

УДК 621.881

Н. І. Кундля, Р. Г. Редько, Н. Т. Зубовецька

Луцький національний технічний університет

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПОЛОМОК РІЗУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ

Розроблено новий індуктивний пристрій з генераторним перетворювачем. Особливість пристрою і його основна перевага полягають у тому, що датчик, на відміну від прохідного, розташовується по одну сторону об'єкта контролю. Таким чином осі його катушок направлені нормально до поверхні контролюваного інструменту. При цьому датчик контролює інструмент, що не охоплює його, а знаходиться від нього на деякій відстані. Тому датчик, сприймаючи збурення електромагнітного поля, управляє роботою генератора, підтримуючи його в пасивному стані при цілому інструменті, викликаючи його збудження при поломиці, неправильній установці або відсутності інструменту.

Ключові слова: датчик, інструмент, генератор, транзистор.

Рис. 4. Форм. 2. Літ. 11.

Н. И. Кундья, Р. Г. Редько, Н. Т. Зубовецкая

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЛОМОК РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Разработано новое индуктивное устройство с генераторным преобразователем. Особенность устройства и его основное преимущество состоит в том, что датчик, в отличие от проходного, располагается по одну сторону объекта контроля. Таким образом оси его катушек направлены нормально к поверхности контролируемого инструмента. При этом датчик контролирует инструмент, не охватывает его, а находится от него на некотором расстоянии. Поэтому датчик, воспринимая возмущение электромагнитного поля, управляет работой генератора, поддерживая его в пассивном состоянии при целом инструменте, вызывая его возбуждения при поломке, неправильной установке или отсутствия инструмента.

Ключевые слова: датчик, инструмент, генератор, транзистор.

N. Kundlya, R. Redko, N. Subovetska

DEVICE TO DETECT BREAKAGE OF CUTTING TOOLS

A new inductive device of generator transformer. Feature of the device and its main advantage lies in the fact that the sensor, as opposed to a checkpoint, located on the same side control object. So its axis coils directed normally to the surface of the controlled instrument. With this sensor controls the tool does not cover it, and found him at a distance. Therefore, sensor, perceiving the indignation electromagnetic field, controls the generator, keeping it in a passive state when the whole instrument, causing his excitement at breakage, improper installation or lack of tools.

Keywords: sensor, tool, generator transistor.

Постановка проблеми. Останнім часом у зв'язку з широким застосуванням багатошпиндельних верстатів-автоматів, верстатів з програмним управлінням (ПУ) та автоматичних ліній особливої актуальності набуло питання автоматичного виявлення поломок кінцевих різучих інструментів (свердел, мітчиків, зенкерів, розгортки і циліндричних фрез). Якщо це завдання щодо інструментів великих діаметрів вирішується зараз відносно просто (за допомогою одного з відомих методів - механічного, пневматичного, рідинного, радіаційного, фото-п'єзоелектричного, електроконтактного або індукційного [4, 5, 7 - 11 та ін]), то відносно інструментів малих діаметр (3 мм і менше) це питання вирішене ще не повністю.

Найбільш перспективним в останньому випадку є індуктивний метод контролю. Побудовані на його основі пристрої з генераторними перетворювачами [2] мають високу роздільну здатність, відрізняються простою схемою і конструкцією датчика, а також мають високу надійність. Однак застосування в даних пристроях датчиків прохідного типу іноді призводить до деяких труднощів, що ускладнює схему управління операцією контролю.

Розроблено новий індуктивний пристрій з генераторним перетворювачем [1], позбавлений цих недоліків, блок – схема якого наведена на рис. 1, а.

За своєю структурою пристрій є аналогічним індуктивним пристроям з прохідними датчиками [2]; він містить функціональний перетворювач П з параметричним датчиком ДО, з'єднаний з детектором-помножувачем Д і релейним підсилювачем У. На виході останнього включено вихідний пристрій Р; ІС - джерело живлення.

