

# Підвищення точності формування вихідної напруги перетворювача зі змінними параметрами навантаження

Заграничний А. В., ORCID [0000-0003-2373-1896](https://orcid.org/0000-0003-2373-1896)

Абакумова О. О., к.т.н. доц., ORCID [0000-0002-5467-2473](https://orcid.org/0000-0002-5467-2473)

Кафедра електронних пристроїв та систем <https://eds.kpi.ua/>

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" ROR [00syn5v21](https://orcid.org/00syn5v21)

Київ, Україна

**Анотація**—У статті на основі теорії інваріантності розглянуто прийоми підвищення точності роботи системи з перетворювачем за умови зміни параметрів навантаження. На основі запропонованої функціональної схеми двоканального керування наведено формули, які дозволяють визначити структурні зв'язки та внутрішні впливи на параметри складових системи керування для зменшення впливу збурень, що з'являються як за рахунок зміни параметрів навантаження, так і за рахунок зміни значення напруги живлення. Реалізація наведених пропозицій дає більш точне формування вихідної напруги. Наведена функціональна схема забезпечує реалізацію регулювання та стабілізацію амплітуди. За рахунок зміни періоду роботи генератора пилкоподібної напруги, що визначається частотою генератора, керованою напругою, і залежить від вихідної частоти інвертора, яка змінюється в залежності від параметрів навантаження під час роботи перетворювача, точність стабілізації амплітуди вихідної напруги підвищується.

**Ключові слова** — каротаж; резонансна частота; інваріантність; ядерний магнітний каротаж; зондувальний сигнал.

## I. ВСТУП

Викопне паливо – мінеральний ресурс, що є природним джерелом електричної енергії. На сьогодні одним із найбільш точних і затребуваних методів пошуку корисних копалин є метод ядерного магнітного каротажу (ЯМК) [1, 2]. Як показано в [3], у пристроях ЯМК використовують багаторівневі інвертори напруги. Під час проведення досліджень методом ядерного магнітного резонансу відбувається постійне підлаштування частоти роботи перетворювача для забезпечення високої точності формування сигналу [4]. Необхідність зміни частоти інвертора обумовлена нелінійним навантаженням, яке весь час змінюється в процесі роботи [5].

Робота перетворювачів з лінійними навантаженнями, зокрема інверторів, досить добре вивчена та описана [6, 7]. Однак, за використання загальновідомих методик та методів для розрахунку та опису роботи інвертора з нелінійними навантаженнями, виникають ускладнення наприклад, відхилення частоти у навантаженні від частоти, що задається системою керування [8]. Саме тому залишається актуальною задача аналізу роботи таких систем з перетворювачами. Метою роботи є визначення прийомів підвищення точності формування вихідної напруги за умови зміни параметрів навантаження.

## II. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ІНВАРІАНТНОСТІ З ВРАХУВАННЯМ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ НАВАНТАЖЕННЯ

Чимало перетворювачів [9, 10], що забезпечують змінну напругу спеціальної форми [11], живлять навантаження, параметри якого під час роботи змінюються. Визначення прийомів підвищення точності формування вихідної напруги за умови зміни параметрів навантаження розглянемо на прикладі системи для збудження магнітних моментів атомів речовини, що досліджується. В такій системі необхідно сформулювати імпульсну напругу (зондувальний сигнал) з амплітудою  $U_0$ , яка змінюється за законом Хана, на кожному періоді несучого сигналу з частотою  $\omega_0$  [12].

Оскільки частота  $\omega_0$  коливань, що генеруються, в індуктивності  $L$ , яка забезпечує зміну магнітного поля у породі, спрощено може бути представлена у вигляді співвідношення:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}},$$

а еквівалентний опір  $R$  коливального контуру залежить від питомої провідності породи та індуктивність  $L$  – від величини магнітної провідності породи, то



частота  $\omega_0$  змінює своє значення в залежності від типу речовини, що досліджується.

