

УДК 621.391.6

Вишнівський В.В., д.т.н.; Савран В.О., аспірант

РОЗРОБКА ДІАГНОСТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЦИФРОВОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ СПЕКТРАЛЬНОГО МЕТОДУ НА ОСНОВІ ЕНЕРГОДИНАМІЧНИХ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ В ШИНІ ЖИВЛЕННЯ

Vyshnivskiy V.V., Savran V.O. Development of diagnostic model of digital device for a spectral method on the basis of energydynamic transients in the tire of feed.

In the article the diagnostic model of digital device is worked out for the spectral method of diagnosing. Essence consists in that at the periodic switching of logical elements there are periodic packs of energydynamic transients in the tire of feed, form and number of that depend on the type of the integrated circuit and method of her including. It is experimentally well-proven that the spectrum of energydynamic transients has substantial differences from the spectrum of signals that is included in a complex signal in the tire of feed of digital devices. Therefore this information can be used as diagnostic. Advantage of such going near the process of diagnosing above existing consists in the following: the necessity of the use of plenty of control points is eliminated for determination of defective digital devices; treatment of diagnostic information is simplified; time of diagnosing of digital devices is diminished. A spectral method can be taken for basis for the construction of hierarchical, universal, CASS of the technical diagnosing of digital devices, that will allow to conduct diagnosing, at relatively small economic expenses with the set reliability indexes.

Keywords: diagnostic model, digital device, spectrum, method, diagnosing, energydynamic transients, tire of feed

Вишнівський В.В., Савран В.О. Розробка діагностичної моделі цифрового пристрою для спектрального методу на основі енергодинамічних перехідних процесів в шині живлення.

В статті розроблено діагностичну модель цифрового пристрою для спектрального методу діагностування суть якого полягає в тому, що при періодичному переключенні логічних елементів у шині живлення виникають періодичні пачки енергодинамічних перехідних процесів, форма і число яких залежать від типу інтегральної схеми й способу її включення. Експериментально доведено, що спектр енергодинамічних перехідних процесів має істотні відмінності від спектру сигналів, що входять до комплексного сигналу в шині живлення цифрових пристроїв. Тому дану інформацію можна використовувати в якості діагностичної.

Ключові слова: діагностична модель, цифровий пристрій, спектр, метод, діагностування, енергодинамічні перехідні процеси, шина живлення

Вишневский В.В., Савран В.О. Разработка диагностической модели цифрового устройства для спектрального метода на основе энергодинамических переходных процессов в шине питания.

В статье разработана диагностическая модель цифрового устройства для спектрального метода диагностирования суть которого заключается в том, что при периодическом переключении логических элементов в шине питания возникают периодические пачки энергодинамических переходных процессов, форма и число которых зависят от типа интегральной схемы и способа ее включения. Экспериментально доказано, что спектр энергодинамических переходных процессов имеет существенные отличия от спектра сигналов, которые входят в комплексный сигнал в шине питания цифровых устройств. Поэтому данную информацию можно использовать в качестве диагностической.

Ключевые слова: диагностическая модель, цифровое устройство, спектр, метод, диагностирование, энергодинамические переходные процессы, шина питания

Вступ

Організація автоматизації контролю технічного стану цифрових пристроїв являється досить складним прикладним завданням в технічній діагностиці. Причому на сучасному етапі розвитку радіоелектронної техніки (РЕТ) та інформаційних технологій (ІТ) цілком не вирішені питання такої організації. Зокрема, необхідно знаходити та досліджувати нові шляхи отримання, аналізу і обробки діагностичної інформації для прийняття рішення про технічний стан цифрових пристроїв з достовірністю не нижче заданої за припустимий час [1, 2, 5, 6].