Роль перетворювача (рис. 1, б) виконує зібраний на транзисторі Т1 за схемою з індуктивним (трансформаторним) зворотнім зв'язком високочастотний LC-генератор. Його обмотки - контурна ω_1 і обмотка зв'язку ω_2 виконані роздільно на двох феритових стержнях, розташованих таким чином, що кут між їх осями становить $50-70^\circ$. Обмотки, виконуючи одночасно роль чутливого елемента пристрою і первинного перетворювача, є датчиком.

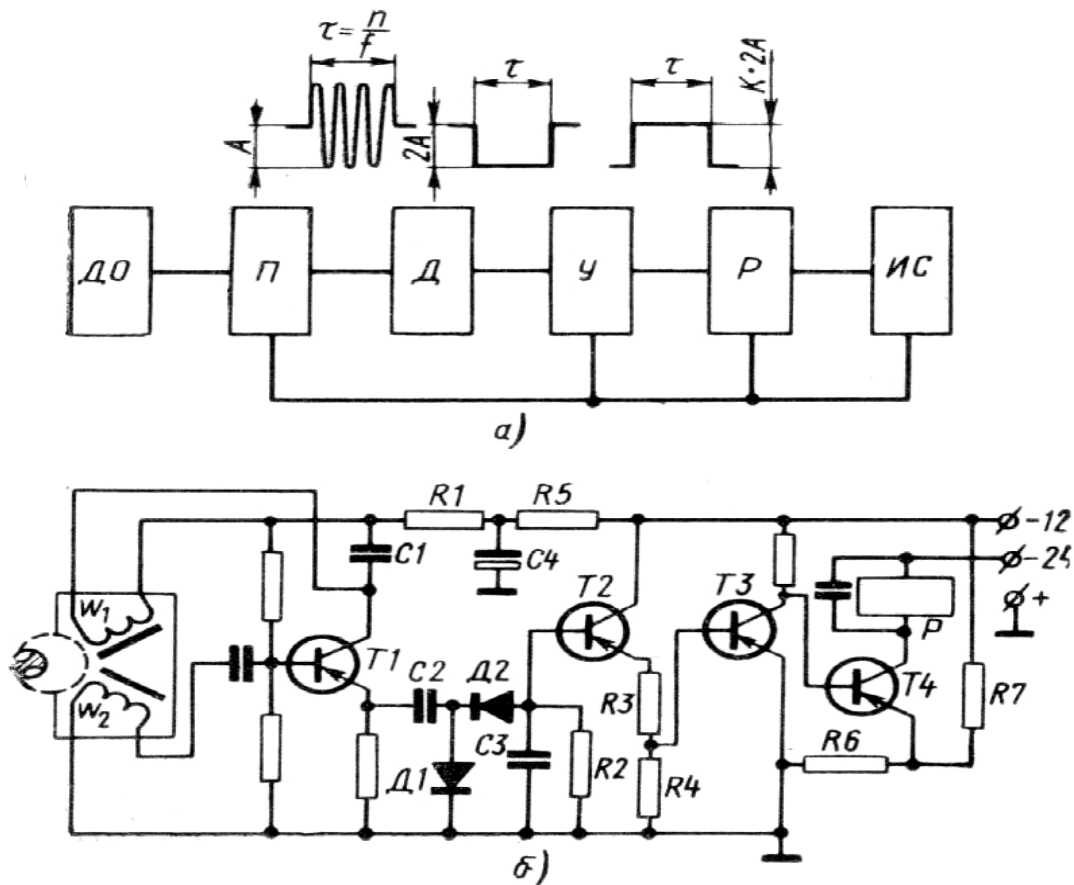


Рис. 1. Блок-схема (а) і принципова схема (б) пристрою для виявлення поломок інструменту. А і f- амплітуда і частота коливань, що генеруються; τ - тривалість сигналу; n- кількість періодів; K- коефіцієнт підсилення

Результати дослідження. Особливість пристрою і його основна перевага полягають у тому, що датчик, на відміну від прохідного, розташовується по одну сторону об'єкта контролю таким чином, що осі його котушок направлені нормально до поверхні контрольованого інструменту. При цьому датчик контролює інструмент, що не охоплює його, а знаходиться від нього на деякій відстані. Надалі будемо називати такий датчик відвідним, хоча відвід його після операції контролю не завжди необхідний.