На рис. 1 показано як зменшення частоти від значення  $\omega_0$  до значення  $\omega_0'$  призводить до зміни положення амплітудно-частотних характеристик (АЧХ) вихідного фільтра.

Відтак, при побудові системи керування інвертором необхідно забезпечити як стабілізацію частоти коливань, що генеруються, в точці –  $\omega_0$ , так й стабілізацію амплітуди напруги –  $U_0$ . При цьому, якщо частоту змінити з положення  $\omega_0$  у положення  $\omega_0'$ , то у відповідності до АЧХ (крива 2) амплітуді несучого сигналу буде відповідати напруга  $U_0'$ , причому це значення буде залежати від властивостей речовини, що досліджується.

В системі керування транзисторних інверторів необхідно забезпечити стабілізацію частоти в точці  $\omega_0$ , наприклад за допомогою генератора частоти, керованого напругою, та стабілізацію напруги  $U_0$  на кожному періоді несучого сигналу за заданим законом [13].

Розглянемо можливості стабілізації напруги  $U_0$  за умови реалізації в системі керування широтно-імпульсною модуляції. За такого підходу  $U_0$  визначають наступною залежністю:

$$U_0 = K(\omega_0) \cdot E \cdot \gamma_0 \quad (1)$$

де  $K(\omega_0)$  – АЧХ фільтра в точці  $\omega_0$ ,  $E$  – напруга живлення інвертора,  $\gamma_0$  – шпаруватість.

Рівняння замикання у стані спокою має наступний вигляд:

$$U_{OP} - K_{33} \cdot U_0 + K_{IP} \cdot E = \delta \cdot T \cdot \gamma_0, \quad (2)$$

де  $K_{33}$  – статичний коефіцієнт передачі кола зворотного зв'язку;  $K_{IP}$  – статичний коефіцієнт передачі кола прямого зв'язку за збуренням  $\Delta E$ ;  $\delta = \frac{U_{II}}{T}$  – коефіцієнт передачі модулятора (зворотній статичний коефіцієнт підсилення ШИМ);  $U_{II}$  – амплітуда генератора пилоподібної напруги;  $U_{OP}$  – опорна напруга, що визначає огинаючу зондувального сигналу.

Або з урахуванням (1):

$$U_{OP} - K_{33} \cdot K(\omega_0) \cdot E \cdot \gamma_0 + K_{IP} \cdot E = \delta \cdot T \cdot \gamma_0 \quad (3)$$

Якщо під дією збурення відбулося відхилення, то враховуючи (1) можемо записати:

$$(U_0 + \Delta U) = (E + \Delta E) \cdot (\gamma_0 + \Delta \gamma) \cdot (K(\omega_0) + \Delta K(\omega_0)) \quad (4)$$

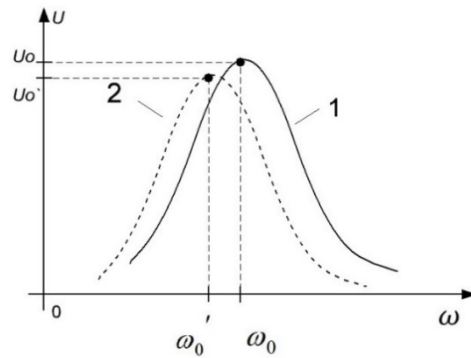


Рис. 1. АЧХ пристрою ядерного магнітного каротажу при зменшенні частоти зондування від значення  $\omega_0$  до  $\omega_0'$

$$\Delta U = K(\omega_0) \cdot E \cdot \Delta \gamma + \gamma_0 \cdot K(\omega_0) \cdot \Delta E + E \cdot \gamma_0 \cdot \Delta K(\omega_0) \quad (5)$$

З (3) для  $\gamma_0$  маємо:

$$\gamma_0 = \frac{U_{OP} + K_{IP} \cdot E}{\delta \cdot T + K_{33} \cdot K(\omega_0) \cdot E} \quad (6)$$

