

The presented results clearly confirm that the reduced models have practically the same statistics as their cipher prototypes discussed in this paper (Rijndael, GOST and Ukrainian block cipher competitors – Muhomor, Kalina, ADE, Labirint). This means we can build reduced models with randomness indicators that correspond to their big counterparts, and, therefore, the conclusions we get for ‘small’ ciphers can be applied to the real ciphers. In particular, it refers to the conclusion that both ‘small’ and real ciphers asymptotically acquire properties of random permutations.

Correlative indicators in dynamics of their changes are generally the same as the results obtained from studying differential and linear properties for ‘small’ and real ciphers.

We get additional evidence and arguments in favor of proposed method for measuring block ciphers security by studying their reduced models.

As the additional result of the research, it was concluded that three of the four Ukrainian block cipher competitors have better statistic indicators than well-known Rijndael and thus are superior

**Keywords:** provable stability, safety statistics, indicators random model and prototype, the random substitution, cipher reduced model

Запропоновані методи зменшення впливу перешкод загального вигляду для інтегральних перетворювачів напруги фірми Traco Power AG з метою їх застосування у вузлах гальванічної розв’язки інтерфейсу RS-485. Використання індуктивних фільтрів придушення електромагнітних перешкод значно зменшує вплив шумів інтегральних перетворювачів на якість передачі сигналів у ланцюгах гальванічної розв’язки та збільшує захищеність від перешкод комунікаційних блоків мережі інтерфейсу RS-485

**Ключові слова:** перетворювач, перешкода, гальванічна розв’язка, інтерфейс

Предложены методы уменьшения влияния помех общего вида для интегральных преобразователей напряжения фирмы Traco Power AG с целью их применения в узлах гальванической развязки интерфейса RS-485. Использование индуктивных фильтров подавления электромагнитных помех значительно уменьшает влияние шумов интегральных преобразователей напряжения на качество передачи сигналов в цепях гальванической развязки и увеличивает помехозащищенность коммуникационных блоков интерфейса RS-485

**Ключевые слова:** преобразователь, помеха, гальваническая развязка, интерфейс

УДК 004.3

# ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ШУМІВ ІНТЕГРАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ НАПРУГИ В ЛАНЦЮГАХ ГАЛЬВАНІЧНОЇ РОЗВ’ЯЗКИ

**В. С. Кардашук**

Кандидат технічних наук, доцент  
Кафедра комп’ютерної інженерії

Східноукраїнський національний університет  
ім. В. Даля

пр. Радянський, 59, м. Северодонецьк, Луганська  
обл., Україна, 93400

Контактний тел.: 095-477-92-43

E-mail: kardashuk@mail.ru

## 1. Вступ

Робота з експериментального дослідження шумів ПН проводилася в рамках науково-технічної програми співпраці між кафедрою комп’ютерної інженерії Технологічного інституту Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Северодонецьк) та науково-виробничим підприємством «Уніконт» (м. Северодонецьк), що займається розробкою і впровадженням програмно-логічних контролерів і робочих станцій для інформаційних систем та си-

стем автоматизації технологічних процесів різного призначення.

Боротьба з перешкодами у комп’ютерних системах набуває все більшої актуальності з багатьох причин:

- зростання частки затримок сигналів у лініях зв’язку в порівнянні з затримками власне логічних елементів, що обумовлюються кінцевою швидкістю поширення сигналів у лініях зв’язку і перехідними процесами в них;
- зростаюча залежність швидкодії комп’ютерних систем, правильності її функціонування від оптималь-

ності вибору конструкторського виконання ліній зв'язку та прийняття відповідних схемотехнічних рішень;  
 – зростання взаємного впливу між елементами і лініями зв'язку через збільшення щільності розміщення елементів і компонентів.

## 2. Актуальність проблеми

Гальванічна розв'язка у ланцюгах прийому та передачі сигналів знайшла широке застосування у комунікаційних блоках мережі інтерфейсу RS-485, виробництвом яких займається науково-виробниче підприємство «Уніконт» (м. Северодонецьк).

Таким, чином, створення ефективних методів захисту, щодо зменшення впливу перешкод різного характеру на пристрої комп'ютерної системи, є науково-технічною проблемою, вирішення якої сприяє створенню блоків комп'ютерних систем з більш високим ступенем захисту від перешкод [1, 2].

Метою даної статті є дослідження шумів інтегральних перетворювачів напруги (ІПН) та розроблення рекомендацій, щодо їх застосування у вузлах гальванічної розв'язки блоків інтерфейсу RS-485.