На рис. 2, а схематично показані конструкція датчика 1 і взаємне розташування його з контрольованим ріжучим інструментом 3. Цифрою 2 позначена зона дії датчика (зона контролю). Контроль зручно робити у вихідному положенні шпинделя з інструментом, тобто перед початком кожного циклу обробки деталі. Це значно спрощує схему управління операцією.

У момент подачі команди на контроль датчик, закріплений в тримачі, підводиться до інструменту і займає положення (рис. 2, а і б), при якому вершина інструменту, якщо він цілий, знаходиться в зоні контролю (за відсутності необхідності відведення датчика він стаціонарно встановлюється так, щоб у вихідному положенні останнього його вершина перебувала в зоні 2). Якщо інструмент зламався або після заміни виставлений неправильно (наприклад, на довжину, меншу необхідної), то після повернення шпинделя у вихідну позицію інструмент займе відносно підведеного датчика положення (рис.2, в), при якому зона контролю залишиться вільною, що буде зафіксовано пристроєм.

Сприймаючи інформацію про присутність або відсутність в зоні вершини контрольованого інструменту, датчик управляє роботою генератора наступним чином. При введенні інструменту (у загальному випадку феромагнітного тіла) в зону контролю збільшується величина потоку Φ контурної котушки $\omega 1$, що призводить до збільшення індуктивності її обмотки і еквівалентно внесенню в контур додатково (так званого носило) опору $Z_{L_{вн}}$ індуктивного характеру. Одночасно має місце друге явище - наведення в об'єкті контролю вихрових струмів. Розподіл їх по перетину інструменту нерівномірний і обумовлюється поверхневим проникненням струму [6] :

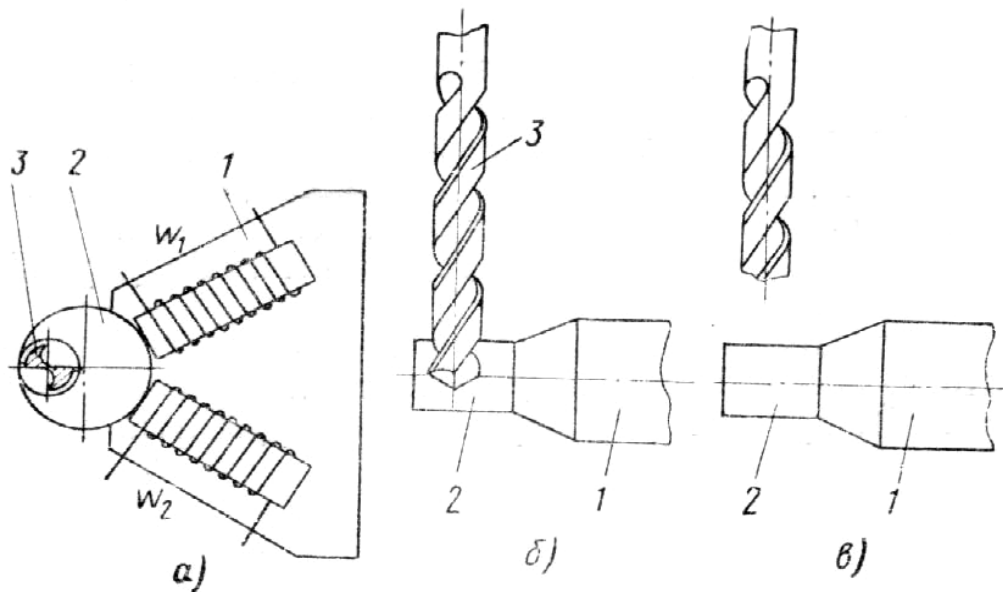


Рис. 2. Конструкція датчика і його взаємне розташування

Як видно, поверхневий ефект виявляється тим сильніший, чим вища частота f збуджуючого поля, менший питомий опір ρ провідного середовища і більша її відносна магнітна проникність μ . Для даного провідного середовища (інструментальна сталь) і даної частоти коливань, що генеруються, величина θ постійна. Таким чином, за вказаних умов вихрові струми, що наводяться, випробовують з боку об'єкта контролю певний опір протіканню і відповідно мають сповна певну величину. Проводячи аналогію, можна умовно представити контрольований інструмент, введений в поле датчика, як вторинну обмотку $\omega_{\text{всл}}$ повітряного трансформатора, навантажену індуктивно-активним опором.