Розглядаючи величину  $\Delta \gamma$  як залежну від  $\Delta E$  та  $\Delta K(\omega_0)$ , враховуючи (5) і те, що рівняння замикання відносно відхилень  $\Delta U$ ,  $\Delta E$ ,  $\Delta \gamma$  має вигляд:

$$-K_{33} \cdot \Delta U - K_{IP} \cdot \Delta E = \delta \cdot T \cdot \Delta \gamma$$

для  $\Delta \gamma$  отримуємо наступний вираз :

$$\Delta \gamma = -\frac{K_{33} \cdot \gamma_0 \cdot K(\omega_0) + K_{IP} \cdot \Delta E}{\delta \cdot T + K_{33} \cdot K(\omega_0) \cdot E} - \frac{K_{33} \cdot E \cdot \gamma_0}{\delta \cdot T + K_{33} \cdot K(\omega_0) \cdot E} \cdot \Delta K(\omega_0) \quad (7)$$

Підставивши вирази (6) та (7) у вираз (5) отримаємо залежність  $\Delta U$  від  $\Delta E$  та  $\Delta K(\omega_0)$ . Якщо покласти  $\Delta K(\omega_0) = 0$  та  $K(\omega_0) = 1$ , то для  $\Delta U$  з (5) маємо:

$$\Delta U = \frac{\gamma_0 \cdot \delta \cdot T - K_{IP} \cdot E}{\delta \cdot T + K_{33} \cdot E} \cdot \Delta E \quad (8)$$

Якщо покласти, що  $\Delta E = 0$ , а  $\Delta K(\omega_0) \neq 0$ , то побачимо, що чисельник практично такий самий, як й за умови  $\Delta E \neq 0$  та  $\Delta K(\omega_0) = 0$ . Такий вид чисельника дозволяє знайти умови, за яких  $\Delta U$  теоретично змінюватись не буде.

У виразі (1) добуток  $K(\omega_0) \cdot E = E_{екв}$  розглядаємо як деяку еквівалентну напругу живлення, зменшену за рахунок зміни величини значення передавальної функції в точці  $\omega_0$ .

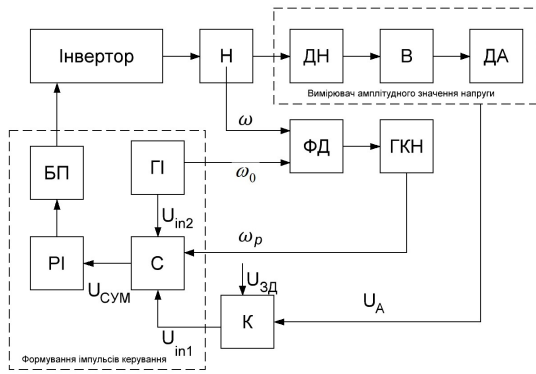


Рис. 2. Функціональна схема системи з двома каналами регулювання

Таким чином, зменшення вихідної напруги за рахунок зменшення напруги в точці  $\omega_0$ , розглядаємо як еквівалентне зміні напруги живлення  $E$ , а зміну  $K(\omega_0)$  в точці  $\omega_0$  на величину  $\Delta K(\omega_0)$  розглядаємо як зміну  $\Delta E(\Delta K(\omega_0))$  визначаємо за АЧХ фільтра).

Таким чином, для підтримки необхідного значення амплітуди несучої напруги необхідно збільшувати опорну напругу або зменшувати амплітуду пилкоподібної напруги, що еквівалентно збільшенню коефіцієнта підсилення ланцюга зворотного зв'язку [14]. При цьому, за умови збільшення коефіцієнта підсилення ланцюга зворотного зв'язку необхідно слідкувати за збереженням стійкості системи [15].

Як відомо, методи підвищення точності замкнених систем ґрунтуються на застосуванні теорії інваріантності, а одним з основних способів реалізації інваріантних систем є багатоканальне регулювання [16, 17].

