

ОЦІННИЙ РОЗРАХУНОК ЧИСЛОВИХ ЗНАЧЕНЬ ДІАГНОСТИЧНОГО СИГНАЛУ ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОГО ІНДУКЦІЙНОГО МЕТОДУ ДІАГНОСТУВАННЯ

Розглядається механізм виникнення діагностичного сигналу для безконтактного індукційного методу діагностування цифрових блоків та оцінка рівня цього сигналу. Безконтактний індукційний метод дозволяє проводити вимір діагностичних параметрів по реєстрації електромагнітного поля вихрових струмів, що наводяться струмоведучим елементом (шина живлення або загальна шина) на затискачах виміральної котушки при подачі на цифровий блок тестового впливу.

Вишневський В.В., Кузавков В.В., Редзюк Є.В. Оценочный расчет числовых значений диагностического сигнала для бесконтактного индукционного метода диагностирования. Рассматривается механизм возникновения диагностического сигнала бесконтактного индукционного метода диагностирования цифровых блоков и оценка уровня этого сигнала. Бесконтактный индукционный метод позволяет проводить измерение диагностических параметров по регистрации электромагнитного поля вихревых токов, приводимых токоведущим элементом (шина питания или общая шина) на зажимах измерительной катушки при подаче на цифровой блок тестового воздействия.

V.Vishnevsky, V.Kuzavkov, E.Redzyuk Evaluative calculation values of the diagnostic signal for the contactless induction method of diagnostics. IT is considered the mechanism of diagnostic signals for contactless inductive method of diagnosing blocks diagnosis and assessment the level of this signal. Contactless inductive method allows measurement of diagnostic parameters to registration an electromagnetic field eddy currents induced by carrying element (bus power or global bus) at the clips of the measuring coil when applying for a digital block test exposure.

Ключові слова: безконтактний індукційний метод, технічний стан, діагностичний сигнал.

Вступ. У даний час все більшого поширення набувають радіоелектронні об'єкти (РЕО), які є об'єднанням модулів різного фізичного виконання та призначення. Однією з вимог, які пред'являються до РЕО на етапі експлуатації, є забезпечення їх надійності. Задовольнити цю вимогу можна застосуванням нових ефективних методів в сучасних системах технічного діагностування та використанням інформаційних технологій для розробки діагностичних моделей об'єктів діагностування, побудови діагностичних тестів, реєстрації та обробки діагностичної інформації.

Аналіз існуючих методів, що використовуються для проведення контролю технічного стану аналогових і цифрових радіоелектронних блоків (методи параметричного, функціонального контролю, контролю по характеристикам вихідних сигналів, по показниках якості для аналогових радіоелектронних блоків і методи тестового контролю для цифрових радіоелектронних блоків) [1 – 3] дозволив виявити недоліки, властиві цим методам, основні з яких полягають у наступному:

- при проведенні діагностування використовується велика кількість контрольних точок в яких вимірюються велика кількість діагностичних параметрів, що впливає на об'єм апаратної частини системи діагностування (СД) та тривалість і достовірність проведення контролю;

- темпи розвитку РЕО набагато випереджають методи і засоби діагностування;

- збільшення ступеня інтеграції радіоелементів, кількості зовнішніх виходів і режимів роботи РЕО приводить до недопустимого збільшення вартості сучасних СД;

- існуючі СД, що побудовані на основі відомих методів, не забезпечують можливість контролю максимальної кількості різних типів аналогових і цифрових елементів, блоків і типових елементів заміни (ТЕЗ) за умови забезпечення заданої достовірності проведення контролю технічного стану;

- обмежене застосування сучасних інформаційних технологій при побудові СД;

- відсутність напрацьованих алгоритмів отримання, обробки і управління

діагностичною інформацією;

– необхідність реєстрації сигналів наведених у „антенному” пристрої [3], рівень яких дорівнює рівню шумів.

Таким чином, необхідно вирішити задачу, що полягає в дослідженні і розробці нових принципів і методів побудови універсальних автоматизованих (комп'ютеризованих) систем контролю технічного стану об'єктів РЕО, при відносно невеликих економічних затратах з заданими показниками якості.

