

- [10] Z. Fei, Z. Zhang, F. Yang, K.-Leung Tsui, and L. Li, “Early-stage lifetime prediction for lithium-ion batteries: A deep learning framework jointly considering machine-learned and handcrafted data features”, *Journal of Energy Storage*, vol. 52, Part B, 2022. DOI: 10.1016/j.est.2022.104936
- [11] Paulson, Noah H. and Kubal, Joseph and Ward, Logan and Saxena, Saurabh and Lu, Wenquan and Babinec, Susan J., “Feature Engineering for Machine Learning Enabled Early Prediction of Battery Lifetime”, *SSRN Electronic Journal*, p. 30, 2021. DOI: 10.2139/ssrn.3985424/
- [12] K. Kaur, A. Garg, and X. Cui, “Deep learning networks for capacity estimation for monitoring SOH of Li-ion batteries for electric vehicles”. DOI: 10.1002/er.6005
- [13] Chia-Wei Hsu, Rui Xiong, Nan-Yow Chen, Ju Li, and Nien-Ti Tsou, “Deep neural network battery life and voltage prediction by using data of one cycle only”, *Applied Energy*, vol. 306, Part B, 2022. DOI: 10.1016/j.apenergy.2021.118134
- [14] Sh. Wang, S. Jin, D. Deng, C. Fernandez, “A Critical Review of Online Battery Remaining Useful Lifetime Prediction Methods”, *Frontiers in Mechanical Engineering*, vol. 7, 2021. DOI: 10.3389/fmech.2021.719718
- [15] Sh. Jiao, G. Zhang, M. Zhou, and G. Li, “Comprehensive Review of Research Hotspots on Battery Management Systems for UAVs”. *IEEE Access*, vol. 11, pp. 84636-84650, 2023. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3301989
- [16] W. Li, M. Rentemeister, J. Badeda, D. Jost, D. Schulte, D. U. Sauer, “Digital twin for battery systems: Cloud battery management system with online state-of-charge and state-of-health estimation”, *Journal of Energy Storage*, 30, art. no. 101557, 2020.
- [17] K. Smith, in *International Battery. Seminar & Exhibit*. July 28-30, 2020. Image credit: Nicholas Brunhart-Lupo. & Francois Usseglio-Viretta. 2021, NREL/PR-5700-78367.

УДК 537.636

ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ВИЯВЛЕННЯ РУХОМИХ ПІДВОДНИХ ОБ’ЄКТІВ

Самарцев Ю. М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: Y.Samartsev@kpi.ua

Відомою перешкодою виявлення рухомих підводних об’єктів системами, оснащеними сенсорами параметрів електричного і магнітного полів (ЕМП), є наявність суттєвих завад у вигляді флікер шуму в діапазоні частот 0,01 Гц – 1,0 Гц на фоні суттєвого зниження рівня електромагнітного випромінювання джерелами ЕМП [1]. На фоні типового діапазону чутливості магнітних сенсорів 50 – 100 мВ/нТ на частотах, менше 1,0 Гц, шум магнітного поля може досягати значень 0,2 – 0,3 нТ/Гц. Таке співвідношення сигнал/шум призводить до значного підвищення похибки визначення координат рухомого об’єкта, яка може досягати 20 % і більше [2]. Подібний характер співвідношення сигнал/шум спостерігається і для параметрів електричного поля. В той же час якраз в такому частотному діапазоні знаходяться найбільш суттєві складові електромагнітного поля, за параметрами яких визначаються координати об’єктів. Постає задача скоригувати амплітудно-частотну

характеристику каналу вимірювання параметрів ЕМП з метою підвищення співвідношення сигнал/шум в вище означеному діапазоні частот. З метою побудови вимірювального каналу з такою АЧХ було проведено моделювання флікер шуму і бажаної АЧХ вторинного каналу перетворення сигналу сенсора. Модель сенсора магнітного або електричного поля достатньо повно описується моделлю ланки аперіодичного процесу першого порядку:

$$W_{0in}(f) = \frac{j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \tau_0}{1 + j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \tau_0}.$$

Модель флікер шуму згенерована сумою трьох ланок з модулями АЧХ:

$$F_{app1}(f) = \frac{k_1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_{sr1}}\right)^2}}; F_{app2}(f) = \frac{k_2}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_{sr2}}\right)^2}}; F_{app3}(f) = \frac{k_3}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_{sr3}}\right)^2}}.$$

$$F_{appADD}(f) = F_{app1}(f) + F_{app2}(f) + F_{app3}(f).$$

Для моделювання скорегованого каналу вимірювання використано вираз:

$$W_{01}(f) = \frac{[j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f]^2}{[j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f]^2 + [j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f] \cdot b_1 + c_1}.$$

Параметри b_1 та c_1 моделі дозволяють досліджувати ефективність впливу корекції АЧХ на посилення співвідношення сигнал/шум флікер шуму.

