

Є.Ю. ЗОРІН, О.О. ЧЕПЕЛЮК, Ю.С. ГРИЩУК, В.М. ЛЕЩЕНКО

АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ БІСТАБІЛЬНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ РЕЛЕ

В статті наведено класифікацію бістабільних електромагнітних реле. Виділено такі ознаки класифікації вищезазначених реле як: конструктивне виконання, тип фіксації контактів, схема контактів реле, рід струму та величина керуючої напруги котушки, кількість котушок, характер навантаження, що комутується за допомогою реле; потужність, що споживається котушкою, тощо. Проведена класифікація систематизує інформацію щодо конструктивних, технічних і функціональних особливостей та параметрів таких реле і демонструє сучасний рівень технічного розвитку вищезазначених реле. Авторами зроблений висновок про тенденції та напрямки розвитку особливостей бістабільних електромагнітних реле в майбутньому.

Ключові слова: бістабільне електромагнітне реле, поляризоване бістабільне реле, неполяризоване бістабільне реле, категорія застосування, котушка, електромагніт, навантаження, постійний струм, змінний струм.

Е.Ю. ЗОРИН, А.А. ЧЕПЕЛЮК, Ю.С. ГРИЩУК, В.М. ЛЕЩЕНКО

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ БИСТАБИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РЕЛЕ

В статье приведена классификация бистабильных электромагнитных реле. Выделены такие признаки классификации вышеупомянутых реле как: конструктивное исполнение, тип фиксации контактов, схема контактов реле, род тока и величина управляющего напряжения катушки, количество катушек, характер нагрузки, коммутируемой с помощью реле; мощность, потребляемая катушкой, и тому подобное. Проведенная классификация систематизирует информацию о конструктивных, технических и функциональных особенностях и параметрах таких реле и демонстрирует современный уровень технического развития вышеупомянутых реле. Авторами сделан вывод о тенденции и направления развития особенностей бистабильных электромагнитных реле в будущем.

Ключевые слова: бистабильное электромагнитное реле, поляризованное бистабильное реле, неполяризованное бистабильное реле, категория применения, катушка, электромагнит, нагрузка, постоянный ток, переменный ток.

Y.Y. ZORIN, O.O. CHEPELYUK, Y.S. HRYSHCHUK, V.M. LESHCHENKO

ANALYSIS OF BISTABLE ELECTROMAGNETIC RELAYS DESIGN FEATURES

This paper pays attention to a classification of bistable electromagnetic relays. The following signs of the classification of mentioned relays are emphasized, such as: design, type of contact fixation, relay contact diagram, type of current and value of the control voltage of the coil, the number of coils, nature of the load switched by the relay; the power consumed by the coil, and others. The undertaken classification systematizes information on the design, technical and functional features and parameters of such relays and demonstrates the current level of technical development of relays that are mentioned above. A conclusion is made concerning tendencies and directions of bistable electromagnetic relays capabilities developing in the future by the authors.

Key words: bistable electromagnetic relay, polarized bistable relay, non-polarized bistable relay, application category, coil, electromagnet, load, direct current, alternating current.

Вступ. Реле являє собою тип пристрою автоматичного управління, який викликає включення або виключення керованого електричного вихідного кола, коли вхідна величина (величина збудження) досягає певного значення. В останні роки, завдяки швидкому розвитку технологій, виникли тенденції до зменшення розмірів реле, покращення компактності їх конструкцій і зменшення рівня споживаної ними потужності.

Електромеханічні реле використовуються в якості інтерфейсних модулів між пристроями введення/виведення з одного боку, і обладнанням для управління і сигналізації з розімкненим/замкнутим контуром з іншого, для здійснення гальванічної розв'язки між колами з різними рівнями струмів і напруги.