© Вишнівський В.В., Савран В.О., 2017

Аналіз досліджень і публікацій

Основною вимогою, що пред'являється до РЕТ являється забезпечення ефективності на високому рівні, тобто можливості забезпечити виконання своїх функцій з заданою якістю. Важливою складовою частиною ефективності функціонування РЕТ є надійність [1, 2] РЕТ, яка залежить від безлічі факторів. Визначальною серед таких факторів являється середня тривалість відновлення РЕТ. Її складовими частинами є час контролю технічного стану та час визначення несправного елемента. Усунення несправності РЕТ повинно забезпечувати заданий коефіцієнт готовності. Вирішення таких задач покладено на автоматизовані засоби технічної діагностики РЕТ, зокрема на автоматизовані системи технічного діагностування, а також на засоби функціонального діагностування.

У науково-технічній літературі по розробці й експлуатації РЕТ основна увага приділяється питанням дослідження можливості мінімізації середнього часу відновлення й вартості засобів діагностування. Тому виникає необхідність розробки нових методів і засобів атоматизації отримання та обробки діагностичної інформації, що дозволило б підвищити показники діагностування.

Аналіз стану й перспектив розвитку автоматизованих систем технічного діагностування та інформаційних технологій як в Україні, так і за кордоном, показує, що задана ефективність РЕТ досягається за рахунок збільшення апаратних засобів. В таких роботах велика увага приділяється рішенню окремих завдань, що направлені на дослідження та розробку автоматизованої системи технічного діагностування тільки для окремих цифрових пристроїв. При цьому, основним фактором, що стримує розвиток сучасних автоматизованих систем технічного діагностування є відсутність теорії, що здатна автоматизувати розробку діагностичних моделей (ДМ) цифрових пристроїв, тестів діагностування для них

Формулювання цілей (мети) статті

Проведений аналіз можливостей існуючих автоматизованих систем технічного діагностування показав, що вони не дозволяють оперативно виявляти несправності РЕТ. Для їх реалізації необхідні великі часові та матеріальних витрати. До основних недоліків таких систем, що знижують їх ефективність, відносяться складність і висока ціна програмної й апаратної частини, необхідність доступу до великої кількості контрольних точок, складності при забезпеченні автоматизації РЕТ з елементами зовнішнього логічного управління, відсутність ефективних сучасних методів діагностування, великі витрати на підготовчому етапі при розробці засобів діагностування. Однією з основних причин, що обумовлюють визначені недоліки є обмежене застосування інформаційних технологій. Тому існуючий методичний апарат отримання та обробки діагностичної інформації орієнтований на непродуктивний шлях розвитку.

Таким чином, розробка діагностичної моделі цифрового пристрою для спектрального методу на основі перехідних процесів в шині живлення з метою забезпечення заданого коефіцієнта готовності РЕТ при обмежених затратах на експлуатацію є важливим актуальним завданням.

Виклад основного матеріалу дослідження

Величина струму живлення будь-якого цифрового пристрою залежить від технічного стану його елементів, вхідних сигналів та сигналів управління, які визначають його динамічний опір. Під час роботи цифрового пристрою його елементи переходять з одного логічного рівня в інший. Це приводить до того, що в моменти переходу на виходах елементів пристрою виникають перехідні процеси, які можна виміряти в його шині живлення. Дану інформацію можна використовувати для проведення діагностування цифрових пристроїв. Отримання і обробка такої інформації лежить в основі спектрального методу на основі перехідних процесів в шині живлення [3, 4].

Розглянемо роботу елементів цифрових пристроїв в часовій та частотній областях. Інтегральним схемам сучасних складних цифрових пристроїв притаманні наступні властивості: велика кількість логічних елементів (ЛЕ) (десятки, сотні тисяч, виконаних в одній гібридній або монолітній схемі); короткі сполучні лінії між елементами; стійкий статичний і динамічний зв'язок між ЛЕ; високий ступінь розгалуженості (топология) міжелементних з'єднань; наявність зворотніх зв'язків [2, 3, 4, 6]. Зазначені властивості

приводять до складних перехідних процесів, які також впливають на струм в шині живлення цифрового пристрою. Тому цю інформацію будемо використовувати для визначення технічного стану цифрового пристрою. Для цього визначимо параметри протікання перехідного процесу на виходах інтегральних схем та в шині живлення.

