

УДК 004.3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНВЕРТОРІВ ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ГАЛЬВАНІЧНОЇ РОЗВ'ЯЗКИ

Кардашук В.С., Бойчук А.М.

EXPERIMENTAL STUDIES OF GALVANIC ISOLATION POWER SUPPLY CONVERTERS

Kardashuk V. S., Boichuk A. M.

В статті запропоновані методи збільшення надійності роботи конверторів напруги фірми Maxim з метою їх застосування у вузлах гальванічної розв'язки інтерфейсу RS-485. Використання повздовжніх трансформаторів дозволить зменшити час переключення вихідних транзисторів конвертора та підвищить надійність передачі даних при проектуванні вузлів гальванічної розв'язки на дискретних елементах.

Ключові слова: конвертор, перешкода, гальванічна розв'язка, інтерфейс.

Вступ. В системах автоматизованого керування технологічними процесами інтерфейс RS-485 всебічно використовується в програмно-логічних контролерах нижнього рівня. Застосування його у мережах Profibus і Modbus обумовлено перш за все простотою реалізації та відсутністю вимоги щодо конструкторського виконання, фізичним стандартом передачі інформації на нижньому рівні. Переважна більшість технічних рішень щодо фізичної реалізації блоків інтерфейсу RS-485 використовує гальванічну розв'язку вихідної частини, як елемент боротьби з перешкодами [1]. Такі технічні рішення застосовуються у виробках таких фірм як Maxim, Advantech та ін. Для зменшення впливу перешкод з лінії зв'язку вихідну частину блоку виконують на дискретних елементах, що потребують живлення. Технічна реалізація такої розв'язки передбачає живлення вихідних елементів від роботи яких залежить надійна передача інформації мережі інтерфейсу RS-485.

Постановка проблеми. Перешкоди, що виникають у вихідних каскадах інтерфейсу RS-485 впливають на роботу передавачів/приймачів (драйверів) комунікаційної частини блоків. При цьому знижуються якість передачі інформації по інтерфейсу RS-485. Від стабільності джерела живлення гальванічно-розв'язаної частини таких блоків залежить стабільна робота

передавачів/приймачів інтерфейсу RS-485. Під час роботи конверторів напруги виникають перешкоди загального вигляду. Необхідно дослідити конвертори напруги Maxim MAX253 та запропонувати ефективні методи зменшення впливу перешкод, що впливають на драйвери та елементи гальванічної розв'язки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Надійна передача інформації в таких мережах залежить не тільки від вибору мікросхеми, що забезпечує фізичну реалізацію інтерфейсу RS-485 відповідно до вимог замовника, а й від якості сполучних проводів в системі передачі даних [2]. Розробникам мереж на базі інтерфейсу RS-485 доводиться стикатися з проблемами реалізації надійної передачі інформації в таких мережах. Дослідження та рекомендації, що відображені в [3], дозволили значно підвищити надійність живлення дискретних елементів вузла гальванічної розв'язки. Драйвери вихідних забезпечують надійну передачу даних в присутності навантаження на лінію передачі, а диференційні входи їх приймачів можуть пригнічувати значні синфазні напруги [4].

Мета статті. Дослідження конвертора MAX253 [5] та розроблення рекомендацій, щодо його застосування для живлення дискретних елементів гальванічної розв'язки вихідного каскаду та драйверів інтерфейсу RS-485.

Результати досліджень. Для проведення дослідження використано конвертор MAX253 фірми Maxim. Типова схема включення конвертора представлена на рис. 1.