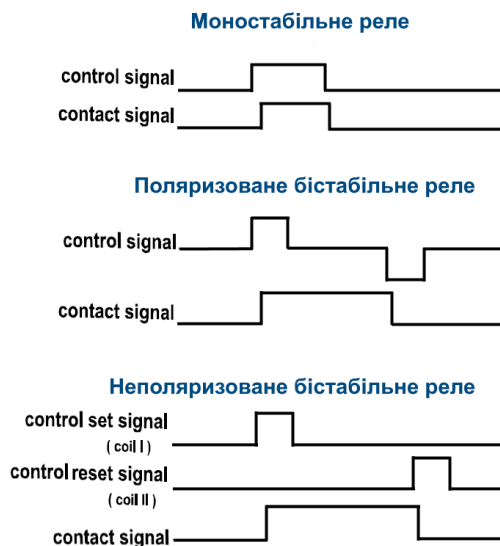
По суті, електромеханічні реле можна розділити на дві основні групи: моностабільні і бістабільні реле.

У моностабільних реле постійного або змінного струму контакти автоматично повертаються в стан відключення при відключенні струму збудження котушки. У разі бістабільних реле контакти залишаються в своєму поточному положенні перемикачів при відключенні струму збудження котушки.

На рис. 1 представлена порівняльна діаграма роботи моностабільних та бістабільних електромагнітних реле.

У багатьох застосуваннях для споживача важливо економити електроенергію. Один із підходів до енергозберігання в електричній системі є використання реле, які не потребують постійного живлення котушки для підтримання стану контактів.

У закордонній літературі та інших джерелах можна зустріти такі терміни, як: bistable relay, latching relay, step relay – що перекладаються, як бістабільне реле, реле із защіпкою, крокове реле відповідно. Всі ці терміни означають одне і те саме. Тобто можна підсумувати, що «Бістабільні реле» – це загальний термін, що використовується для опису реле, яке зберігає своє контактне положення після відключення керуючого живлення.



control signal – сигнал управління; contact signal – сигнал на контактах; control set signal – управляючий сигнал установки; control reset signal – управляючий сигнал скидання; coil I – котушка I; coil II – котушка 2

Рис. 1. Діаграми сигналів силового кола та кола керування бістабільних електромагнітних реле у порівнянні із моностабільними

Бістабільні реле дозволяють керувати колом, просто подаючи один імпульс на коло керування реле.

Бістабільні реле також бажані до використання, коли користувачу необхідно мати реле, що зберігає положення контактів силового кола після відключення електроенергії.

В даній статті велику увагу приділено огляду, технічним особливостям, а також класифікації бістабільних електромагнітних реле.

Мета роботи полягає в огляді технічних особливостей та проведенні класифікації бістабільних електромагнітних реле для систематизації інформації щодо конструктивних, технічних і функціональних особливостей таких реле.

Ознаки класифікації бістабільних електромагнітних реле. Бістабільні електромагнітні реле зазвичай використовуються при необхідності низького енергоспоживання або при високих температурах, де подача живлення на котушку впродовж тривалого часу не може бути забезпечена із-за потужності, що споживається чи самонагріву котушки.

На закордонному електротехнічному ринку та ринку України представлені бістабільні електромагнітні реле у конструктивних виконаннях:

- реле з механічною фіксацією;
- реле з магнітною фіксацією.

Номенклатура вищезазначених реле представлена як вітчизняними так і закордонними виробниками і на тепер є досить різноманітною, як за технічними характеристиками, так і за способом технічної реалізації, конструктивними виконаннями, тощо [1-17].

За результатами проведеного аналізу різновидів та сучасної номенклатури бістабільних електромагнітних реле [1-17], їх можна класифікувати за наступними особливостями:

- за типом конструктивного виконання;

- за типом фіксації силових контактів;
- за схемою контактів реле;
- за родом струму та величиною керуючої напруги котушки;
- за кількістю керуючих котушок;
- за характером кола, що комутується за допомогою реле;
- за потужністю, що споживається котушкою;
- за іншими ознаками.

