

**АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ СТРУМУ НА ОПЕРАЦІЙНИХ ПІДСИЛЮВАЧАХ,
ЗГІДНО ВИМОГ ЇХ ПРЕЦИЗІЙНОСТІ В ШИРОКІЙ СМУЗІ
РОБОЧИХ ЧАСТОТ ДЛЯ ЗАДАЧ ЕЛЕКТРОІМПЕДАНСНОЇ
ТОМОГРАФІЇ**

*Гайдаєнко Є. В., аспірант; Мовчанюк А. В., к.т.н., доцент;
Рибін О. І., д.т.н., професор*

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Відомо, що одним з важливих та найбільш критичних вузлів вимірювачів імпедансу є джерело струму. Від його характеристик залежить точність, стабільність і відтворюваність вимірів, частотний та динамічний діапазон всієї системи [1].

З огляду на перспективність багаточастотних вимірювань в ЕІТ, такі джерела струму повинні працювати в смузі частот від одиниць кілогерц до одиниць мегагерц. Вибір саме такої ширини робочої смуги частот обумовлений рекомендаціями, наданими однією з провідних дослідницьких груп в області електроімпедансної томографії [2].

В цьому випадку виникає необхідність забезпечення прецизійності джерела струму в усій вищезазначеній смузі частот, що викликає додаткові труднощі. Праці інших дослідників показують, що їм вдається досягти похибки модуля струму в навантаженні менше 1 % на частотах до 100кГц. [3 – 5], а в деяких випадках до 150кГц [1].

Вважається, що для якісної візуалізації в ЕІТ при «великій» неоднорідності ($\cong 20\%$ від площі фантома) похибка вимірювань напруги повинна не перевищувати 1%. А при «малих» неоднорідностях ($\cong 20\%$ від загальної площі фантома) для найгірших випадків (поверхнева провідність неоднорідності більша за неоднорідність фону) похибка вимірювань напруг не повинна перевищувати 10^{-5} . [6]. Тому прецизійність джерела струму в ЕІТ визначається значенням похибки струму в 0.1% і менше в усій робочій смузі частот для визначеного діапазону значень опорів навантажень.

Огляд схем джерел струму з ОП [1, 3 – 5, 7 – 8] показав, що жодних практичних рекомендацій по вибору ОП, що має задовольнити вимогам прецизійності у вказаній смузі частот для цих джерел в ЕІТ не представлено. Тому розробники як правило, при виборі ОП орієнтуються в першу чергу на такий показник, як ширина робочої смуги частот. Аналіз ринку ОП найбільш відомих виробників електронних компонентів показує, що їх ціна при збільшенні робочої смуги частот суттєво зростає. А тому для ефективного проектування схем таких джерел питання вибору операційного підсилювача, як і доцільність його використання загалом залишається відкритим.

Тому в роботі запропоновано на прикладі двох класичних схем з ОП (операційний підсилювач з навантаженням — досліджуваним об'єктом — у колі зворотного зв'язку [7] та схема Хауленда [8]), охоплених негативним послідовним зворотним зв'язком (за струмом) для збільшення вихідного опору джерела встановити функціональні залежності від частоти для модуля струму навантаження для кожної зі схем та провести аналіз отриманих виразів з огляду на частотні властивості. І по результатам проведеного аналізу надати практичні рекомендації при виборі ОП для таких схем.

Література

1. Фокин А. В. Источник тока для электроимпедансной томографии / А. В. Фокин, К. С. Бразовский. — Известия Томского Политехнического Университета. — 2008. — Т. 313 — №4. — С. 99 — 101.
2. Brown В. Н. Electrical impedance tomography (EIT): a review / В. Н. Brown // Journal of Medical Engineering & Technology. — 2003. — №27. — P. 97 — 108.
3. Al-Obaidi A. A new enhanced howland voltage controlled current source circuit for EIT application / A. Al-Obaidi., M. Meribout // IEEE GCC Conference and Exhibition February 19–22, Dubai, —2011. — P. 327 — 330.
4. Xiaoke L. Analysis of Constant-Current Characteristics for Current Sources / L Xiaoke., D. Feng., F. Yan // Control and Decision Conference (CCDC), 24th Chinese, 2012 — P. 2607 — 2612.
5. Tucker A. S. Biocompatible, High Precision, Wideband, Improved Howland Current Source With Lead-Lag Compensation / A. S. Tucker., M. F. Robert., R. J. Sadleir // Biomedical Circuits and Systems Journal. — 2012. — №99. — P. 1 — 8.
6. Сушко І. О. Потенційна чутливість імпедансної томографії / І. О. Сушко., Є. В. Гайдаєнко., О. А. Якубенко — Вісник НТУУ «КПІ». Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. — 2012. — №50. — С. 92 — 104.
7. Хоровиц П. Искусство схемотехники: В 3-х томах. / Хоровиц П., Хилл У., пер. с англ. Б. Н. Бронин и др. — [5-е изд, перераб]. — М. : Мир, 1998. — 418 с.
8. Franco S. Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits / Franco S. — [3rd ed.]. — New York : McGraw-Hill, 2002. — 658 p.
9. Сушко І. О. Потенційна чутливість імпедансної томографії / І. О. Сушко., Є. В. Гайдаєнко., О. А. Якубенко — Вісник НТУУ «КПІ». Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. — 2012. — №50. — С. 92 — 104.
10. Franco S. Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits / Franco S. — [3rd ed.]. — New York : McGraw-Hill, 2002. — 658 p.
11. Хоровиц П. Искусство схемотехники: В 3-х томах. / Хоровиц П., Хилл У., пер. с англ. Б.Н. Бронин и др. — [5-е изд, перераб]. — М. : Мир, 1998. — 418 с.