## 3. Постановка задачі

Шуми, що виникають в ІПН є джерелом перешкод, які знижують якість передачі інформації по інтерфейсу RS-485, а в ланцюгах вимірювання – точність вимірювання [3]. Необхідно дослідити ІПН фірми Traco Power AG та запропонувати ефективні методи зменшення впливу шумів, що генеруються ІПН в ланцюгах гальванічної розв'язки.

## 4. Рішення задачі

У якості зразка для дослідження за рекомендацією НВП «Уніконт» був обраний ІПН TMA1505D фірми Traco Power AG з наступними характеристиками [4]:

- вхідна напруга,  $U_{вх}$ . – 15 В;
- вихідна напруга,  $U_{вих}$ . –  $\pm 5$  В;
- вихідний струм,  $I_{вих}$ . – 100 мА;
- потужність споживання,  $P$  – 1 Вт;
- перешкоди від перехідних процесів,  $U_{р-р}$  – 75 мВ (у смузі частот до 20 МГц);
- частота внутрішнього генератора – 100 кГц.

В інформації фірми виробника ІПН відсутня принципова електрична схема, а також схема вихідних каскадів, що ускладнює аналіз перешкод, які генеруються.

Для вимірювання перешкод ІПН запропонована наступна схема включення (рис. 1).

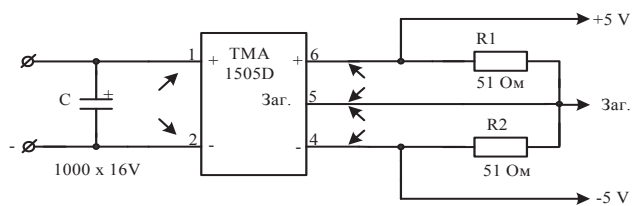


Рис. 1. Схема підключення ІПН для вимірювання шумів у вхідних і вихідних ланцюгах

Точки підключення загального та сигнального проводів вхідного кабелю осцилографа вказані стрілками на рис. 1.

Осцилограма напруг (перешкод) на вході ІПН наведена на рис. 2, а на виході – на рис. 3.

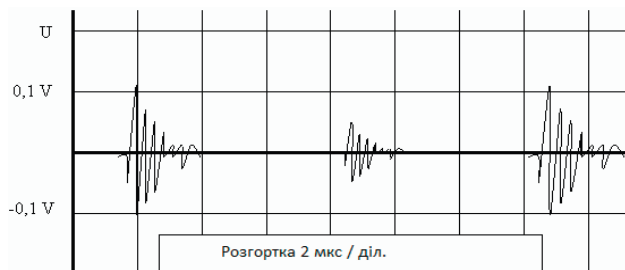


Рис. 2. Осцилограма напруги на вході ІПН

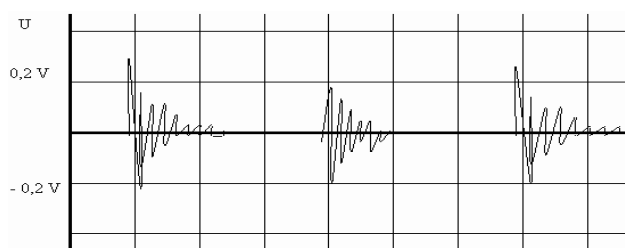


Рис. 3. Осцилограма напруги на виході ІПН (в ланцюгу +5V)

З аналізу осцилограм можна зробити наступні висновки:

1. Фази сигналів коливальних процесів на вході і виході ІПН зміщені.
2. Коливальному процесу на вході передують просадки напруги. ІПН як би закорочує на короткий час джерело живлення.
3. Перехідний процес з великою амплітудою чергується з аналогічним процесом з малою амплітудою, тобто від фронту до фронту форма перехідного процесу відрізняється.

Пункти 2 і 3 вказують на двотактний вихід силових ланцюгів ІПН.

З наявної інформації можна отримати вірогідну електричну схему силових ланцюгів ІПН (рис. 4).

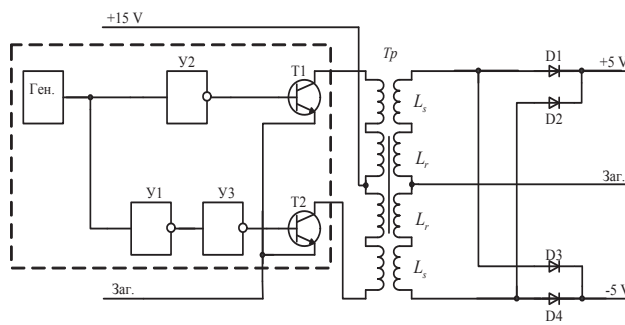


Рис. 4. Схема електрична силових ланцюгів ІПН

Передбачається, що робочі індуктивності мають ідеальний зв'язок магнітним полем, а індуктивності розсіювання взагалі взаємноіндуктивного зв'язку не мають.