Як відомо, вторинний ланцюг надає на первинний зворотну дію. Кількісно ця реакція вторинної обмотки зводиться до внесення до первинного ланцюга додаткового комплексного опору. У загальному випадку величина опору $Z_{\text{вн}}$, що вноситься, може бути визначена з виразу [3]:

$$Z_{\text{вн}} = \frac{X_{\text{св}}^2}{Z_2} = \frac{\omega^2 M^2}{Z_2},$$

де $X_{\text{св}}$ і M - відповідно зв'язку первинної обмотки з умовною вторинною і коефіцієнт взаємодукції цих обмоток, залежних від відстані між контрольованим інструментом і обмоткою ω ; Z_2 - комплексний опір умовному вторинному ланцюгу; ω - кругова частота.

Активна $R_{\text{вн}}$ і реактивна $X_{\text{вн}}$ складові опору, що вноситься, можуть бути виражені таким чином:

$$R_{\text{вн}} = \frac{\omega^2 M^2}{z_2^2} \quad R_2 = \frac{\omega^2 M^2 R^2}{R_2^2 + \omega^2 L_2^2}; \quad (1)$$

$$X_{\text{вн}} = \frac{-\omega^2 M^2}{z_2^2} \quad X_2 = \frac{-\omega^3 M^2 L_2}{R_2^2 + \omega^2 L_2^2}; \quad (2)$$

де R_2 і L_2 - активна складова опору умовного вторинного ланцюга і її індуктивність; z_2 - модуль комплексного опору умовного вторинного ланцюга.

Як видно з формули (2) $X_{\text{вн}}$ має негативний знак. Це говорить про те, що реактивний опір з'являється на вторинному ланцюгу, що вноситься до первинного ланцюга. У даному випадку, коли опір умовної вторинної обмотки носить індуктивний характер, комплексний опір, що вноситься до контуру, є ємкісним (позначимо його $Z_{\text{свн}}$).

Практика показує, що реактивна складова опору $Z_{\text{свн}}$ лише частково компенсує реактивну складову опору $Z_{\text{Лвн}}$, а активна складова опору $Z_{\text{свн}}$ збільшує власний активний опір первинного контуру.

В результаті дії обох описаних чинників значно змінюються параметри коливального контуру L_1C_1 , зокрема, збільшується його повний опір. Ця обставина призводить до порушення балансу амплітуд і фаз в генераторі і (за певних умов) до зриву генерації.

Таким чином, датчик, сприймаючи збурення електро-магнітного поля, управляє роботою генератора, підтримуючи його в пасивному стані при цілому інструменті і, викликаючи його збудження при поломці, неправильній установці або відсутності інструменту. Генерація сигналу при введенні в полі датчика контрольованого інструменту забезпечується також вибором слабкого зв'язку, що задає контур з транзистором через обмотку ω_2 зв'язку. Це здійснюється підбором числа витків обмотки ω_2 і її розташуванням відносно обмотки ω_1 . При наладці пристрою змінюючи коефіцієнт зв'язку обмоток ω_1 і ω_2 шляхом переміщення феритового стрижня з обмоткою зв'язку уздовж своєї осі (при введеному в зону контролю інструмента мінімального діаметру), добиваються переходу генератора в пасивний стан. На цьому попереднє налаштування закінчується.

Датчик з генераторним транзистором поміщають в корпус (причому феритові стрижні розташовуються, як показано на рис. 2, а) і заливають епоксидною смолою. Для того, щоб забезпечити повну нечутливість датчика до тих металевих елементів, що переміщуються в безпосередній близькості від його бічної поверхні, корпус (рис. 3) виконується у вигляді тонкостінного металевого циліндра (бажано з нержавіючої сталі або з іншого матеріалу з низькою електропровідністю і невисокою магнітною проникністю), що закінчується усіченим конусом. Корпус виконує роль електромагнітного екрану і, крім того, надійно захищає датчик від механічних дій, емульсії, масла, стружки тощо. Оскільки металевий корпус деякою мірою впливає на датчик, то для забезпечення остаточного налаштування опір R_1 (рис. 1, б) резистора або підбирається після розміщення датчика в корпусі, або виконується змінним.