Характеристики даного конвертора повністю відповідають вимогам щодо реалізації живлення вихідних елементів комунікаційної частини та драйверів інтерфейсу в частині вихідної напруги та струму споживання:

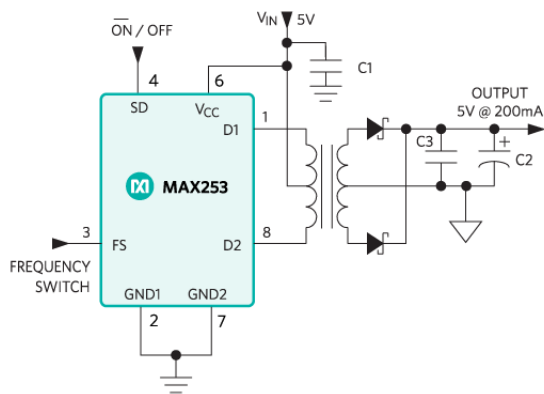


Рис. 1. Схема підключення конвертора MAX253

З метою аналізу діапазону вихідних параметрів конвертора та впливу перешкод на його роботу розглянута внутрішня принципова схема конвертора.

Для дослідження вихідних характеристик конвертора та перешкод, що впливають на його роботу обрана схема, що представлена на рис. 2.

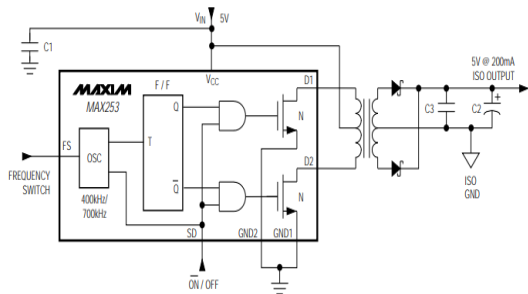


Рис. 2. Внутрішня структура конвертора

Як видно з рис. 2, конвертор містить внутрішній генератор частотою 400 КГц/700 КГц (OSC), тригер типу D (F/F), два елементи, що виконують логічну операцію АБО (про що свідчить зовнішній сигнал керування (ON/OFF) та два польових транзистори (D1, D2).

Робота конвертора здійснюється у двотактному режимі, а вихідну напругу живлення елементів підтримують польові транзистори. Виходячи з роботи схеми внутрішня частота генератора ділиться на тригері на два. Такий підхід часто застосовують розробники для генерації елементів комунікаційних частин блоків. З точки зору впливу перешкод ключовим моментом такої схеми є надійність роботи саме польових транзисторів конвертора. Як додаткові заходи фільтрації від перешкод по низькій частоті можна запропонувати включення конденсатора C3, а по високій частоті – C2.

Слід зазначити, що при реалізації апаратної частини саме вихідних каскаді таких блоків застосування електролітичних конденсаторів для захисту від перешкод по низькій частоті, а також трансформаторів приводить до збільшення габаритів пристроїв.

Для дослідження роботи конвертора, в плані надійності його роботи під впливом перешкод, на

його вхід подавалась напруга +5 В від джерела живлення без стабілізації. Перевагою застосування таких конверторів для живлення ізолюваної частини вихідного інтерфейсу є уніфікація джерела живлення до значення +5 В, так як наявність ще б одного джерела ускладнила б апаратну реалізацію блоків.

На виході напруга під час дослідження складала +5 В. З метою визначення діапазону впливу перешкод на стабільну роботу конвертора фільтрація вихідної напруги не проводилась.

В результаті дослідження амплітуди перешкод на вході та виході конвертора отримані наступні діаграми (рис. 3, 4). Вимір проводився осцилографом С1-64. Одне ділення розгортки осцилографа складає 2 мікросекунди.