На рис. 4 не вказані паразитні ємності на виході транзисторів Т1, Т2, а також міжвиткові і міжобмоточні ємності трансформатора Тр, а взаємозв'язок робочих індуктивностей позначений загальним магнітним осердям.

Наявність зазначених паразитних ємностей спільно з індуктивностями розсіювання Ls трансформатора пояснюють форму коливального процесу (див. рис. 2 та рис. 3).

Значення періоду коливань дорівнює 35 нс. Звідси частота коливального процесу

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{35 \cdot 10^{-9}} \approx 30 \text{ МГц.} \quad (1)$$

У процесі вимірювання встановлено, що підключення до вхідних і вихідних контактів ІПН замкнутого на вході кабелю осцилографа (замкнуті сигнальний і загальний проводи) призводить до фіксації на екрані осцилографа перешкод, за формою аналогічних наведеним на рис. 2 та рис. 3.

Враховуючи, що корпус осцилографа має порівняно велику ємність відносно “землі” (принаймні, для 30 МГц), слід вказати на наявність перешкод загального вигляду (відносно “землі”).

Можливість генерації таких перешкод викликана несиметрією відносно “землі” прямих і зворотних проводів джерел живлення +15 V і “Заг.” на вході та ± 5V і “Заг.” на виході ІПН.

Оскільки з перешкодами загального вигляду розробникам електронної апаратури доводиться стикатися як в процесі виробництва, так і в процесі експлуатації, далі приділяється увага саме цьому виду перешкод.

При дослідженні таких перешкод постановка задачі фактично зводиться до виміру та зменшення перешкод.

У процесі експериментальних досліджень вимірювання проводилися осцилографом з несиметричним входом.

Період перемикання транзисторів ІПН (рис. 2, рис. 3) дорівнює 12 мкс.

Звідси:

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

Схема для дослідження форми імпульсів струму на вході ІПН наведена на рис. 5. Точки підключення вхідних контактів осцилографа вказані стрілками.

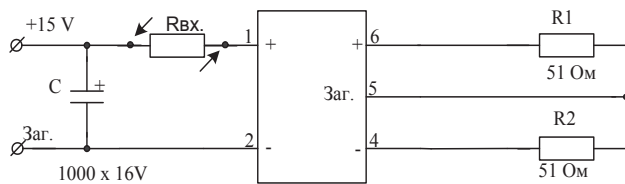


Рис. 5. Схема для дослідження форми імпульсів струму на вході ІПН

Осцилограма напруги на опорі R номіналом 100 Ом (розгортка по вертикалі – 0,1 В/діл., розгортка по горизонталі – 2 мкс/діл.) наведена на рис. 6.

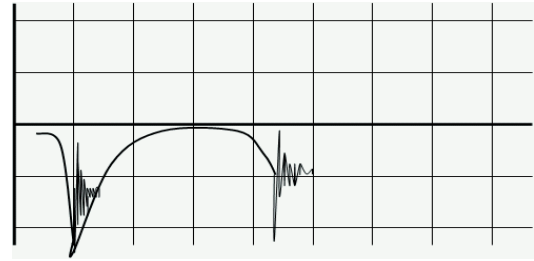


Рис. 6. Форма імпульсів струму на вході ІПН

Напруга на резисторі R відповідає струму на вході ІПН.

Зменшення струму після перемикання вихідних транзисторів ІПН і подальше його збільшення підтверджують раніше зроблений висновок про двотактний вихідний каскад, тобто приведена на рис. 4 електрична схема відповідає реальній схемі ІПН.

Можна пояснити неідентичність перехідного процесу (рис. 2) після перемикання транзисторів Т1, Т2.

При перемиканні вихідних транзисторів якийсь час обидва транзистора знаходяться в режимі насичення, тобто обидва транзистора відкриті. Це створює кидок струму у вхідному ланцюзі. Крім того, один з транзисторів більший час підтримується у відкритому стані через затримку сигналу у ланцюжку елементів У1, У3 (рис. 4).

На рис. 7 наведено сигнали на вході елементів У1, У2 і виході У2, У3.