На рисунку 1 представлена АЧХ згенерованого флікер шуму.

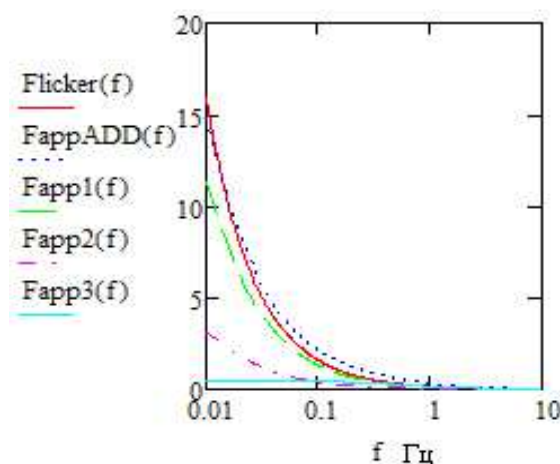


Рис. 1. АЧХ складових $F_{app1}(f)$, $F_{app2}(f)$, $F_{app3}(f)$ та флікер шуму $F_{appADD}(f)$

На рисунку 2 представлені АЧХ сенсора ЕМП та скорегована АЧХ каналу перетворення сигналу сенсора при значеннях $b_1 = 0,544$, $c_1 = 0,197$.

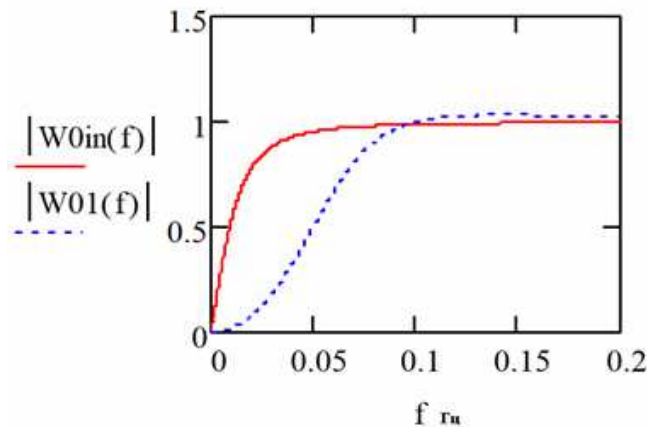


Рис. 2. АЧХ сенсора ЕМП $W_{0in}(f)$ та скорегована АЧХ каналу перетворення сигналу сенсора $W_{01}(f)$

Порівнюючи АЧХ сенсора $W_{0in}(f)$ та скорегованого каналу перетворення $W_{01}(f)$ видно, що в діапазоні частот від 0,01 Гц до 0,1 Гц коефіцієнт придушення флікер шуму скорегованим каналом значно перевищує коефіцієнт придушення флікер шуму сенсором.

Ключові слова: електромагнітне поле, флікер шум, сигнал/шум.

Література

- [1] Jinhong Wang, Bin Li, Lianping Chen, and Li Li, “A Novel Detection Method for Underwater Moving Targets by Measuring Their ELF Emissions with Inductive Sensors”, *Sensors*, 17(8), p. 1734, 2017. <https://doi.org/10.3390/s17081734>
- [2] Jia-wei Zhang, Peng Yu, Run-xiang Jiang, and Tao-tao Xie, “Real-time localization for underwater equipment using an extremely low frequency electric field”, *KeAi. Defence Technology*, vol. 26, pp. 203-212, 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214914722001441>

УДК 621.317

АНАЛІЗ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЗОВАНОГО ВТОРИННОГО ЕТАЛОНУ ОДИНИЦІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОГО ДІАПАЗОНУ ЧАСТОТ ПРИ ВИМІРЮВАННІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПОТУЖНОСТІ

¹⁾Шевкун С. М., ¹⁾Малес С. І., ²⁾Добролюбова М. В.

¹⁾Державне підприємство «Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів» (ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ»);

²⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна
E-mail: shvckun@ukrcsm.kiev.ua, m.dobroliubova@kpi.ua

В ДП «Укрметртестстандарт» з 2001 року експлуатується Вторинний еталон одиниці електричної потужності для промислового діапазону частот ВЕТУ 08-08-01-08. Еталон призначений для зберігання, відтворення та