На рис. 2 зображено функціональну схему системи з перетворювачем для ядерного магнітного коротажу, що реалізує двоканальне регулювання.

У двоканальній системі керування перший канал забезпечує регулювання та стабілізацію амплітуди  $U_A$  вихідної напруги у відповідності до напруги задання  $U_{зд}$ . Другий канал забезпечує зміну частоти генератора пилкоподібної напруги за рахунок визначення періоду генератором (ГКН), керованим напругою з фазового детектору (ФД), який визначає відхилення реальної частоти від частоти  $\omega_0$  генератора задання Г.

До структурної схеми, крім вищезазначених елементів, входять: трирівневий Інвертор напруги, Н – навантаження, що представляє собою послідовний та паралельний резонансні контури, ДН – датчик напруги, В – випрямляч, ДА – датчик амплітуди, К – компаратор, С – система формування імпульсів керування, що включає керований генератор пилкоподібної напруги з компаратором,

PI – розподільвач імпульсів, БП – буферний підсилювач.

Розглянемо прийоми, які можна застосувати для забезпечення незалежності  $\Delta U$  від  $\Delta E$ . Підставивши  $\gamma_0$  в останній вираз (8), маємо:

$$\Delta U = \frac{U_{ОП} \cdot \delta \cdot T - K_{ПР} \cdot E \cdot (2 \cdot \delta \cdot T + K_{33} \cdot E)}{(\delta \cdot T + K_{33} \cdot E)^2} \cdot \Delta E.$$

Якщо прирівняти до нуля чисельник, то з умови  $\Delta U = 0$  можна знайти співвідношення між параметрами системи, що забезпечують цю умову.

Відзначимо, що можна отримати  $\Delta U \rightarrow 0$  за умови  $K_{33} \rightarrow \infty$ , або  $\delta \rightarrow \infty$ , що практично нездійсненно.

Інший підхід базується на припущеннях:  $K_{33} \cdot E^2 = const$  та  $\frac{E}{U_{ОП}} = const$ .

Дані співвідношення вказані, виходячи з наступних міркувань.

Оскільки

$$U_{ОП} \cdot \delta \cdot T = K_{ПР} \cdot E \cdot 2 \cdot \delta \cdot T + K_{ПР} \cdot K_{33} \cdot E^2,$$

то визначивши

$$K_{ПР} = \frac{U_{ОП} \cdot \delta \cdot T}{E \cdot 2 \cdot \delta \cdot T + K_{33} \cdot E^2}, \quad (9)$$

і вважаючи, що  $K_{33} \cdot E^2 - const = C_1$ , отримаємо:

$$\frac{1}{K_{ПР}} = \frac{U_{ОП}}{2 \cdot E} + \frac{C_1}{U_{ОП} \cdot \delta \cdot T}.$$

Оскільки  $E - var$ , то варто прийняти  $\frac{U_{ОП}}{E} = const = C_2$ , тобто необхідно зі зміною  $E$  змінювати й  $U_{ОП}$ .

Розглянемо ще один прийом. Оскільки  $\gamma$  визначається порівнянням напруг на компараторі –  $U_{ГПН} = U_{ОП} - U_{33}$ , і для виконання умов інваріантності необхідно, щоб  $U_{ОП} = C_2 \cdot E$  та  $\Delta U_{ОП} = C_2 \cdot \Delta E$ , то  $U_{ГПН} = U_{ОП} + C_2 \cdot \Delta E - U_{33}$  або  $U_{ГПН} - C_2 \cdot \Delta E = U_{ОП} - U_{33}$ . Таким чином, можна змінювати не  $U_{ОП}$ , а змішувати пилкоподібну напругу на деяку постійну величину  $C_2 \cdot \Delta E$ .