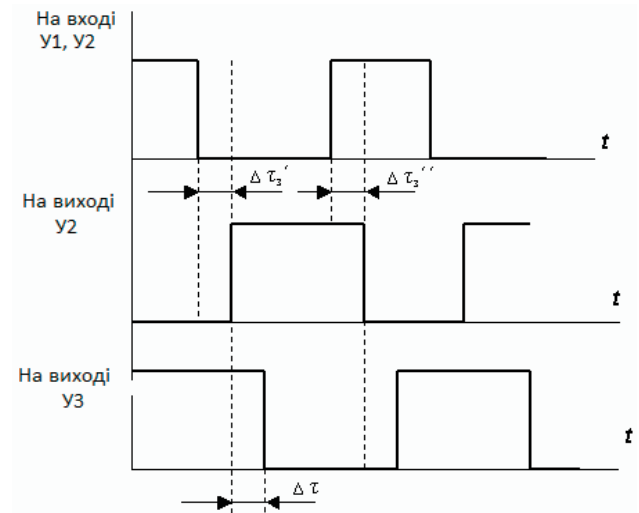


Рис. 7. Діаграма напруг виникнення наскрізного струму

Через затримку сигналу у елементах У1, У2, У3 отримуємо різницю Δτ, під час якої обидва транзистори Т1, Т2 знаходяться у відкритому стані. Це так званий режим наскрізного струму. Виникають кидки струму, у тому числі, і у індуктивностях розсіювання Ls. Спільно з паразитними ємностями індуктивності розсіювання Ls (рис. 4) створюють затухаючий коливальний процес з відповідними частотою і амплітудою (рис. 2). Закривання транзистора, який більший час знаходиться у відкритому стані, призводить до перехідного процесу з великою амплітудою і тривалістю.

Спроба підключення під час дослідження на вході ІПН високочастотних конденсаторів або дроселів погіршує ситуацію.

Слід зазначити, що підключення ємностей (індуктивностей) не зменшує перешкоди, а перетворює електричну (магнітну) енергію перешкоди в магнітну (електричну) енергію.

Аналізуючи осцилограми напруги, які наведені на рис. 2 та рис. 3, можна помітити, що напруга перешкоди на виході ІПН інверсна щодо напруги на вході.

### 5. Висновки

На підставі проведених експериментальних досліджень можна рекомендувати наступні прийоми зменшення перешкод загального вигляду для ІПН:

1. Використати у якості транзисторів T1, T2 високочастотні транзистори. Збільшити швидкодію елементів U1, U2, U3, виключивши або значно зменшивши наскрізний струм у трансформаторі. У нашому випадку це неможливо через те, що T1, T2, U1, U2, U3 є частиною монолітної інтегральної схеми. Хоча на рівні заміни кристала фірма зробили подібну процедуру – поряд з серією мікросхем DCP з'явилася серія DCR з меншим рівнем перешкод. Цей прийом може бути використаний при розробці імпульсних ІПН на дискретних елементах.

2. Підключення послідовного RC-ланцюжка. Значення конденсатора C вибирається з умови

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

де

$X_c$  – опір конденсатора на частоті перешкоди;

R – значення резистора, що підключається послідовно з конденсатором.

Зазвичай послідовний RC-ланцюжок підключається паралельно обмотці трансформатора. Значення R визначається значенням індуктивності розсіювання  $L_s$  трансформатора ІПН і підбирається експериментально.

У нашому випадку контакти обмоток трансформатора «заховані» у корпусі інтегральної мікросхеми.

3. Підключення між загальними контактами ІПН, між входом і виходом паралельного RC-ланцюжка (рис. 8).

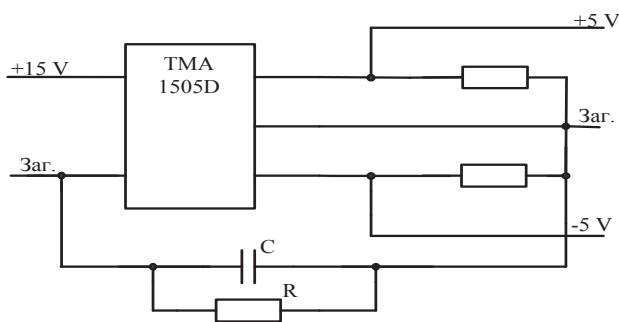


Рис. 8. Підключення паралельного RC-ланцюжка для зменшення перешкод

Цей метод використовується, наприклад, у локальних мережах Ethernet. Значення R вибирають близько 10 кОм, значення C – 10000 пФ.

Недоліком методу є наявність гальванічного зв'язку між первинною та вторинною обмотками трансформатора, а також зв'язок по змінному струму.

4. Підключення на вході і виході ІПН поздовжніх трансформаторів (рис. 9).

