

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНТРОЛЕЗДАТНОСТІ ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ СИСТЕМ ПОЕЛЕМЕНТНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ

Роїк О.М., Арсенюк І.Р., Месюра Н.В.

Вінницький державний технічний університет

E-mail: [roik@vstu.vinnica.ua](mailto:roik@vstu.vinnica.ua)

**Abstract.** *Roik O., Arseniuk I., Mesura N. Support of a control of objects for systems of item diagnosing. In the article questions of maintenance suitable to control analog objects of diagnosing are considered. The problem of introduction of structural redundancy of objects and introductions of additional control points is proved. Recommendations for introduction of such redundancy are given and cases are given where it is recommended to use them.*

**Постановка задачі.** Характерною тенденцією розвитку виробів радіоелектронної апаратури є постійне підвищення їх структурної і функціональної складності, що призводить до того, що ускладнюється і без того достатньо складна задача їх діагностування. Ефективним підходом до розв'язання цієї задачі може бути проектування об'єктів діагностування (ОД), які були б пристосовані до методів, що застосовуються у відповідних системах діагностування. Тобто на передній план постає задача побудови контролездатних для відповідних методів об'єктів. Як відомо, для цього потребується деяка структурна надлишковість ОД, що спрямована на підвищення керованості і спостережливості їх внутрішніх вузлів [1].

Сьогодні для задач діагностики несправностей, зокрема на етапах виробництва, широко застосовуються методи поелементного діагностування, за якими об'єкти розглядаються як сукупність незалежних елементарних компонент. При цьому, рішення про технічний стан ОД приймаються за результатами контролю на допуск параметрів кожного з цих компонент. В таких системах, як відомо, зв'язок засобів діагностування з ОД забезпечується практично з усіма їх внутрішніми вузлами, тобто можна вважати, що умова спостережливості в них виконується. Отже, для забезпечення контролездатності необхідно розв'язувати тільки задачу підвищення керованості в необхідних внутрішніх вузлах.

Для цифрових об'єктів це здійснюється достатньо просто. Оскільки входи окремих цифрових елементів (ЦЕ) в загальному випадку зв'язані з виходами

інших ЦЕ, тестові сигнали на входах досліджуваних ЦЕ повинні примусово змінювати рівень логічних сигналів на зв'язаних з ними виходах інших ЦЕ. Однак, з точки зору забезпечення неруйнівного характеру діагностики такі наведення допустимі тільки з одиниці в нуль [1-3]. Тобто, для поелементної діагностики цифрових об'єктів необхідно встановлювати так звані початкові умови, що забезпечують на виходах ЦЕ, що передують досліджуваним стан логічної одиниці. Для цього вводять додаткові точки  $T$  керованості. Такі точки можуть бути введені, наприклад, шляхом додавання елементів І/АБО (рис. 1, а), заміною елементів НІ елементами І-НІ/АБО-НІ (рис. 1, б), а також введенням додаткових входів до елементів І/АБО (рис. 1, в). Аналогічно можна здійснювати розірвання зворотних зв'язків у замкнених структурах, здійснювати керованість настановних входів елементів пам'яті та цифро-аналогових і аналого-цифрових елементів, блокування внутрішніх генераторів, тощо [3].