Вираз для  $K_{ПР}$  можна записати у вигляді:

$$K_{ПР} = \frac{\delta \cdot T \cdot U_{ОП}}{\frac{E}{2 \cdot \delta \cdot T} + K_{33}}.$$

Тоді умови інваріантності матимуть вигляд:



$$\frac{\delta}{E} = C_1 \text{ та } \frac{U_{OP}}{E} = C_2.$$

Очевидно, що системи керування на основі наведених виразів простіші в реалізації.

Разом із тим, можна розглянути ще один варіант зменшення впливу збурення  $E$  на вихідні параметри перетворювача.

$$\text{Розглянемо } K_{PP} = \frac{U_{OP} \cdot \delta \cdot T}{E \cdot 2 \cdot \delta \cdot T + K_{33} \cdot E^2}. \text{ Вимозі,}$$

коли  $K_{PP}$  не залежить від  $E$ , відповідає умова  $\frac{dK_{PP}}{dE} = 0$ . Звідки знаходимо  $K_{33} = -\frac{\delta \cdot T}{E}$ . Тоді

$$K_{PP} = \frac{U_{OP} \cdot \delta \cdot T}{E \cdot 2 \cdot \delta \cdot T - \frac{\delta \cdot T \cdot E^2}{E}} = \frac{U_{OP}}{E}. \text{ Це ті ж самі дві}$$

умови, що були отримані раніше.

$$\text{Але оскільки } E = -\frac{\delta \cdot T}{K_{33}}, \text{ а за } K_{PP} = \text{const} \text{ вико-}$$

нується рівняння  $\frac{dK_{PP}}{dE} = 0$ , то після підстановки  $E$  з виразу (9), знаходимо:

$$K_{PP} = \frac{U_{OP} \cdot \delta \cdot T}{\frac{2 \cdot \delta^2 \cdot T^2}{K_{33}} + \frac{\delta^2 \cdot T^2 \cdot K_{33}}{K_{33}^2}} = -\frac{U_{OP} \cdot K_{33}}{\delta \cdot T}. \quad (10)$$

Оскільки  $E$  змінюється, то необхідно змінювати або  $\delta = -\frac{E \cdot K_{33}}{T}$  (тобто регулювати амплітуду генератора пилкоподібної напруги), або  $K_{33} = -\frac{\delta \cdot T}{E}$  (тобто регулювати  $K_{33}$ ).

Зазвичай відбувається регулювання амплітуди пилкоподібної напруги за каналом прямого зв'язку.

З (10) видно, що виконання умов інваріантності забезпечується виконанням рівностей  $\frac{U_{OP}}{E} = \text{const}$  та  $E \cdot K_{33} = \text{const}$ , що у порівнянні з  $E^2 \cdot K_{33} = \text{const}$  є простішим.

Таким чином, оскільки в усіх наведених прийомах однією з умов інваріантності є виконання рівності  $\frac{U_{OP}}{E} = \text{const}$ , то необхідно порівнювати другі рівності, що входять в умови. Очевидно, що, з розглянутих трьох, рівності  $\frac{\delta}{E} = \text{const}$  та  $E \cdot K_{33} = \text{const}$  є простішими і визначають необхідність зміни або амплітуди пилкоподібної напруги, або коефіцієнта підсилення ланки зворотного зв'язку.

Якщо зміна  $E$  невелика, то достатньо виконання однієї з умов:  $\delta = -\frac{E \cdot K_{33}}{T}$  або  $K_{33} = -\frac{\delta \cdot T}{E}$ .

Таким чином, одним з перспективних напрямів побудови інваріантної до зміни параметрів навантаження системи генерації зондувального сигналу є двоканальна система з керуванням параметрів пилкоподібної напруги за періодом та амплітудою.

#### ВИСНОВКИ

Розглянуто прийоми підвищення точності системи з перетворювачами на основі інваріантності. Показано, що виконувати регулювання роботи перетворювача можна шляхом зміни напруги генератора пилкоподібної напруги, а не опорної напруги стабілізатора.