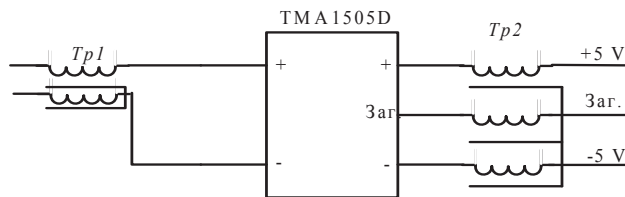


Рис. 9. Підключення на вході і виході ІПН поздовжніх трансформаторів

Поздовжній трансформатор вносить у ланцюги живлення і навантаження ІПН великий індуктивний опір. Корисні сигнали постійного струму проходять через трансформатор безперешкодно. Важливо, щоб сума струмів через трансформатор дорівнювала нулю.

У електронній апаратурі, де даний вид перешкод призводить до негативних результатів, можна запропонувати чотири підходи до вирішення проблеми синфазних перешкод:

1. Вибрати інший тип ІПН з меншим рівнем перешкод, наприклад, MAX253 фірми Maxim Integrated, перевагою якого є використання напруги живлення +5 В на відміну від +15 В у TMA1505D (рис. 10) [5].



Рис. 10. Фрагмент застосування ІПН MAX213 фірми Maxim Integrated

2. Розробити перетворювач на дискретних електронних компонентах.

3. З'єднати гальванічно розв'язані загальні ланцюги ІПН за допомогою RC-ланцюжка (рис. 8).

4. Встановити на вході і виході ІПН поздовжні трансформатори (рис. 12).

У першому випадку бажання використати інший тип ІПН стикається з проблемою збільшення ціни на ІПН і труднощами поставок.

Другий підхід надійний, але установка дискретних елементів ІПН на блоці вимагає більше місця, а виготовлення імпульсних трансформаторів в неспеціалізованих умовах збільшує число проблем.

У третьому випадку вхідні і вихідні ланцюги ІПН розв'язані по змінному струму за допомогою конденсатора. Габарити конденсатора сумірні, а іноді більші самих ІПН.

З точки зору практичного використання прийнятним залишається четвертий підхід до зменшення синфазних перешкод за допомогою поздовжніх транс-

форматорів, наприклад, індуктивних фільтрів придушення електромагнітних перешкод В 82790-S фірми Epcos [6].

---

#### Література

1. Кардашук, В. С. Використання двоканального блоку інтерфейсу RS-485 [Текст] / В. С. Кардашук // Матеріали IV науково-практичної конференції. «Інформаційні і керуючі системи в промисловості, економіці та екології». – Сєверодонецьк, 2012. – С. 51-53.
2. Рязанцев, А. И. Методы повышения надежности передачи данных в сетях на базе интерфейса RS-485 [Текст] / А. И. Рязанцев, В. С. Кардашук // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – Луганськ, 2007. – № 4(110), ч. 2. – С. 176–181.
3. Рязанцев, А. И. Исследование влияния параметров линии связи на качество передачи данных в сетях интерфейса RS-485 [Текст] / А. И. Рязанцев, В. С. Кардашук // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – Луганськ, 2007. – № 11(117), ч. 2. – С. 133–140.
4. DC/DC Converter, Available at: <http://www.tracopower.com/fileadmin/medien/dokumente/pdf/datasheets/tma.pdf> (accessed November, 2009).
5. Transformer Driver for Isolated RS-485 Interface, Available at: <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX253.pdf> (accessed Document Ref.: 19-0226 Rev 2; May, 2010).
6. Data and Signal Line Chokes, Available at: [http://www.epcos.com/inf/30/db/ind\\_2008/b82790c0\\_s0.pdf](http://www.epcos.com/inf/30/db/ind_2008/b82790c0_s0.pdf) (accessed April, 2008).

#### **Abstract**

*Galvanic isolation in circuits of the signals transmission and reception is widely used in the communication interface block RS-485. Integrated voltage transducer noises, used in such circuits, are the source of interference and they affect the quality of information transmission via the interface RS-485.*

*The article examines and suggests the methods of reducing the influence of common-mode interferences for integrated voltage transducers produced by Traco Power AG, for their application in galvanic isolation chains RS-485.*

*The research results show that the common-mode interferences generate themselves in the output circuit of integrated voltage transducer, as a result of switching current step of the output transistors. The current step is the result of different opening and closing moment of the output transistors, which leads to the transition process with large amplitude and duration.*

*On the basis of experimental studies the application of Epcos inductive filters along with integrated voltage transducer, which reject interferences, reduces considerably the effect of integrated voltage transducer noises on the quality of signals transmission galvanic isolation circuits and increases the noise immunity of communication interface blocks RS-485*

**Keywords:** *transducer, interference, galvanic isolation, interface*