Проведене експериментальне дослідження процесу функціонування цифрового пристрою у часовій та частотній областях дозволило отримати епюри вихідних сигналів інтегральних схем у двовимірній системі координат з урахуванням вищевикладених властивостей і ранжуванням складових їх ЛЕ за часом протікання перехідних процесів в шині живлення. На рис. 1 зображені сигнали в часовій області в наступних контрольних точках:

- а) амплітуда сигналів вхідної тестової послідовності;
- б) амплітуда сигналів вихідних сигналів інтегральних схем;
- в) амплітуда сигналів в шині живлення цифрового пристрою.

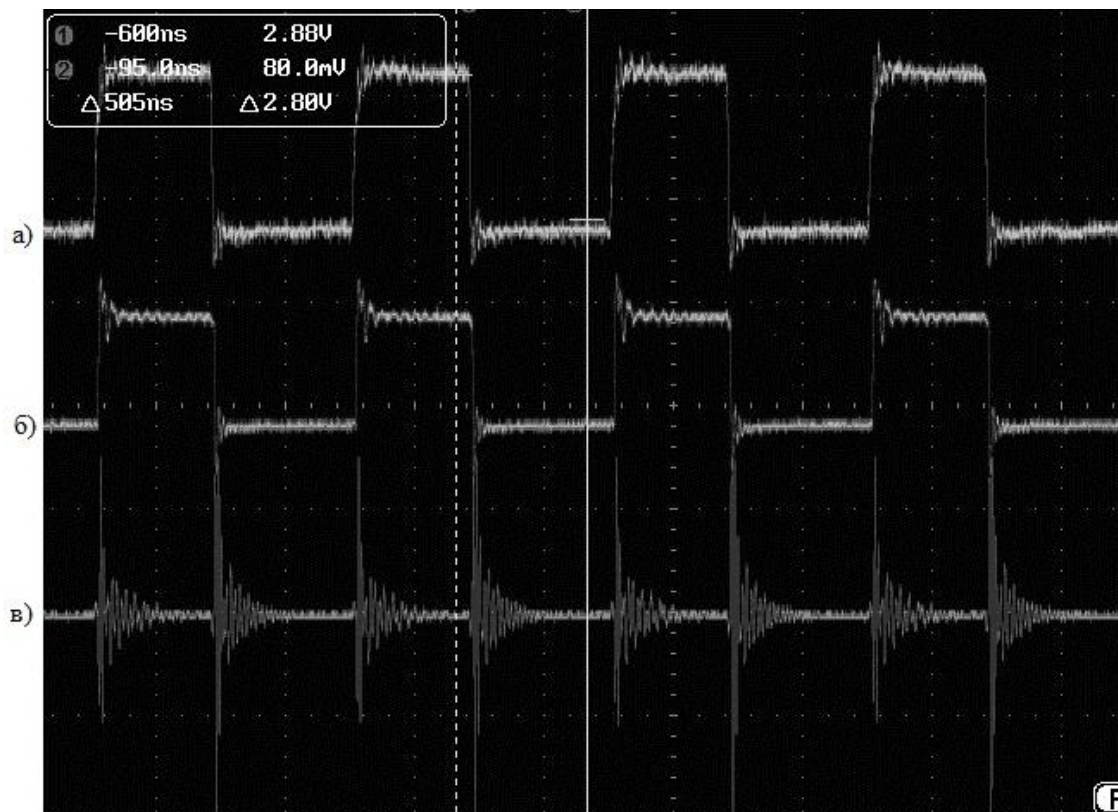


Рис. 1. Амплітуда сигналів: а) вхідна тестова послідовність; б) вихідні сигнали ІС; в) енергодинамічні перехідні процеси в шині живлення цифрового пристрою

Аналіз отриманих результатів показав, що при подачі на вхід інтегральної схеми тестової послідовності, в залежності від топології зв'язків ЛЕ всередині здійснюється одночасне або майже одночасне (зсунуте на невеликий проміжок часу) переключення декількох ЛЕ. Це приводить до того, що на виході інтегральної схеми та в шині живлення формуються сигнали енергодинамічного перехідного процесу від різних ЛЕ.