Застосування наведених прийомів дозволяє побудувати схемні реалізації системи з перетворювачами для ядерного магнітного каротажу, що задовольняють вимоги до точності формування обвідного зондувального сигналу.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] G. Coates, L. Xiao та M. Prammer, *NMR Logging Principles and Applications*, Houston: Haliburton Energy Services, 1999.
- [2] R. Freeman, «Advances in NMR Logging.» *Schlumberger Oilfield Services*, vol. 58, no. 1, 2006. DOI: [10.2118/89177-JPT](https://doi.org/10.2118/89177-JPT)
- [3] A. V. Zagranichnyi and V. V. Rogal, "Methods of forming voltage probing for devices nuclear magnetic resonance," *Electronics and Communications*, vol. 18, no. 5 (76), pp. 19-24, 2013. DOI: [10.20535/2312-1807.2013.18.5.142741](https://doi.org/10.20535/2312-1807.2013.18.5.142741)
- [4] A. Tyshko, S. Balevicius та S. Padmanaban, «An Increase of a Down-Hole Nuclear Magnetic Resonance Tool's Reliability and Accuracy by the Cancellation of a Multi-Module DC/AC Converter's Output's Higher Harmonics,» *IEEE Access*, vol. 4, pp. 7912 - 7920, 2016. DOI: [10.1109/ACCESS.2016.2624498](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2624498)
- [5] A. V. Zagranichnyi and V. V. Rogal, "Application of inverters in the nuclear magnetic resonance devices," *Tekhnichna elektrodynamika*, no. 5, pp. 139-141, 2014. URL: [http://previous.techned.org.ua/2014\\_5/st46.pdf](http://previous.techned.org.ua/2014_5/st46.pdf)
- [6] V. N. Nesterov and A. R. Li, "Teoriya i praktika postroyeniya invariantnykh izmeritelnykh preobrazovateley i system," *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, vol. 18, no. 4 (7), pp. 1414-1422, 2016.
- [7] Sandipan Patra, Sanjay Agrawal, Soumya R Mohanty, Vineeta Agarwal and Malabika Basu, "ESPRIT based robust anti-islanding algorithm for grid-tied inverter," *2016 IEEE Students' Technology Symposium (TechSym)*, 2017. DOI: [10.1109/TechSym.2016.7872661](https://doi.org/10.1109/TechSym.2016.7872661)
- [8] J. Rodriguez Perez та Patricio Cortes Estay, *Predictive control of Power Converters and Electrical Drives*, Hoboken, NJ: Wiley-IEEE Press, 2012. ISBN: 978-1-119-96398-1
- [9] P. Rodriguez, «Multilevel-clamped multilevel converters (MLC 2),» *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 7, no. 3, pp. 1055-1060, 2012. DOI: [10.1109/TPEL.2011.2172224](https://doi.org/10.1109/TPEL.2011.2172224)
- [10] M. S. A. Dahidah, G. Konstantinou та V. Agelidis, «A review of multilevel harmonic elimination PWM: Formulations solving algorithms implementation and applications,» *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 30, no. 8, pp. 4091-4106, 2014. DOI: [10.1109/TPEL.2014.2355226](https://doi.org/10.1109/TPEL.2014.2355226)