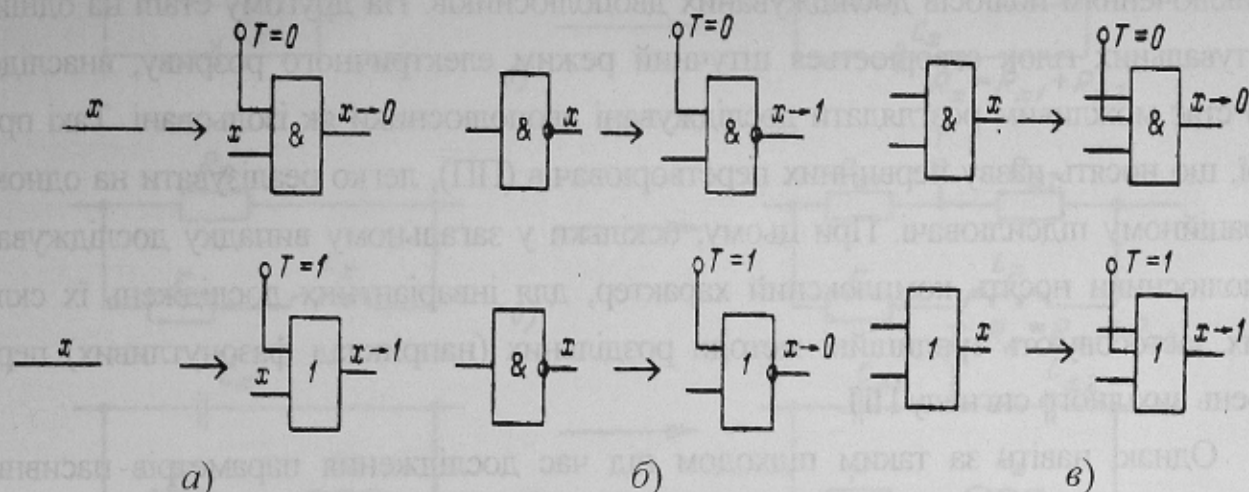


Рисунок 1 — Введення додаткових тестових точок  $T$

Розв'язання аналогічної задачі для аналогових об'єктів на сьогодні отримало недостатній розвиток, що пов'язано з аналоговим характером задачі, і як наслідок, труднощами поелементної декомпозиції активних і пасивних елементарних компонент. При цьому, для перших з них методи декомпозиції практично не розглядались в літературі, а для других – існуючі засоби поелементного контролю характеризуються низькими метрологічними характеристиками.

**Формулювання мети і розв'язання поставленої задачі.** Метою даної роботи є розробка рекомендацій для забезпечення контролездатності аналогових об'єктів щодо існуючих систем поелементного діагностування шляхом розширення можливостей застосування поелементних методів контролю паси-

вних елементарних компонент, а також забезпеченням можливості фізичної декомпозиції багатополюсних аналогових активних компонент.

Оскільки тут мова йде про системи поелементного діагностування задачу забезпечення контролездатності об'єктів будемо розглядати з точки зору забезпечення інваріантності досліджень щодо кожного з елементарних компонент причому як для пасивних двополюсних, так і для активних багатополюсних.

Для перших з них методологія поелементного діагностування отримала достатній рівень розвитку, про що свідчить численна бібліографія [3-6]. В її основі лежать методи штучного розчленування замкнених електричних кіл на окремі двополюсники. Для цього структуру об'єктів щодо кожного двополюсника перетворюють у коло типу трикутник, однією гілкою якого є досліджуваний двополюсник, а дві інші є сполученням усіма інших елементарних компонент ОД. Таку реконфігурацію структури ОД можна здійснити, наприклад, якщо об'єднати в один вузол усі полюси ОД за виключенням полюсів досліджуваних двополюсників. На другому етапі на одній з шунтувальних гілок створюється штучний режим електричного розриву, внаслідок чого стає можливим розглядати досліджувані двополюсники як ізольовані. Такі пристрої, що носять назву первинних перетворювачів (ПП), легко реалізувати на одному операційному підсилювачі. При цьому, оскільки у загальному випадку досліджувані двополюсники носять комплексний характер, для інваріантних досліджень їх складових застосовують традиційні методи роздільних (наприклад фазочутливих) перетворень вихідного сигналу ПП.

Однак, навіть за таким підходом під час дослідження параметрів пасивних двополюсних електричних кіл в реальних ОД можуть виникати випадки, коли немає можливості оцінити параметри кожної з їх складових. Так, наприклад, в ОД часто зустрічаються двополюсники, що складаються з паралельно включених однотипних елементів. Класичним прикладом такого випадку є підключення вихідного сигналу емітерного повторювача на ділянку напруги, яким є резистор змінного опору  $RП$  (рис. 2, а). Очевидно, що при введенні тестової точки  $T$  (рис. 3, а) причому так щоб  $R_1 + R_2 = R$ , характеристики ОД не зміняться. Проте, з використанням тестової точки  $T$  стає можливим застосування вищеописаного методу штучного розчленування замкнених кіл, забезпечуючи тим самим стовідсоткову коентролездатність усіх елементів досліджуваного кола.