Як відомо, на режим роботи генератора істотний вплив надають подальші каскади. Щоб максимально зменшити це явище, прагнуть по можливості підвищити вхідний опір підсилювача. У даній схемі вихід генератора через детектор, зібраний за схемою подвоєння на діодах Д1, Д2, конденсаторах С2, С3 і резисторі R2, зв'язаний з емітерним повторювачем на транзисторі Т2, що є вхідним каскадом релейного підсилювача.

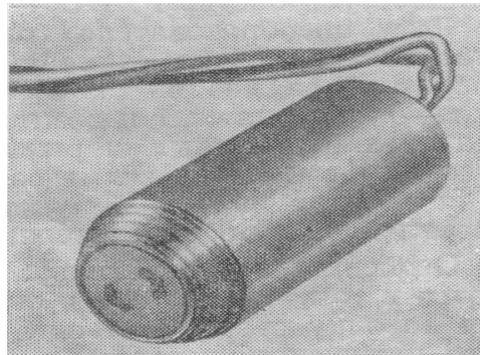


Рис. 3. Зовнішній вигляд датчика з генераторним транзистором

Якщо генератор знаходиться в пасивному стані, то сигнал на вході підсилювача дорівнює нулю. При цьому транзистор Т4 знаходиться в режимі глибокого насичення і реле Р включено. При збудженні генератора високочастотний сигнал, що знімається з нього, після детектування поступає на емітерний повторювач і з його виходу - на слідкуючий тригер. В результаті регенеративного процесу, що розвивається, відбувається повне відмикання транзистора Т3 і перехід його в режим насичення. При цьому спрацьовує тригер, викликаючи відключення реле. Останнє подає сигнал про несправність і унеможливує початок наступного циклу.

Схема підсилювача забезпечує високий комутаційний коефіцієнт (порядку 10×10^3), що досягається шляхом введення резистора R7, що забезпечує необхідне падіння напруги на емітерному резисторі R6 для позитивного зсуву вихідного транзистора Т4, при подачі на вхід підсилювача управляючого сигналу. Пристрій може виконуватись з виносною головкою (власне датчиком); довжина сполучних провідників при цьому має бути визначена. Оскільки нестабільність напруги живлення, як відомо, впливає на роботу генератора (викликаючи зміни фазових зрушень в ланцюзі його самозбудження), то живлення пристрою здійснюється від стабілізованого джерела.

При проектуванні індуктивних пристроїв з генераторними перетворювачами слід передбачати їх захист від промислових перешкод, які можуть привести до помилкових спрацьовувань вихідного пристрою. З цією метою датчик з'єднується з схемою за допомогою екранованого кабелю, а в схемі передбачаються спеціальні фільтри. Необхідно також забезпечувати розв'язку блоків контролю щоб уникнути їх взаємного впливу; це завдання виконують розв'язуючі фільтри, побудовані на ланцюжках R5 - C4.

Зазвичай на багатшпіндельних верстатах-автоматах і на автоматичних лініях необхідно одночасно контролювати декілька ріжучих інструментів. В цьому випадку для контролю кожного інструменту можуть застосовуватися пристрої, схема яких аналогічна приведеній на рис. 1, б. Замість реле Р у вихідний ланцюг кожного пристрою можна включати сигнальну комутаторну лампу, наприклад, типу К-24П (24 В, 0,035 А). Вихідні ланцюги всіх генераторів мають бути зв'язані між собою за діодною схемою і сполучені з входом автономного підсилювача, у вихідний ланцюг якого слід включати реле. Проте більш економічно і зручно в цьому випадку застосовувати схему (рис. 4) з неавтоматичним пошуком місця поломки інструменту.