Сигнали енергодинамічних перехідних процесів в шині живлення мають велику амплітуду та малу тривалість (одиниці наносекунд). Тому обробку цих сигналів доцільно проводити в частотній області. На рис. 2 приведено спектр сигналів енергодинамічних перехідних процесів для справного (рис. 2а) несправного (рис. 2б) логічних елементів. Це доводить можливість отримання діагностичної інформації про технічний стан інтегральних схем цифрового пристрою.

З рис. 2 видно, що “спектр-образ” еталонного справного ЛЕ суттєво відрізняється від “спектр-образу” несправного ЛЕ. Тому інформацією про наявність дефектів в цифровому пристрої при використанні спектрального енергодинамічного методу буде відмінність “спектр-образу” об від еталонного.

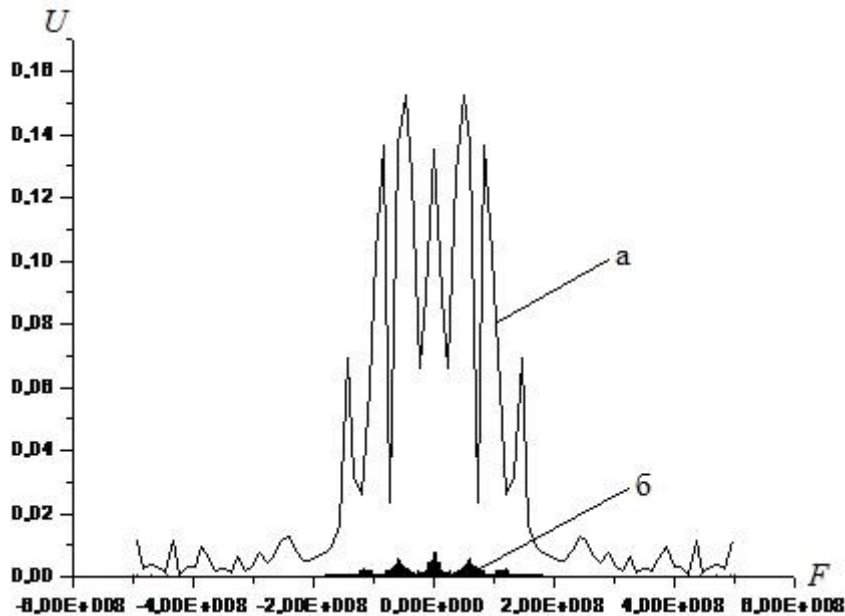


Рис. 2. Спектр сигналів енергодинамічних перехідних процесів: а) справний б) несправний логічний елемент

Таким чином необхідно розробити діагностичну модель цифрового пристрою для спектрального методу на основі енергодинамічних перехідних процесів в шині живлення.

Для визначення можливості виділення діагностичної інформації із спектру енергодинамічних перехідних процесів в шині живлення проведемо їх аналіз. Розглянемо пристрій, що складається з послідовно включених інтегральних схем. При подачі на його вхід тестового впливу у вигляді прямокутного імпульсу інтегральні схеми будуть по черзі переключатись. У момент спрацьовування кожної інтегральної схеми в шині живлення виникає комплексний сигнал у вигляді енергодинамічних перехідних процесів. Цей сигнал складається з імпульсів струму квазікороткого замикання, що обумовлені переключенням логічних елементів інтегральних схем, імпульсів вхідного впливу, що трансформовані в ланцюг живлення, низькочастотний шум і "білий" шум [3, 4].

Імпульси переключення логічних елементів інтегральних схем можуть бути представлені у вигляді двох складових $U_1(t)$ - послідовності позитивних імпульсів і $U_2(t) = -U_1(t - \tau)$ - послідовності негативних імпульсів. При цьому негативні імпульси $U_2(t) = -U_1(t - \tau)$ слідує із тим же періодом, що й імпульси $U_1(t)$, але мають зсув у часі на величину тривалості імпульсу переключення τ . Спектральна щільність цих сигналів визначаються наступними виразами

$$U_1(t) = S_1(j\omega), U_2(t) = S_1(j\omega)e^{-j(\pi + \omega\tau)}. \quad (1)$$