В усіх наведених нижче випадках (рис. 2, б – е) використовується аналогічний підхід, що заснований на введенні тестових точок, що дозволяє застосу-

вати метод електричного розчленування замкнених кіл. Пояснимо, тільки, за яких умов для кожного з випадків це необхідно.

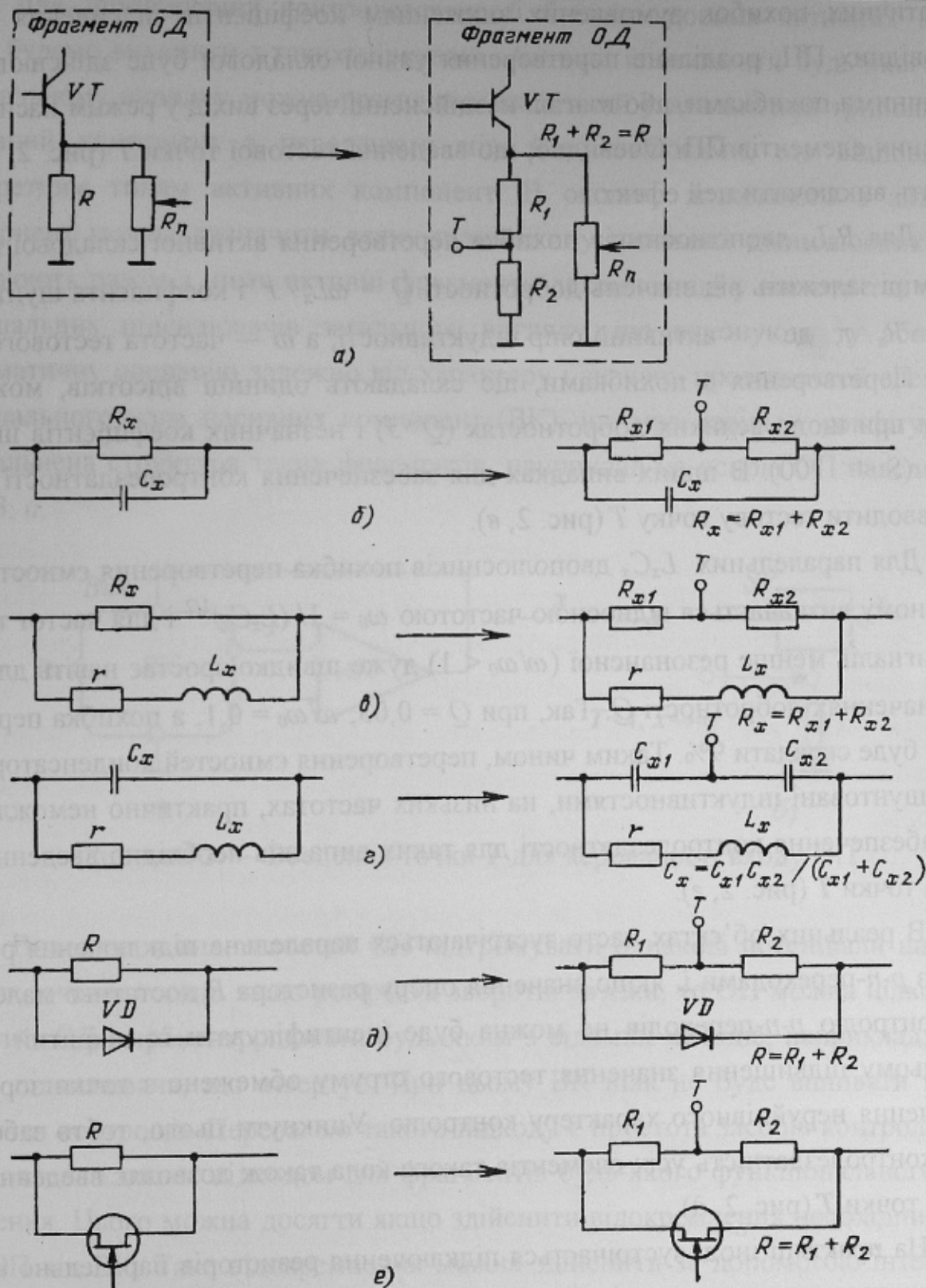


Рисунок 2 — Введення тестових точок для контролю пасивних двополісників

В реальних ОД часто зустрічаються  $R_x C_x$  двополіусники, що мають значення тангенса кута втрат  $\operatorname{tg} \delta \ll 1$ . У результаті, оскільки підвищення значення частот тестових сигналів обмежено, що зумовлено значним підвищенням систематичних похибок зумовлених зниженням коефіцієнтів підсилення ОП у відповідних ПП, роздільне перетворення уявної складової буде здійснюватися із значними похибками, або взагалі нездійсненні через вихід у режим насичення активних елементів ПП. Очевидно, що введення тестової точки  $T$  (рис. 2, б) дозволить виключити цей ефект.

Для  $R_x L_x$  двополіусників похибка перетворення активної складової в значній мірі залежить від значень добротності  $Q = \omega L_x / r$  і коефіцієнта шунтування,  $S = R_x / r$ , де  $r$  — активний опір індуктивності, а  $\omega$  — частота тестового сигналу. Перетворення з похибками, що складають одиниці відсотків, можливо тільки при щодо великих добротностях ( $Q > 3$ ) і незначних коефіцієнтів шунтування ( $S \ll 100$ ). В інших випадках для забезпечення контролездатності доцільно вводити тестову точку  $T$  (рис. 2, в).

Для паралельних  $L_x C_x$  двополіусників похибка перетворення ємності  $C_x$  в основному визначається відносною частотою  $\omega_0 = 1 / (L_x C_x)^{1/2}$  і для частот тестових сигналів менше резонансної ( $\omega / \omega_0 < 1$ ) дуже швидко зростає навіть для малих значеннях добротності  $Q$ . Так, при  $Q = 0,03$ ,  $\omega / \omega_0 = 0,1$ , а похибка перетворення буде складати 9%. Таким чином, перетворення ємностей конденсаторів, що зашунтовані індуктивностями, на низьких частотах, практично неможливо і для забезпечення контролездатності для таких випадків необхідно введення тестової точки  $T$  (рис. 2, г).