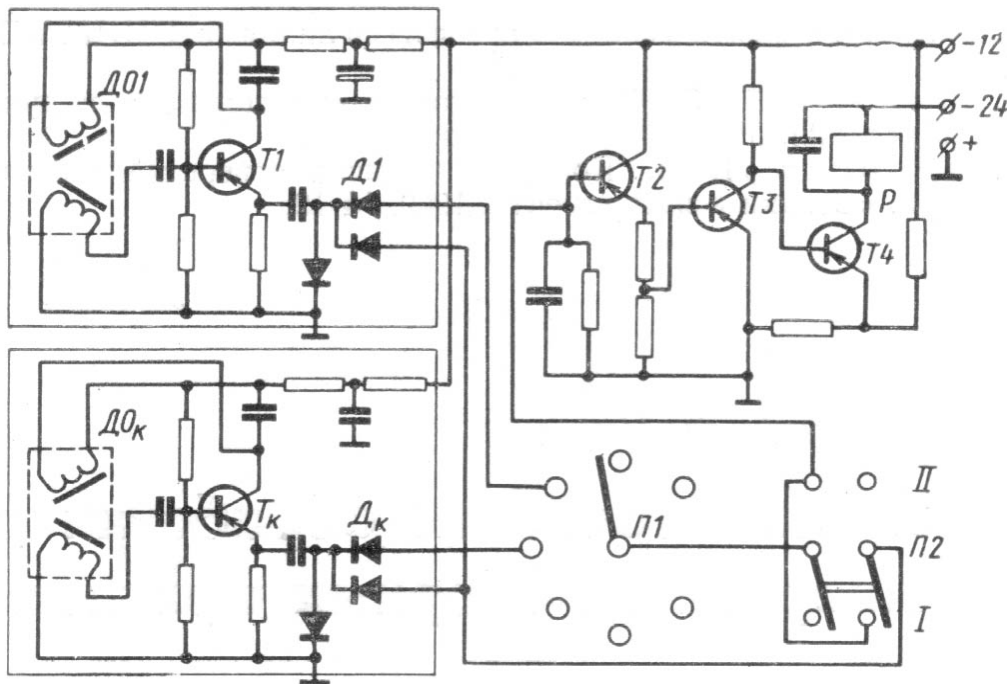


Рис. 4. Принципова схема пристрою з неавтоматичним пошуком місця поломки інструменту

Схема збирається з ідентичних генераторних блоків на транзисторах $T_1 - T_k$ (по числу контрольованих інструментів), виходи яких з'єднані за схемою, що реалізує логічну операцію "АБО", і через тумблер П2 з'єднані з реленим підсилювачем на транзисторах $T_2 - T_4$, також виконаним у вигляді блоку. Крім того вихід кожного генераторного блоку через розв'язуючий діод ($D_1 - D_k$) пов'язаний з однією з ламелей перемикача П1, якій присвоєний номер контрольованого даним блоком інструменту. Повзунок перемикача П1 також пов'язаний з входом підсилювача.

Нормально тумблер П2 знаходиться в положенні I ("Робота"). При цьому в разі виходу з ладу будь-яких з інструментів на вхід підсилювача поступає сигнал, що викликає відключення реле Р і загоряння включеної через його контакти сигнальної лампи. Сприймавши сигнал про поломку, оператор переводить тумблер П2 в положення II ("Пошук") і, обертаючи рукоятку перемикача П1, послідовно підключає вхід підсилювача до виходів генераторних блоків. Блок, що виявив поломку інструменту, генерує високочастотний сигнал. При підключенні його до підсилювача реле Р відключається, а лампа, спалахуючи, сигналізує про несправність на даній позиції. Можлива кількість генераторних блоків, а отже, і контрольованих інструментів визначається лише типом перемикача П1.