Як було зазначено вище, бістабільне електромагнітне реле – реле, що спрацьовує під дією одиночного імпульса струму у котушці і залишається у такому стані після закінчення дії цього імпульсу, тобто, блокується [3].

Бістабільні реле призначені для використання у тих випадках, коли є потреба у комутації навантаг під дією одиничних імпульсних сигналів керування, підвищена стійкість до вібрацій та ударів, для виключення постійного споживання енергії джерела живлення, як елементи пам'яті тощо [3].

На рис. 2 показана типова конструкція бістабільних електромагнітних реле.

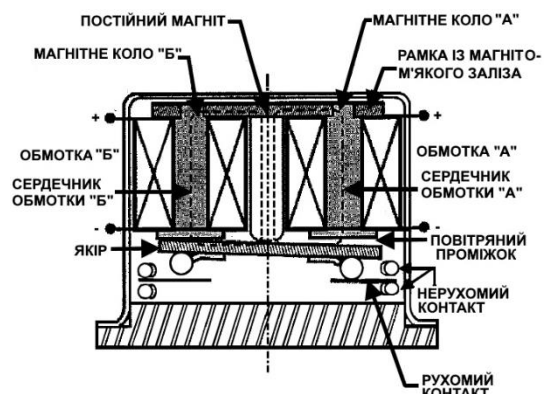


Рис. 2. Типова конструкція бістабільних електромагнітних реле [3]

Магнітні системи бістабільних електромагнітних реле сконструйовані так, щоб максимально спростити конструкцію реле та зменшити його габарити.

У таких реле використовується схема магнітного кола із якорем, що гойдається, яка широко застосовується не тільки у мікромініатюрних реле, але і реле великих розмірів, що призначені для промислового застосування та для електроенергетики (рис. 3) [3, 8].

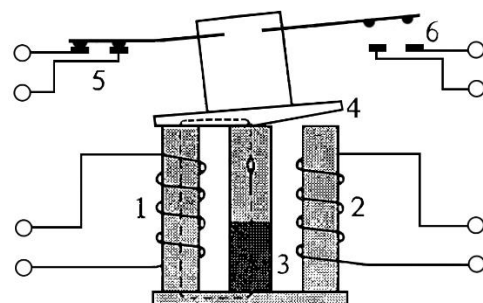


Рис. 3. Варіант схеми магнітного кола, що широко використовується у виробництві як мініатюрних, так і великогабаритних реле

В цьому реле яркір притягується до тієї котушки, до якої підведена напруга у даний момент часу і залишається у такому положенні до тих пір, поки не буде подана напруга на другу котушку. При цьому яркір притягується до цієї другої котушки і залишається у такому положенні до тих пір, поки знову не з'явиться напруга на першій котушці.

Компанії-виробники відмічають високу стійкість таких реле до вібрацій та ударів [3].

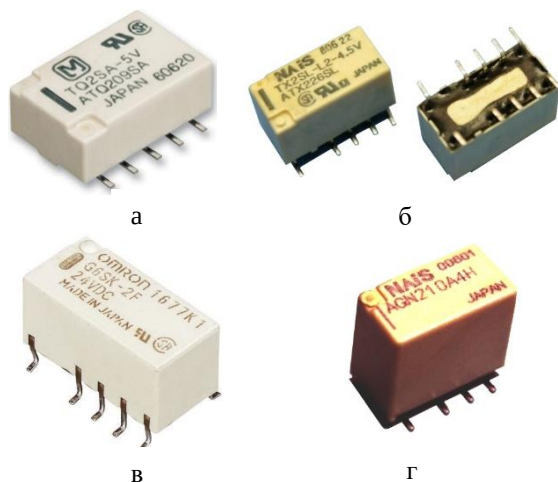
Розглянемо різновиди бістабільних електромагнітних реле у відповідності до зазначених ознак класифікації. Згадка деяких серій бістабільних реле в даній статті буде використана виключно в якості прикладів [1, 2]. Повна номенклатура проаналізованих в статті бістабільних реле і їх виробників на сучасному ринку значно ширше зазначених.