Тоді комплексний сигнал, що описує імпульси переключення буде мати наступний вигляд

$$U(t) = S_1(j\omega)[1 + e^{-j(\pi + \omega\tau)}].$$

Спектральна щільність суми двох імпульсів буде мати вид

$$S_n(j\omega) = 2S_1(j\omega) \sin\left(\frac{\omega\tau}{2}\right) e^{j\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\omega\tau}{2}\right)},$$

А амплітудно-частотний спектр запишеться як

$$S(\omega) = U_0 \sqrt{\pi\tau} 2e^{j\left(\frac{\omega\tau}{2}\right)^2} \sin\left(\frac{\omega\tau}{2}\right).$$

Амплітудно-частотний спектр комплексного сигналу буде мати максимуми на частотах

$$w_i = \frac{2i-1}{\tau} \pi, \quad i=1, 2, \dots, \infty,$$

і мінімуми

$$w_j = \frac{2j\pi}{\tau}, \quad i=1, 2, \dots, \infty.$$

Трансформований у ланцюг живлення тестовий вплив і диференційований перехідними ланцюгами інтегральних схем, являється одиночним сигналом, спектр якого описується виразом

$$S(jw) = \frac{U_0 \sqrt{\pi}}{2} \tau_i e^{-\frac{(w\tau_i)^2}{4}} e^{j\pi}. \quad (2)$$

Таким чином, вираз (2) представляє собою діагностичну модель цифрового пристрою для спектрального методу на основі енергодинамічних перехідних процесів в шині живлення.

Також в спектрі комплексного сигналу також будуть присутні власні шуми інтегральних схем. До них належать теплові, дробові й низькочастотні.

Спектральна щільність потужності теплового й дробового шумів не залежить від частоти, тому ці два види шумів відносяться до шумів з білим спектром. Вони мають рівномірно розподілений по всіх частотах спектр і відносяться до так званому "білого" шуму, щільність якого за своїм значенням порівнянна з імпульсами струму переключення ІС із одного стану в інший.

Спектральна щільність потужності низькочастотного шуму пропорційна $1/f\gamma$, де γ - коефіцієнт, що характеризує вид спектра. Вона займає дуже вузький (до десятків кілогерців) діапазон частот, і її фільтрація не внесе істотних спотворень у спектр імпульсів струму енергодинамічного процесу.

Диференційований імпульс впливу, що трансформований у шину живлення, має максимальне значення модуля спектральної щільності на порядок менше, ніж імпульси струму енергодинамічних перехідних процесів.

Тому наявність у спектрі імпульсів струму енергодинамічних перехідних процесів в шині живлення явно виражених максимумів і мінімумів є діагностичною інформацією про кількість виділених імпульсів. Таким чином між спектром імпульсів струму енергодинамічних перехідних процесів, з одного боку, і спектрами імпульсів переключення, імпульсу впливу, що трансформований в шину живлення, і шумами, з іншого боку, є істотні відмінності. Ці відмінності дозволяють виділяти імпульси струму енергодинамічних перехідних процесів.

Проведений аналіз спектрів сигналів, що виникають у шині живлення при перемиканнях інтегральних схем цифрових пристроїв, показав, що спектри являються достовірними джерелами діагностичної інформації. Використовуючи принципи одночасного аналізу, технічно можливо реалізувати пристрій для визначення працездатності цифрових пристроїв на основі спектрального аналізу сигналів.

Експериментальні дослідження, що проведені з різними типами інтегральних схем, підтверджують правильність теоретичного висновку про можливість виділення спектра імпульсів струму енергодинамічного процесу й використання його для визначення працездатності цифрових пристроїв.

Висновки

Таким чином, в статті вирішено важливе актуальне наукове завдання розробки діагностичної моделі цифрового пристрою для спектрального методу на основі енергодинамічних перехідних процесів в шині живлення з метою забезпечення заданого коефіцієнта готовності РЕТ при обмежених затратах на експлуатацію.

Спектральний метод можна взяти за основу для побудови ієрархічних, універсальних, автоматизованих систем технічного діагностування цифрових пристроїв, що дозволить проводити діагностування, при відносно невеликих економічних затратах з заданими показниками надійності.