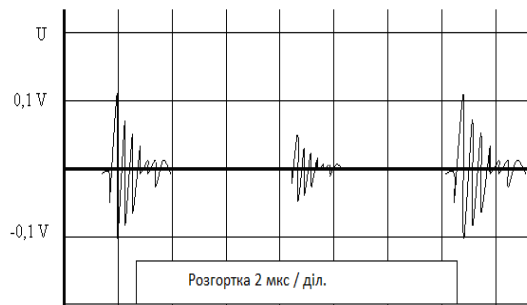


Рис. 3. Перешкода на вході конвертора

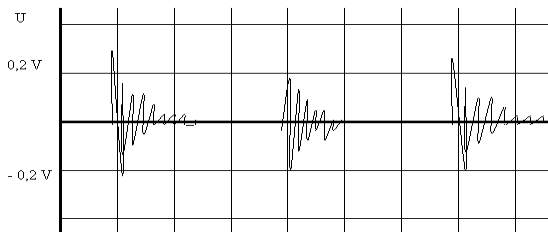


Рис. 4. Перешкода на виході конвертора

Аналіз часових діаграм свідчить про режим роботи вихідного каскаду конвертора, що складається з двох тактів. Наявність внутрішніх елементів (внутрішній генератор, тригер, логіка, транзистори тощо) впливає на деяке зміщення фази коливальних процесів на вході і виході конвертора. Причому, за рахунок вихідних транзисторів рівень перешкоди на виході конвертора навіть збільшується від $\pm 0,1$ В до $\pm 0,2$ В, що є негативним явищем. Коливальний процес триває в межах 2 мкс і має тенденцію до затухання. Даний експеримент свідчить що внутрішні елементи конвертора справляються з задачею зменшення впливу перешкоди на його роботу і час дії перешкоди не тривалий.

Зміна амплітуди перехідного процесу відбувається з початком нового фронту імпульсу. Для дослідження роботи трансформатора застосована схема підключення, що наведена на рис. 5.

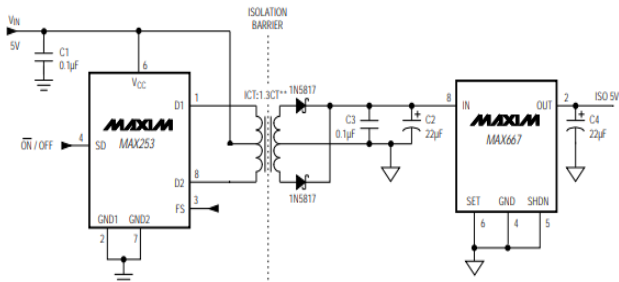


Рис. 5. Електрична схема з використання стабілізатора

Застосування трансформатора у якості ізоляційного бар'єру створює гальванічний зв'язок між виходом конвертора та входом стабілізатора MAX667. На роботу трансформаторної частини впливає індуктивність розсіювання, оскільки магнітне поле не є ідеальним зв'язком обмоток трансформатора – магнітне осердя та ін. В такому випадку передбачаємо присутність паразитних ємностей на вході та виході трансформатора.

Вище наведені недоліки впливають на форму коливального процесу (див. рис. 3 та рис. 4) вигляд якої є характерною ознакою перешкод, що генерує трансформатор. Якщо параметр періоду коливальних переходних процесів конвертора дорівнює 35 нс, то частота складатиме

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{35 \cdot 10^{-9}} \approx 28 \text{ МГц} \quad (1)$$

Отримане значення частоти коливального процесу свідчить про наявність перешкод загального виду та необхідність застосування додаткових заходів для зменшення значення перешкод на роботу конвертора.

Використання осцилографа для отримання осцилограм дозволила пересвідчитись у наявності перешкод загального вигляду, аналогічних за формою наведеним на рис. 3 та рис. 4.

Розробники мережевих пристроїв часто стикаються з проблемою наявності перешкод даного типу. Тому доводиться застосовувати додаткові заходи їх нейтралізації.

Якщо визначений період перемикання транзисторів конвертора (див. рис. 3, рис. 4) дорівнює 12 мкс, то частота перемикання становить

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{12 \cdot 10^{-6}} \approx 83 \text{ кГц} \quad (2)$$

Для дослідження частоти перемикання польових транзисторів застосована схема, зображена на рис. 6.

Номінал напруги визначався на резисторі Rx. На рис. 7 наведений викид імпульсу струму. Номінал R дорівнює 100 Ом.

Напруга на резисторі R відповідає струму на вході конвертора.