За типом конструктивного виконання розрізняють:

- реле для монтажу на друковані плати (PCB Relay);
- реле втичного типу (Plug-In Relay);
- реле модульної конструкції для стаціонарного монтажу на DIN-рейку у розподільному щиті;
- для монтажу на спеціалізовані панелі;
- для монтажу до розподільчих коробок.

Перший тип реле (рис. 4, рис. 5), що монтується на друковану плату розділяються на мікромініатюрні реле [3], які монтується поверхнево (SMD) на друковану плату та мініатюрні електромагнітні реле, що монтується на друковану плату у отвори.

Як правило реле для SMD монтажу бувають двообмотковими низькопрофільними з розмірами $D \times Ш \times В \leq 20$ мм; або однообмотковими у корпусі із розмірами $D \times Ш \times В \leq 10$ мм. Такі реле показані на рис. 4.



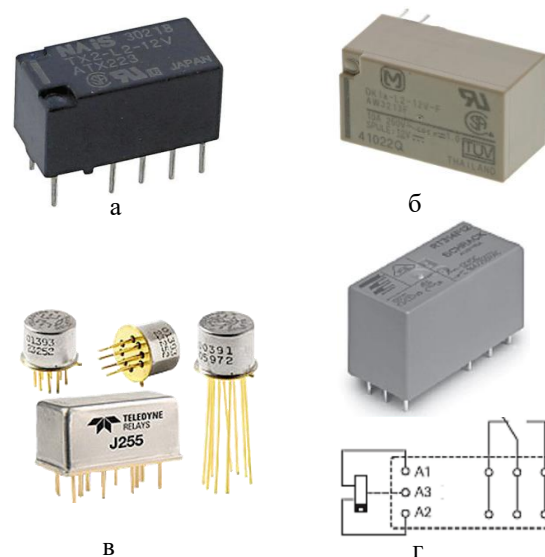
а – ATQ209SA [15] (Panasonic, Японія); б – ATX2SL-L2 [15] (Panasonic, Японія); в – G6SK-2F [14] (Omron, Японія); г – AGN210AH [15] (Panasonic, Японія)

Рис. 4. Приклади бістабільних електромагнітних реле поверхневого монтажу на друковану плату (SMD)

Мініатюрні реле для монтажу у отвори на друковані плати по аналогії із мікромініатюрними реле можуть бути двообмотковими та однообмотковими. Виконуватись у різних корпусах, що як правило більші за розмірами від реле для SMD монтажу. Однак є і виключення як, наприклад, бістабільні електромагнітні реле

компанії Teledyne для застосування у військовій галузі, які є одними з найменших у світі. Для їх компоновки можуть використовуватись металеві корпуси малопотужних транзисторів – реле 732-5 у корпусі TO-5 (рис. 5, в)

Приклади бістабільних електромагнітних реле для монтажу на друковані плати у отвори, представлені на рис. 5.