- [11] V. Y. Zhuykov, V. V. Rogal' ta O. V. Budyonnyi, *Energetychna elektronika*, Kyiv: electronic textbook, 2009. URL: <http://eds.kpi.ua/wp-content/uploads/2021/04/EE/index.htm>
- [12] A. V. Zachranychnyi and A. Y. Manzhelii, "Pokrashchennia spektralnoho skladu," *Microsystems, Electronics and Acoustics*, vol. 26, no. 2, 2021. DOI: [10.20535/2523-4455.me.237413](https://doi.org/10.20535/2523-4455.me.237413)
- [13] K. Fathy, Y. Miura, K. Yasui, I. Hirota and T. Iwai, "PWM/PDM dual mode controlled soft switching multi resonant high-frequency inverter," *2005 IEEE International Conference on Industrial Technology*, 2005. DOI: [10.1109/ICIT.2005.1600863](https://doi.org/10.1109/ICIT.2005.1600863)
- [14] Xiaoyu Wang and Walimir Freitas, "Influence of Voltage Positive Feedback Anti-Islanding Scheme on Inverter-Based Distributed Generator Stability," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 24, no. 2, pp. 972 - 973, 2009. DOI: [10.1109/TPWRD.2009.2013373](https://doi.org/10.1109/TPWRD.2009.2013373)
- [15] Hong Li, Chen Liu, Ying Zou ta Xiaheng Jiang, «A Stability Improvement Method Based on Parameter Sensitivity for Grid-connected Inverter,» *IECON 2020 The 46th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 2020. DOI: [10.1109/IECON43393.2020.9254964](https://doi.org/10.1109/IECON43393.2020.9254964)
- [16] Bo Zhang and Xuemei Wang, "Invariant Probability Distribution of DC-DC Converters," *Wiley-IEEE Press*, pp. 75-91, 2013. DOI: [10.1002/9781118451106.ch4](https://doi.org/10.1002/9781118451106.ch4)
- [17] Xiao Liu, Aaron M. Cramer and Fei Pan, "Generalized Average Method for Time-Invariant Modeling of Inverters," *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, vol. 64, no. 3, pp. 740 - 751, 2016. DOI: [10.1109/TCSI.2016.2620442](https://doi.org/10.1109/TCSI.2016.2620442)

Надійшла до редакції 06 жовтня 2021 р.  
Прийнята до друку 17 листопада 2021 р.

UDC 621.316.72

# Improving the Accuracy of the Output Voltage of the Converter by Changing the Load Parameters

A. V. Zahranychnyi, ORCID [0000-0003-2373-1896](https://orcid.org/0000-0003-2373-1896)  
O. O. Abakumova, PhD Assoc.Prof., ORCID [0000-0002-5467-2473](https://orcid.org/0000-0002-5467-2473)  
Department of Electronic Devices and Systems <https://eds.kpi.ua/>  
National technical university of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" ROR [00syn5v21](https://ror.org/00syn5v21)  
Kyiv, Ukraine

**Abstract**—In the article on the basis of the theory of invariance the increase of accuracy of work of system with the converter for nuclear magnetic logging under condition of change of parameters of loading is considered. Based on the proposed functional scheme of two-channel control, formulas are given to determine the structural relationships and internal influences on the parameters of the control system components to reduce the impact of disturbances that occur both by changing load parameters and by changing the supply voltage. To maintain the required value of the carrier voltage amplitude, it is necessary to increase the reference voltage or decrease the amplitude of the sawtooth voltage, which is equivalent to increasing the gain of the feedback circuit. In this case, if you increase the gain of the feedback circuit, you must ensure that the stability of the system is maintained. The implementation of these proposals gives a more accurate formation of the bypass probing signal. The given functional scheme provides realization of regulation and stabilization of amplitude. The paper considers various options for reducing the effect of power supply perturbation on the output parameters of the converter. By changing the period of operation of the sawtooth voltage generator, which is determined by the frequency of the voltage-controlled generator and depends on the output frequency of the inverter, which varies depending on the parameters and properties of the rock during logging, the accuracy of stabilizing the amplitude of the probe signal increases. In the proposed two-channel control system, the first channel provides regulation and stabilization of the amplitude of the output voltage in accordance with the reference voltage. The second channel provides a change in the frequency of the sawtooth voltage generator by determining the period of the voltage-controlled generator from the phase detector, which determines the deviation of the real frequency from the frequency of the reference generator. The application of the above techniques allows to build circuit implementations of the system with transducers for nuclear magnetic logging, which meet the requirements for the accuracy of the formation of the bypass probing signal.

**Keywords** — logging; resonant frequency; invariance; nuclear magnetic logging; probing signal.