В реальних об'єктах часто зустрічаються паралельне підключення резисторів з  $p$ - $n$ -переходами і, якщо значення опору резистора  $R$  достатньо мале, під час контролю  $p$ - $n$ -переходів не можна буде ідентифікувати їх закритий стан. При цьому підвищення значення тестового струму обмежено з точки зору забезпечення неруйнівного характеру контролю. Уникнути цього, тобто забезпечити контролездатність усіх елементів такого кола також дозволяє введення тестової точки  $T$  (рис. 2, д).

На практиці іноді зустрічається підключення резисторів паралельно каналу польового транзистора стік - витік. Під час впливу малими значеннями напруг (забезпечення неруйнівного характеру контролю) канал польового транзистора буде відкритим, шунтуючи тим самим паралельно підключений резис-

тор, що не дасть змоги його проконтролювати. Забезпечення контролездатності усіх елементів такого кола також здійснюється введенням тестової точки  $T$  (рис. 2, *e*).

Для забезпечення контролездатності багатополісних активних компонент будемо виходити з таких міркувань. Активні компоненти будь-якого типу в загальному випадку можна розглядати як деякий узагальнений триполісний активний компонент з передачами між його полюсами, що відповідають конкретним типам активних компонент. В околиці ж кожного з активних компонент можна визначити деяку підмножину пасивних двополісників, що утворюють разом з ними активні фрагменти декомпозиції у вигляді так званих вирішальних підсилювачів загального вигляду, що виконують ту або іншу математичну операцію залежно від характеру і значень провідностей елементів вирішального кола пасивних компонент (ВК), що має довільну конфігурацію. Узагальнена структура таких фрагментів, наприклад на основі ОП наведена на рис. 3, *a*.