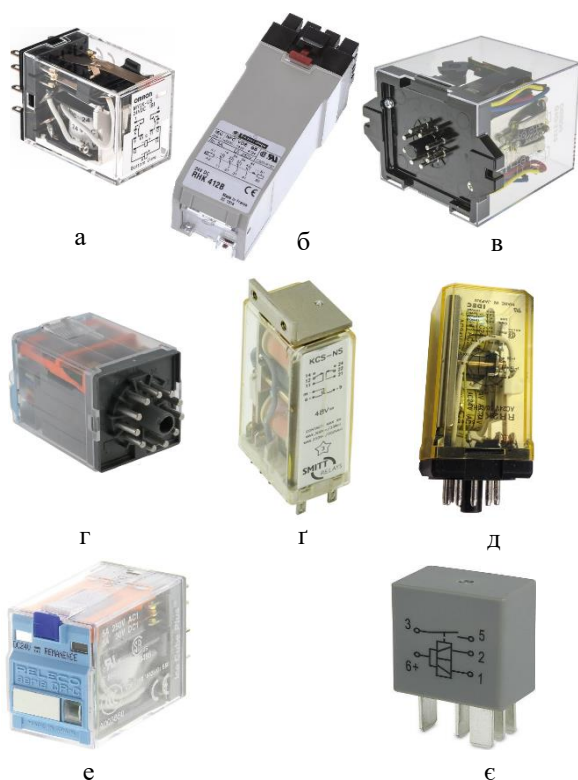
а – TX2-L2-12V [15] (Panasonic, Японія); б – AW3213F [15] (Panasonic, Японія); в – J255 у корпусі Centigrad, 732-5 у корпусі TO-5 та інші [3] (Teledyne Relays, США); г – RT314F12 зі схемою його підключення (Schrack Technik, Австрія)

Рис. 5. Приклади бістабільних електромагнітних реле для монтажу на друковану плату у отвори

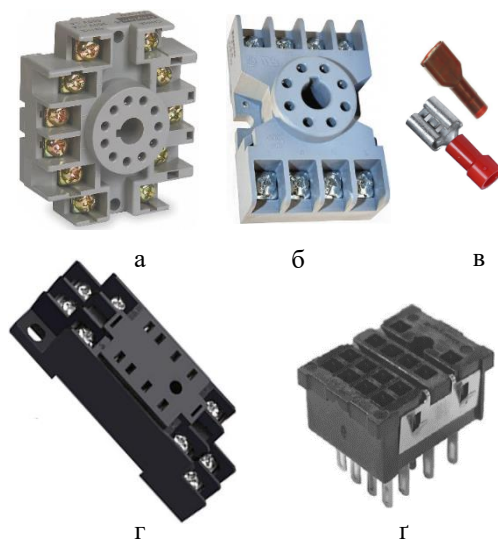
До ще одного типу реле за ознаками класифікації відносяться бістабільні електромагнітні реле втичного типу (Plug-In). Такі реле вставляються у спеціальну колодку або, як автомобільні реле – у спеціальний роз'єм. Дані колодки можуть бути призначені для монтування на DIN-рейках або на друкованих платах.

Стандартними у вищезазначених колодках є кругові 8-ми контактні або 11-ти контактні гнізда, а також гнізда під плоскі штирі (Quick Connect) 0,187 дюйма (4,7 мм). Також з'єднання із виводами реле можна робити за допомогою затискачів Quick Connect.

Приклади конструктивного виконання бістабільних електромагнітних реле втичного типу представлені на рис. 6, а колодки для їх встановлення на рис. 7.



а – MY2K-US [14] (Omron, Японія); б – RHK 412B [13] (SE, Франція); в – G4Q-212S [14] (Omron, Японія); г – C3R20 (Comat Releco, Швейцарія); д – RR2K (IDEC, Японія); е – QR-C (Comat Releco, Швейцарія); є – 4RC 933 364-021 (Hella, Німеччина)
Рис.6. Приклади бістабільних електромагнітних реле втичного типу (Plug-In)



а – 11-ти контактне гніздо; б – 8-ми контактне гніздо; в – застискачі Quick Connect 0.187"; г – колодка для встановлення на DIN-рейку із гніздами під штирі Quick Connect 0.187"; г – колодка для монтажу на друковану плату із гніздами під штирі Quick Connect 0.187"

Рис. 7. Колодки для бістабільних електромагнітних реле втичного типу (Plug-In)

Одним із різновидів бістабільних електромагнітних реле є модульні реле, що встановлюються на DIN-рейку. Зазвичай такі реле виконані конструктивно по

схемі із механічною фіксацією (рис. 12), але зустрічаються моделі з магнітною фіксацією.