Основна частина. Для вирішення задачі побудови універсальних автоматизованих (комп'ютеризованих) систем контролю технічного стану об'єктів РЕО, пропонується новий безконтактний індукційний метод визначення технічного стану елементів цифрових радіоелектронних блоків [4]. Сутність методу полягає у використанні в якості діагностичної інформації сигналів, що наведено в шині живлення цифрового блоку при подачі на його вхід контрольної тестової послідовності. Характерною особливістю методу є той факт, що діагностичний параметр всього блоку знімається в одному місці. Діагностична інформація реєструється безконтактним датчиком діагностичного сигналу (ДДС), в наслідок чого:

- виключено втручання в роботу блоку, що перевіряється (не змінюються показники надійності блоку);
- використовується єдина контрольна точка в якій вимірюється діагностичний параметр;
- забезпечується можливість контролю різних типів аналогових і цифрових елементів, блоків і ТЕЗ;
- забезпечується застосування сучасних інформаційних технологій при формуванні контрольних послідовностей, реєстрації та обробці діагностичної інформації.

Застосування запропонованого методу вимагає оцінки числового значення діагностичного сигналу в ДДС. Розглянемо механізм виникнення діагностичного сигналу (на вхід блоку подається послідовність тестових імпульсів) для вказаного методу.

Механізм генерації діагностичних сигналів у шині живлення пояснюється на прикладі сучасної КМОН інтегральної схеми (ІС), спрощена схема якої наведена на рис. 1а [5]. Аналізу підлягає найбільш „інформаційний” елемент ІС – вихідний транслятор (*VT11* – *VT21*). Тут:

U_{cc} и $0V$ – позначення виводів живлення та загальної шини ІС, до яких підключається зовнішнє джерело живлення;

U'_{cc} и $0V'$ – внутрішні шини живлення ІС;

L_S , R_S – еквівалентні паразитні індуктивність та опір внутрішніх шин живлення (включаючи індуктивність та опір виводу);

L_G , R_G – паразитні індуктивність та опір загальної шини (включаючи індуктивність та опір виводу).

C_L – зовнішня ємність навантаження що підключена між вихідним виводом U_0 та виводом $0V$.

Припустимо, нижній вихідний транзистор *VT21* вихідного транслятору *DO1* перебував у закритому стані, а верхній *VT11* – у відкритому. Тоді ємність навантаження C_L заряджена до високого рівня напруги U_{0H} . При відмиканні нижнього транзистора *VT21* ємність C_L розряджається (рис. 1б), і через відкритий транзистор *VT21* протікає струм, що змінюється в часі:

$$i_{0L} = C_L dU_0^{HL} / dt.$$

Цей струм, на паразитних опорі R_G та індуктивності L_G загальної шини $0V$, створює спадання напруги:

$$\Delta U_G = L_G di_{0L} / dt + i_{0L} R_G.$$

Ця напруга, в момент перемикання, впливає на внутрішню загальну шину $0V'$ і змінює її потенціал щодо потенціалу зовнішнього виводу $0V$, як показано на рис. 1б.

При включенні верхнього вихідного транзистору $VT11$ і вимиканні нижнього транзистору $VT21$ ємність навантаження C_L заряджається струмом стоку КМОН транзистору $VT11$:

$$i_{0H} = C_L dU_0^{LH} / dt.$$

Цей струм, протікаючи по паразитним індуктивності L_S та опору R_S шини живлення U_{CC} , створює на них спадання напруги:

$$\Delta U_S = L_S di_{0H} / dt + i_{0H} R_S. \quad (1)$$

Напруга (1) в момент перемикання впливає на внутрішню шину живлення U'_{CC} і змінює її потенціал щодо потенціалу зовнішнього виводу U_{CC} (рис. 1б).

Наприклад, при ємності навантаження $C_L = 50$ пФ і перепаді вихідної напруги $L_0 = 5$ В протягом 2 нс величина струму перезаряду дорівнює: $50 \times 5 / 2 = 125$ мА. Допускаючи, що індуктивність шини (живлення або загальної) становить $L_{G,S} = 10$ нГн, а опір $R_{G,S} = 2$ Ом [6], значення „сплеску” напруги $\Delta U_{G,S}$ складе 0,875 В.

При одночасному перемиканні декількох вихідних каскадів (вихідних трансляторів), що практично завжди має місце, значення напруги ΔU_S (ΔU_G) збільшується пропорційно їхньому числу.

