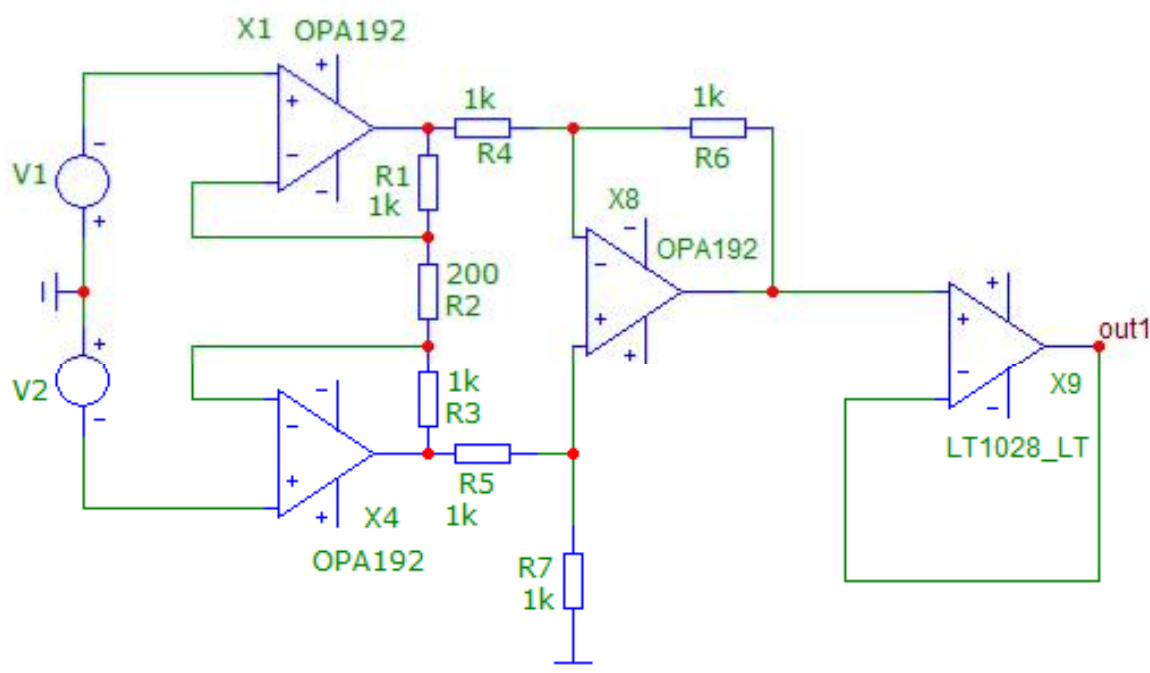


Рис. 4. Оптимальная конфигурация инструментального усилителя для электроимпедансных приборов

Список литературы

- [1]. Амелина М.А., Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap 9,10. М.: Горячая линия-Телеком, 2015. 618 с.
- [2]. Сайт производителя интегральных микросхем Analog Devices. Операционные усилители, параметрический поиск. Режим доступа: <http://www.analog.com/ru/products/amplifiers/operational-amplifiers/all-op-amps.html> (дата обращения 29.05.2017)
- [3]. Сайт производителя интегральных микросхем Texas Instruments. Операционные усилители, параметрический поиск. Режим доступа: <http://www.ti.com/lscs/ti/amplifiers-linear/operational-amplifier-op-amp-overview.page> (дата обращения 29.05.2017)
- [4]. Сайт производителя интегральных микросхем Linear Technology. Операционные усилители, параметрический поиск. Режим доступа: [http://www.linear.com/parametric/operational_amplifiers_\(op_amps\)](http://www.linear.com/parametric/operational_amplifiers_(op_amps)) (дата обращения 29.05.2017)
- [5]. Сайт производителя интегральных микросхем Maxim Integrated. Операционные усилители, параметрический поиск. Режим доступа: <https://www.maximintegrated.com/en/products/analog/amplifiers/operational-amplifiers.html> (дата обращения 29.05.2017)