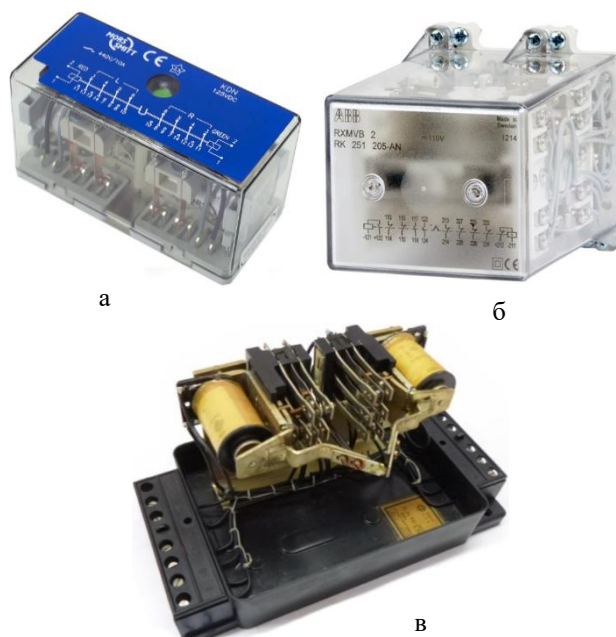
Приклади таких реле представлені на рис. 8.



а – EPN 515 [10] (Hager, Німеччина); б – 20.23.8.230.0000 [11] (Finder, Італія); в – RBS220-10 [9] (ETI, Словенія); г – 5TT4405-2 (Siemens, Німеччина); г – CX³ (Legrand, Франція); д – Acti 9 [13] (Schneider Electric, Франція); е – E290 [8] (ABB, Швейцарія); є – RBS432-22 [9] (ETI, Словенія)
Рис. 8. Приклади бістабільних електромагнітних реле, що встановлюються на DIN-рейку

Бістабільні електромагнітні реле можуть монтуватися на спеціалізовані монтажні панелі. Такі реле зазвичай використовуються в електроенергетиці для побудови систем релейного захисту та автоматики.

Приклади вищевказаних реле представлені на рис. 9.



а – KDN [6] (Mors Smitt, США); б – RHv (Pagus, Німеччина); в – RXMVB 2 [8] (ABB, Швейцарія)

Рис. 9. Приклади бістабільних електромагнітних реле, що встановлюються на спеціалізовані панелі

За конструктивним виконанням зустрічаються бістабільні електромагнітні реле, які встановлюються до розподільчої коробки або довільно у корпус електроприладу. Одним із таких реле є Finder 27.25.8.230 [11] (рис. 10).



Рис. 10. Реле [11], що монтується до розподільчої коробки або довільно у корпусі електроприладу

За типом фіксації силових контактів, як було вже зазначено у бістабільних електромагнітних реле, фіксація контактів може бути механічною та магнітною.

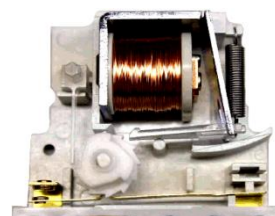
Різновидом реле із механічною фіксацією контактів є реле крокової дії. Всі реле цього типу мають храповий або фіксаторний механізм (із собачкою), завдяки якому контакти реле змінюють свій стан (кожен раз на один крок) при подачі імпульсів, що повторюються на одну й ту саму котушку. Зазвичай, але не завжди один імпульс замикає одну групу контактів, а інший їх розмикає і так далі. Ці зміни замкнутих та розімкнутих станів можна використати різними способами. Для зміни стану реле тривалість імпульса повинна складати приблизно 50 мс. Коли на котушку подається імпульс напруги, якір переміщує важіль, який в свою чергу повертає храповик та кулачок перше положення послідовності. В цьому положенні реле залишається до тих пір, поки на котушку не буде поданий наступний імпульс. Реле містить, по меншій мірі 2 системи контактів (рис. 11, в), що дозволяє контактам змінювати конфігурацію розімкнутих і замкнутих станів з приходом кожного імпульса на котушку. Наприклад, у двополосній комбінації з приходом першого імпульса один полюс розімкнутий, і другий замкнутий.