Сутність спектрального методу діагностування цифрових пристроїв полягає в тому, що при періодичному переключенні логічних елементів у шині живлення виникають періодичні пачки енергодинамічних перехідних процесів, форма яких і число залежать від типу інтегральної схеми й способу включення. Маючи дискретний спектр, вони можуть бути представлені у вигляді сукупності гармонійних складових, що відрізняються частотою, початковою фазою й амплітудою.

Експериментально доведено, що спектр енергодинамічних перехідних процесів має істотні відмінності від спектру сигналів, що входять до комплексного сигналу в шині живлення цифрових пристроїв. Тому дану інформацію можна використовувати в якості діагностичної.

Перевага такого підходу до процесу діагностування над існуючими полягає в наступному: виключено необхідність використання великої кількості контрольних точок для визначення несправних цифрових пристроїв; спрощено обробку діагностичної інформації; зменшено час діагностування цифрових пристроїв.

Список використаної літератури

1. Діагностика цифрових та аналогових пристроїв радіоелектронної техніки: Монографія / Вишнівський В.В., Жердев М.К., Ленков С.В., Проценко В.О.; під редакцією М.К. Жердева, С.В. Ленкова. – К.: Знання України, 2009. – 220 с.
2. Автоматизація управлінських рішень в інформаційно-телекомунікаційних системах спеціального призначення: монографія / О. В. Бойченко, В. П. Квасніков; Нац. авіац. ун-т. - Сімф.: ДІАЙП, 2011. - 291 с.
3. Вишнівський В.В. Обґрунтування можливості використання параметрів спектру енергодинамічних імпульсів для контролю технічного стану цифрових пристроїв об'єктів РЕЗО / В.В. Вишнівський, М.Г. Ніколайчук // Третя науково-практичної конференції молодих учених і студентів "Інформаційно-вимірювальні технології, технічне регулювання та менеджмент якості: стан, досягнення і перспективи". – Одеса, - 2012. – С. 206 – 207.
4. Вишнівський В.В. Діагностична модель спектрального аналізу енергодинамічних імпульсів при наявності збоїв / В.В. Вишнівський, М.Г. Ніколайчук // Дев'ята регіональна конференція студентів і молодих науковців «інформатика, інформаційні системи та технології». – Одеса, - 2012. – С. 67 – 68.
5. Вишнеvский В.В. Механизмы интеграции средств защиты в среду распределенных компьютерных систем / В.В. Вишнеvский, В.Е. Мухин, Я.И. Корнага, Н.П. Корнага, И.В. Каплин // International Scientific and Practical Conference "WORLD SCIENCE" (Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Topical Problems of Modern Science and Possible Solutions (September 24-25, 2015, Dubai, UAE)"). - 2015. - 2(2), Vol.1. - pp. 7-9.
6. Вишнівський В.В. Інтеграція SDN рішення в існуючі комп'ютерні мережі / В.В. Вишнівський, С.В. Прилепов // Перша Міжнародна Науково-технічна конференція «Сучасні інформаційно-телекомунікаційні технології». – Київ, - 2015. – С. 18.

Автори статті

Вишнівський Віктор Вікторович - доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних наук, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна. Тел.: +38 063 474 79 24. E-mail: vish_vv@ukr.net.

Савран Віталій Олександрович - аспірант науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, Україна. Тел.: +38 050 928 48 32. E-mail: savrvital@ukr.net.

Authors of the article

Vyshnivskiy Viktor Viktorovich - sciences doctor (technic), professor, head of Computer sciences Department, State university of telecommunications, Kyiv, Ukraine. Tel.: +38 063 474 79 24. E-mail: vish_vv@ukr.net.

Savran Vitalij Oleksandrovich - post-graduate student of the scientific research center of the Military Institute of Taras Shevchenko Kyiv National University, Kyiv, Ukraine. Tel.: +38 050 928 48 32. E-mail: savrvital@ukr.net.

Дата надходження в редакцію: 14.03.2017 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Б.П. Креденцер