Слід зазначити, що в дійсності значення напруги ΔU_S (ΔU_G) може бути вище, ніж зазначено. Це пов'язане з наявністю у вихідних елементах узгодження „наскрізних” струмів споживання, що виникають при перемиканні, коли обидва транзистора $VT11$ та $VT21$ перебувають у відкритому стані. Ці струми, складаються зі струмами перезаряду ємності навантаження i_{0H} , i_{0L} , значно збільшують значення струмів, що протікають через паразитні індуктивності L_G , L_S та опору R_G , R_S , і ще більше збільшують напруги ΔU_G і ΔU_S .

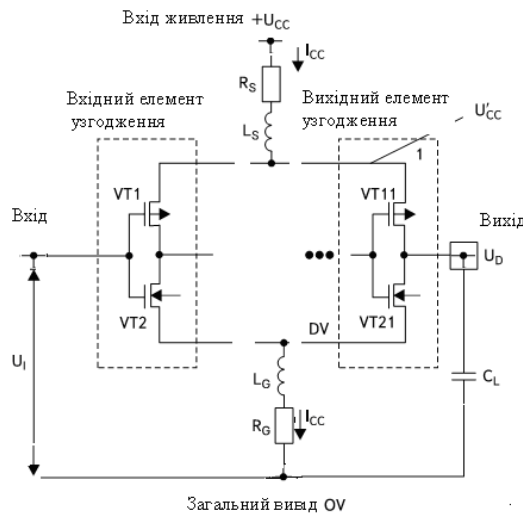


Рис. 1. Еквівалентна схема вхідного та вихідного транслятору КМОН ІС

Для оцінного розрахунку значень напруги сигналу ΔU_S (ΔU_G) використаємо еквівалентні схеми розряду (заряду) ємності навантаження МОН – транзисторів (рис. 3) (вплив „наскрізних” струмів споживання не враховується).

Припустимо що, при розряді еквівалентної ємності навантаження напруга на затворі транзистору $VT2$ (рис. 3а) змінюється протягом часу таким чином, що струм розряду I_{0L} попередньо зарядженої до напруги U_{0H} навантаження має лінійний характер (рис. 3а), тоді величина напруги ΔU_G має постійне значення. Заряд, накопичений ємністю навантаження C_L , визначається виразом:

$$Q = C_L U_0, \quad (2)$$

де $U_0 = U_{0H} - U_{0L}$ — логічний перепад напругі на виході.

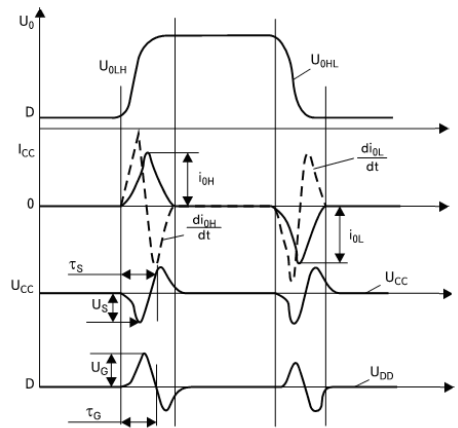


Рис. 2. часові діаграми сигналів

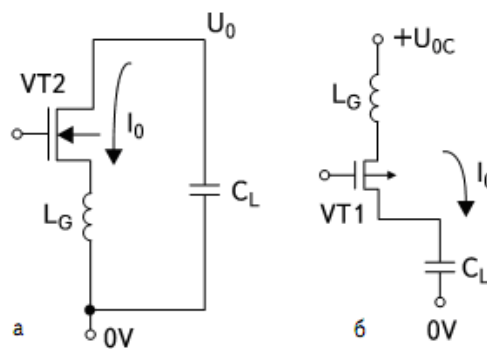


Рис. 3. Еквівалентні схеми: а) розряду ємності навантаження на основі МОН – транзистору; б) заряду.

Діаграми визначення рівня сигналів в шинах живлення при зміні стану вихідного транслятору (вихідного елемента узгодження) ІС наведено на рис. 4.

Цей заряд може бути розряджений протягом часу τ_r вихідним струмом:

$$I_{0L} = 2Q / \tau_r = 2C_L U_{0L} / \tau_r.$$

Тоді з урахуванням лінійної залежності струму розряду i_{0L} напруга сигналу в загальній шині буде мати вид:

$$\Delta U_0 = L_0 di_{0L} / dt = L_G 2I_{0L} \tau_r = \Delta L_G C_L U_0 / \tau_r^2.$$

З урахуванням того, що одночасно можуть перемикатися n вихідних каскадів, одержимо:

$$\Delta U_G = 4n \Delta L_G C_L U_0 / \tau_r^2. \quad (3)$$

При зміні напруги на затворі транзистору $VT1$ (рис. 3б) протягом часу τ_f таким чином, що струм заряду i_{0H} ємності навантаження C_L має лінійний характер, напруга сигналу у шині живлення ΔU_S також буде мати постійне значення.