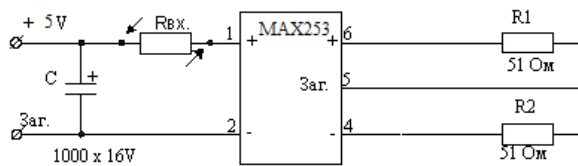


Рис. 6. Схема для дослідження струму на вході конвертора

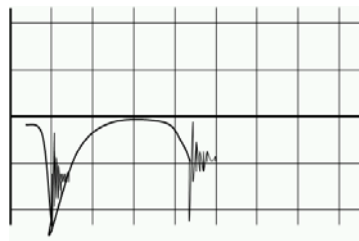


Рис. 7. Струму на вході конвертора

Зменшення значення струму відбувається з моменту закриття вихідних транзисторів. В подальшому значення струму збільшується. Це підтверджує роботу конвертора у два такти. про

Ідентичність перехідного процесу пояснюється відкритим станом обох вихідних транзисторів та їх насиченням, що призводить до викиду додаткового значення струму на вихід конвертора. Через затримку на елементах конвертора час відкритих транзисторів не є ідентичний, чим і пояснюється зсув імпульсів на рис. 8, на якому наведені сигнали на вході елементів D1, D2 і виході D1, D2.

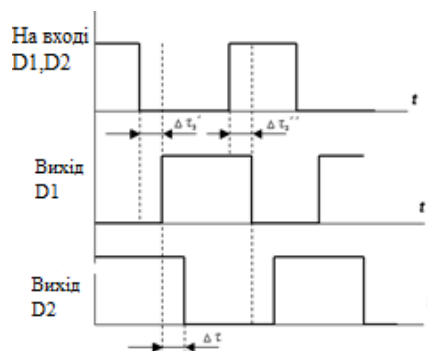


Рис. 8. Затримка вихідних імпульсів

Цим ефектом пояснюється зсув імпульсів на рис. 8. Аналогічні викиди можливі і в трансформаторах. Під час закриття транзистора, що знаходився більший час у відкритому стані, відбувається перехідний процес з більш тривалим проміжком часу та амплітудою.

Підключення високочастотних конденсаторів або дроселів не призводить до позитивного результату.

Слід зазначити інверсність перешкоди на виході конвертора (див. рис. 3 та рис.4).

При підключенні до загальних ланцюгів конвертора осцилографа з короткозамкненими на вході контактами кабелю на екрані осцилографа спостерігається форма перешкоди загального

вигляду, аналогічна перешкоді на вході (див. рис. 3) і виході (див. рис. 4) конвертора (рис. 9).

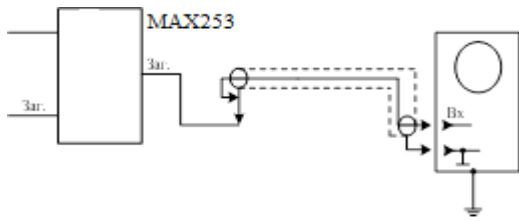


Рис. 9. Підключення осцилографа

З рис. 9 слідує, що вхідний кабель осцилографа представляє для перешкод загального вигляду трансформатор, первинна обмотка якого підключена між загальним проводом конвертора і «землею», а вторинна – між загальним проводом і сигнальним входом осцилографа. Якщо на вході кабелю осцилографа підключити вимірювальний трансформатор (рис. 10), то перешкоду загального вигляду на екрані не зафіксуємо.

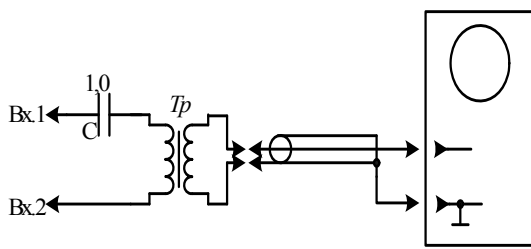


Рис. 10. Підключення на вході кабелю осцилографа роздільного трансформатора

Конденсатор С ємністю 1 мкФ на вході трансформатора виключає постійну складову через первинну обмотку при дослідженні перешкод у ланцюгах конвертора. Ці ланцюги конвертора, як і загальні контакти, для перешкод загального вигляду тотожні.

Експеримент з роздільним трансформатором підтверджує, що мають місце перешкоди загального вигляду.