Описаний пристрій забезпечує контроль інструменту діаметром від 1 мм і вище і має малий диференціал ходу (відстань між точками спрацьовування і відключення вихідного реле). При цьому зазор між торцем датчика і інструментом мінімального діаметру складає 1,5 - 3 мм. Слід

зазначити, що у зв'язку з малим диференціалом ходу при контролі інструментів великих діаметрів пристрій реагує на те, чи проходить перед торцем датчика перо або канавка контрольованого інструменту, тобто спостерігаються часті спрацьовування вихідного реле. У зв'язку з цим описувані пристрої зазвичай рекомендуються для контролю інструменту діаметром до 6 мм. Проте за необхідності контролю інструменту великих діаметрів диференціал ходу пристрою може бути збільшений шляхом вибору відповідних параметрів схеми. Практично до цього прибгати не доводиться, оскільки контроль інструментів великих діаметрів може бути успішно здійснений пристроями з датчиками прохідного типу.

Необхідно також відзначити, що пристрій, що відрізняється невеликим габаритом, може бути використаний як кінцевий вимикач або датчик положення, наприклад, для рахування деталей, фіксації вихідного положення робочих органів верстата тощо. В порівнянні з тими безконтактними пристроями, що випускаються в даний час вітчизняною промисловістю спеціально для вказаних цілей (наприклад, безконтактним перемикачем типу БСП-2) переваги розглянутого пристрою очевидні. У зв'язку з цим слід зупинитися на одній особливості пристрою. Вона полягає в тому, що пристрій може реагувати на внесення до зони контролю як феромагнітного, так і не феромагнітного матеріалу. Але процес, що протікає при підведенні до датчика пластини з неферомагнітного матеріалу, істотно відрізняється від описаного.

В цьому випадку має місце лише одне явище - наведення вихрових струмів. Як видно з формул (1) і (2) ця обставина призводить до внесення до коливального контуру реактивного опору ємкісного характеру, а отже, до зменшення власного індуктивного опору контуру і до збільшення його активного опору. Таким чином, змінюються параметри контуру, зокрема величина його повного опору. Проте в даному випадку зміна фази, що визначається співвідношенням складових комплексного опору контуру, відбувається у зворотний бік, тобто якщо генератор збуджений, то при введенні в полі датчика неферомагнітного (наприклад, мідного) включення умови генерації покращуються, тобто вона стає глибшою.

Висновок. Описане явище використовується таким чином. За відсутності включення генератор набудовується за допомогою резистора R1 (рис. 1, б) так, щоб генерація коливань була зірвана (для цього потрібно трішки збільшити опір резистора R1). Тоді вихідний транзистор T4 буде знаходитися в стані насичення, реле Р буде включене і при підведенні до датчика не феромагнітного включення умови, що змінилися, приведуть до збудження генератора, а отже, до виключення вихідного реле. Як включення в цьому випадку доцільно вибирати матеріал з можливо меншим питомим опором. Описаний пристрій пройшов лабораторні випробування і показав високу надійність в роботі. Він перешкодостійкий і працює стабільно при змінах температури довкілля в межах 10 – 45⁰ С.

1. Авторское свидетельство № 234827, кл. 49а, 56/05.
2. Бондарь А. Е. и Шипков Г. Я. Автоматическое обнаружение поломок режущего инструмента. «Станки и инструмент», 2004, № 7.
3. Дорофеев А. Л. Электроиндуктивная дефектоскопия. М., «Машиностроение», 2005. – 236 с.
4. Ивенский Ю. Н., Туллер А. Г. Электроавтоматика станочных линий. М., «Машиностроение», 2007. – 214 с.
5. Манькин А. Н., Крупчук А. А. Фотоэлектрические полупроводниковые устройства в схемах контроля и управления автоматическими станочными линиями. НИИМАШ, М., 1991. – 304 с.
6. Михлин Б. З. Высокочастотные емкостные и индуктивные датчики. М – Л., Госэнергоиздат, 1990. – 138 с.
7. Пирович Л. Я. Контроль наличия отверстий малого диаметра. «Станки и инструмент», 2003, № 12. – 86 с.
8. Патент ГДР № 45.898, кл. 49а, 55/01 от 05.02.1997.
9. Патент ЧССР № 115.811, кл. 49а, 56/05, от 15.08.1993.
10. Патент Великобритании № 987.004, кл. В3В16 от 24.03.1985.
11. Патент США № 2.953.044, кл. 77 -5 от 20.09.1990.

Стаття надійшла до редакції 25.06.2014.