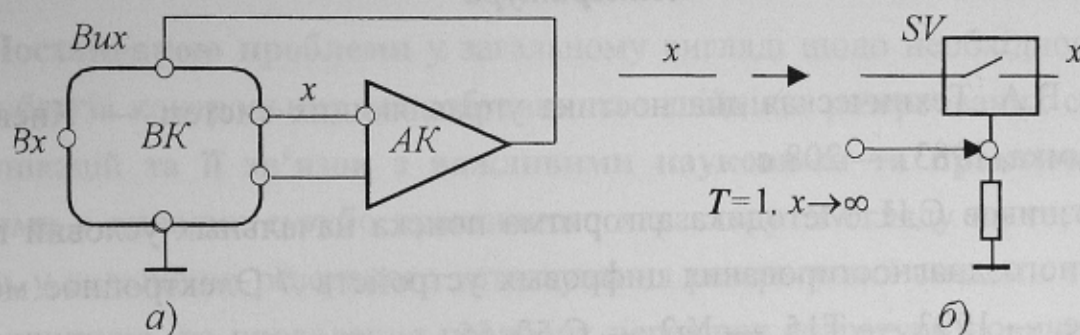


Рисунок 3 — Введення точки  $T$  для керованості входу ОП

Виходячи з властивостей ОП підтримувати однакові потенціали на своїх входах, очевидно, що якщо розірвати зворотні зв'язки, то ОП можна цілком виділити з ОД і проконтролювати будь-яким з відомих методів, наприклад, у режимі підсилювача, що інвертує. При цьому ВК ніяк не буде впливати на результати контролю. Перевагою такого підходу є простота засобів контролю, що обумовлена єдиним підходом для фрагментів будь-якого функціонального призначення. Цього можна досягти якщо здійснити відокремлення необхідних входів ОП від ВК. Таке відокремлення можна здійснити за допомогою інтегральних ключів, наприклад серії 590 КН, що отримали в даний час широке розповсюдження. На рис. 3, *б* ілюструється засіб, що забезпечує відокремлення входу ОП, що інвертує (ключ  $SV$  знаходиться у розімкненому стані за умови, що  $T=1$ ).

За відсутності тестового сигналу ( $T=0$ ) ключа  $SV$  замкнений, а його опір (20...50 Ом) не буде вносити похибку на коефіцієнт передачі вирішального підсилювача, оскільки вхідні струми ОП, як відомо, зневажливо малі.

### **Висновки.**

Застосування запропонованих методів структурних змін ОД досліджуваних об'єктів забезпечить інваріантність досліджень усіх елементарних компонент, чим саме і забезпечується стовідсоткова контролездатність. А це дає можливість підвищити вірогідність діагностики в цілому, а значить зменшити собівартість виробництва радіоелектронної апаратури і підвищується її якість. При цьому слід відзначити, що не для всіх двополосників слід вводити тестові точки оскільки для більшості з них роздільне перетворення їх складових забезпечується звичайними методами і, як показує практика, стовідсоткова контролездатність, наприклад для об'єктів з 40...60 компонент, забезпечується введенням не більше трьох – чотирьох додаткових тестових точок.

### *Література*

1. Гуляев В.А. Техническая диагностика управляющих систем. — Киев: Наукова думка, 1983. — 208 с.
2. Перевозников С.И. Методика алгоритма поиска начальных условий покомпонентного диагностирования цифровых устройств // Электронное моделирование. — 1993. — Т15. — №2. — С.50–55.
3. Байда Н.П., Месюра В.И., Роик А.М. Самообучающиеся анализаторы производственных дефектов. — М.: Радио и связь, 1991. — 256 с.
4. Основы инвариантного преобразования параметров электрических цепей / А.И. Мартяшин, К.Л. Куликовский, С.К. Куроедов, Л.В. Орлова / Под ред. А.И. Мартяшина. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 216 с.
5. Роїк О.М. Інваріантні перетворення параметрів елементів складних об'єктів. Монографія. — Вінниця: УНІВЕСУМ — Вінниця, 2001. — 152 с.
6. Бендлер Д.У., Салама А.Э. Диагностика неисправностей в аналоговых цепях // ТИИЭР. — 1985. — №8. — С. 35–87.

Здано в редакцію: 11.03.2003р.

Рекомендовано до друку: д.т.н., проф. Зорі А.А.