ВИСНОВКИ. Для зменшення перешкод загального вигляду, що впливають на роботу конвертора, слід зазначити використання наступних технічних рішень:

1. Використати конденсатори ємністю 500-1000 мкф як фільтри низької частоти.

2. Підключити паралельно обмоткам трансформатора RC-ланцюжок. Значення конденсатора С вибирається з умови

$$X_c \ll R, \tag{3}$$

де $X_c = 1000 \text{ мкф};$
 $R = 10 \text{ кОм}.$

3. Підключити паралельно конвектору RC-ланцюжок (рис. 11). Для проведення дослідження обрано значення $R = 10 \text{ кОм}, C = 10000 \text{ пФ}.$

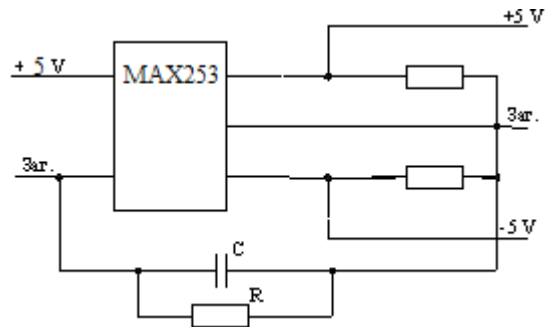


Рис. 11. RC-ланцюжок

4. Використання поздовжніх трансформаторів (рис. 12).

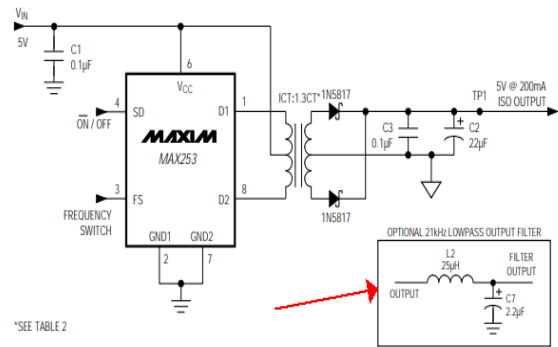


Рис. 12. Підключення поздовжнього трансформатора

Недоліком рішень, запропонованих в п.2. та 3, є гальванічний зв'язок між обмотками трансформатора. Розв'язка конвертора по змінному струму відбувається за рахунок конденсатора. В свою чергу не останню роль в такому використанні відіграють і великі габарити конденсатора.

Для зменшення впливу синфазних перешкод пропонується застосувати наступні шляхи до вирішення цієї проблеми:

1. Обрати схему підключення конвертора наведену на рис. 13 (середня точка обмотки трансформатора підключена до джерела живлення) з додатковими елементами фільтрації.

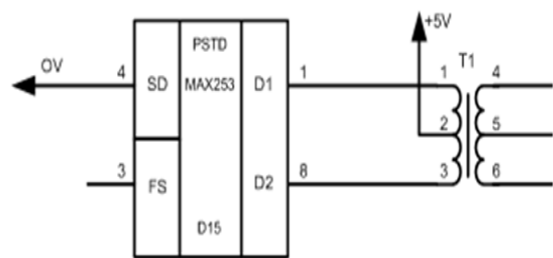


Рис. 13. Фрагмент застосування конвертора MAX253

Недоліком даного методу є загальна недосконала технологія виробництва трансформаторів.

2. Використати поздовжні трансформатори (див. рис. 12).

Слід зазначити, що для практичного використання для зменшення синфазних перешкод прийнятним є лише використання поздовжніх трансформаторів.