Аналогічно, при заряді ємності навантаження, величина заряду в ємності C_L при нарузі U_0 визначається (2). Цей заряд може бути сформований протягом часу τ_f вихідним струмом:

$$I_{0H} = 2Q / \tau_r = 2C_L U_0 / \tau_f.$$

Тоді з урахуванням лінійної залежності струму заряду I_{0H} напруга сигналу в шині живлення можна визначити з виразу:

$$\Delta U_S = L_S di_{0H} / dt = L_S 2I_{0H} / \tau_r = 4L_S C_L U_0 / \tau_r^2$$

А з обліком того, що одночасно можуть перемикатися в один стан n вихідних елементів узгодження, отримаємо:

$$\Delta U_s = 4n\Delta L_s C_L U_0 / \tau_r^2. \quad (4)$$

З отриманих виразів маємо, найбільш істотний вплив на величину рівня діагностичного сигналу у шині живлення та загальній шині здійснює тривалість заряду (розряду) ємності τ_f , τ_r , тобто тривалість фронтів вихідного сигналу.

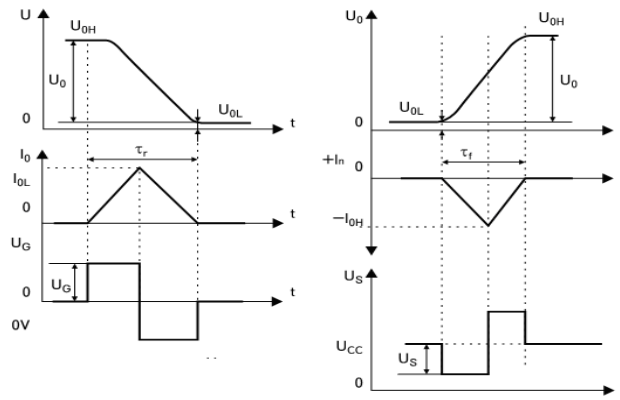


Рис. 4. Діаграми для визначення рівня сигналу в шинах живлення

Висновки. Таким чином, в статті розглянуто механізм виникнення сигналів в шині живлення U_G (3) та загальній шині U_s (4). Зміна струму в шині живлення реєструється безконтактним індукційним датчиком ДС і може бути використана для визначення технічного стану (працездатний – не працездатний) радіоелектронного компоненту що перевіряється. Встановлено, що рівень сигналу наведеного в цих шинах достатній для реєстрації та подальшої обробки автономною автоматизованою системою діагностування при використанні безконтактного індукційного методу. Коефіцієнт передачі індукційного датчика повинен забезпечити подальшу обробку діагностичної інформації без використання підсилювача.

Напрямок подальших досліджень є визначення умов прояву діагностичного сигналу під впливом вхідної контрольної тестової послідовності та використання отриманих результатів для побудови автономних автоматизованих систем діагностування цифрових блоків сучасного радіоелектронного устаткування.

ЛІТЕРАТУРА

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. Zherdev M.K., Kredentser V.P., Kuzavkov V.V. Ways and methods of efficiency increasing of the independent automated test systems of radio-electronic devices. National Aviation University Electronics and Control Systems 2014. № 4(42) стр. 150 – 154.
3. Глухов С.І., Попов П.П., Жердева О.В. Удосконалений електромагнітний метод визначення працездатності цифрових типових елементів заміни. // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ». – К.: ВІТІ НТУУ «КПІ», 2011. – Вип. №1. – с. 48 – 53.
4. Вишнівський В.В., Жердев М.К., Креденцер Б.П., Кузавков В.В., Редзюк Є.В. Безконтактний індукційний метод діагностування радіоелектронних блоків. // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2013. – Вип. №43. – с.17 – 23.
5. Brander O. Electrostatic discharge and CMOS logic. EOS // ECD Symposium Proceeding, RAC. September 1979.
6. Емельянов В.А. Быстродействующие цифровые КМОП БИС. – Минск: Полиграф, 1998.