Л і т е р а т у р а

1. Кардашук В. С. Фейгіна Д.І. Використання двоканального блоку інтерфейсу RS-485. Матеріали IV науково-практичної конференції. «Інформаційні і керуючі системи в промисловості, економіці та екології». – Северодонецьк, 2012. – С. 51-53.
2. Кардашук В.С., Свєрбіненко В.С. Методи зменшення шумів інтегральних перетворювачів напруги у ланцюгах гальванічної розв'язки. Всеукраїнська науково-практична конференція “Електронні апарати та системи. Проблеми створення. Перспективи розвитку”, 30- 1 жовтня 2015 р., Сєвєродонецьк. – С. 19–23
3. Рязанцев А.И., Иванов А.Н., Кардашук В.С. Экспериментальные исследования интегральных преобразователей напряжения и их применение в цепях гальванической развязки. Проектирование радиоэлектронных и лазерных устройств и систем. Межвузовский сборник научных трудов ФГБОУВПО "Воронежский государственный технический университет". – Воронеж, 2013. – С. 106-116.
4. Рекомендации по разводке сети интерфейса RS-485. Режим доступа http://www.eni-bbm.ru/images/doc/Statya_RS-485_2.pdf (дата звернення 19.09.2018).
5. Maxim 253. Datasheet. Режим доступа <https://www.datasheetarchive.com/Maxim%20MAX253-datasheet.html> (дата звернення 19.09.2018).

R e f e r e n c e

1. Kardashuk V. S. Feygina D.I. Ispol'zovaniye dvukhkanal'nogo bloka interfeysa RS-485. Materialy IV nauchno-prakticheskoy konferentsii. «Informatsionnyye i upravlyayushchiye sistemy v promyshlennosti, ekonomike i ekologii». - Severodonetsk, 2012. - S. 51-53.
2. Kardashuk V.S., Sverbinenko V.S. Metody umen'sheniya shumov integral'nykh preobrazovateley napryazheniya v tsepyakh gal'vanicheskoy razvyazki. Vseukrainskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Elektronnyye apparaty i sistemy. Problemy sozdaniya. Perspektivy razvitiya ", 30-1 oktyabrya 2015, Severodonetsk. - S. 19-23

3. Ryazantsev A.I., Ivanov A.N., Kardashuk V.S. Eksperimental'nyye issledovaniya integral'nykh preobrazovateley napryazheniya i ikh primeneniye v tsepyakh gal'vanicheskoye razvyazki. Proyektirovaniye radioelektronnykh i lazernykh ustroystv i sistem. Mezhevuzovskiy sbornik nauchnykh trudov FGBOUVPO "Voronezhskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet". - Voronezh, 2013. - S. 106-116.
4. Rekomendatsii po razvodka seti interfeysa RS-485. Rezhim dostupa http://www.eni-bbm.ru/images/doc/Statya_RS-485_2.pdf (data obrashcheniya 19.09.2018).
5. Maxim 253. Datasheet. Rezhim dostupa <https://www.datasheetarchive.com/Maxim%20MAX253-datasheet.html> (data obrashcheniya 19.09.2018).

Кардашук В.С., Бойчук А.М. Экспериментальные исследования конверторов напряжения элементов гальванической развязки.

В статье предложены методы увеличения надежности работы конверторов напряжения фирмы Maxim с целью их использования в узлах гальванической развязки интерфейса RS-485. Использование продольных трансформаторов позволит уменьшить время переключения выходных транзисторов конвертора и и увеличит надежность передачи данных при проектировании узлов гальванической развязки на дискретных элементах.

Ключевые слова: конвертор, помеха, гальваническая развязка, интерфейс.

Kardashuk V.S., Boichuk A.M. Experimental studies of galvanic isolation power supply converters.

The article suggests methods for increasing the reliability of operation of Maxim voltage converters for the purpose of their use in galvanic isolation nodes of the RS-485 interface. The use of longitudinal transformers will reduce the switching time of the output transistors of the converter and increase the reliability of data transmission when designing electrical isolation nodes on discrete elements.

Keywords: converter, noise, galvanic isolation, interface.

Кардашук В.С. – к.т.н, доцент кафедри комп'ютерних наук та інженерії Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, e-mail: kardashuk1@gmail.com

Бойчук А.М. – магістр групи КІ-17дм кафедри комп'ютерних наук та інженерії Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, e-mail: arturboichuk55@meta.ua

Рецензент: д.т.н., доц. **Смолій В.М.**

Стаття подана 19.09.2018