Другий імпульс може змінити стан контактів на протилежний, третій імпульс може привести всі контакти у замкнутий стан, четвертий у розімкнутий. В цьому прикладі можуть бути й інші послідовності, в залежності від кількості зубів на храповику і кількості виступів на кулачках. На рис. 11, г показаний приклад того, як розташування на кулачках контактних елементів може змінювати стан контактів при обертанні кулачків за допомогою храповика [3].

На рис. 11 приведені можливі конструкції реле крокової дії.



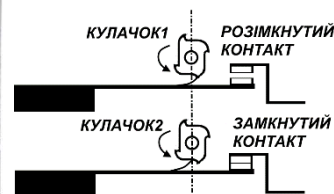
а



б



в



г

а – 26.02 [11] (Finder, Італія); б – 26.02 без захисної оболонки [11] (Finder, Італія); в – G4Q-212S (Omron, Японія); г – контактна схема реле [3]

Рис. 11. Реле крокової дії

Прикладом реле із механічною фіксацією контактів можна назвати однополюсні бістабільні електромагнітні реле, що встановлюються на DIN-рейку, наведеного на рис. 12.

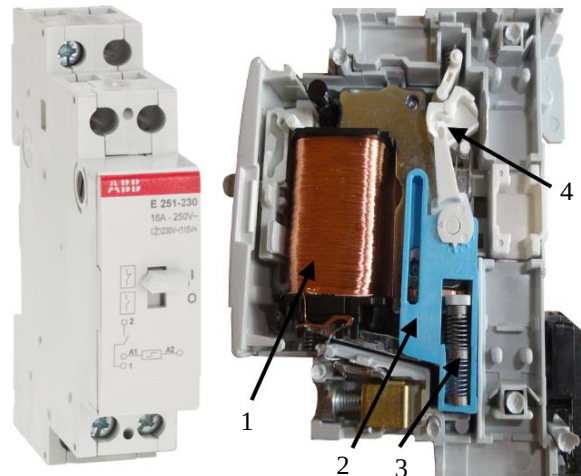


Рис. 12. Конструктивне виконання бістабільних електромагнітних реле E251 [5,8] (ABB, Швейцарія), що встановлюються на DIN-рейку

Як видно із рис. 12 такі реле мають одну котушку 1 із сердечником та якорем. При подачі імпульсу на котушку якір притягується та діє на штовхаючу ланку 2. В свою чергу елемент 2 діє на систему важелів та собачки 4, які змінюють стан контактів. Після зняття напруги із котушки 1 якір повертається у початкове положення, а штовхаючий елемент 2 теж повертається під дією поворотних пружин 3, але контакти залишаються зафіксовані за допомогою механізму 4.

Коли необхідно змінити стан контактів, потрібно

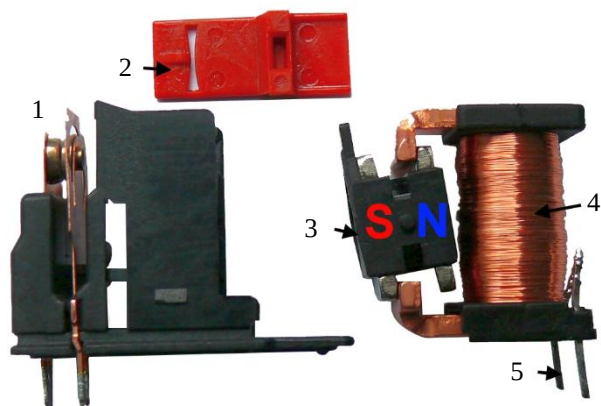
знову подати імпульс на котушку 1 і послідовність операцій повториться у тому порядку, як описано вище. Однак собачка у механізмі 4 буде повернута у інше положення, таким чином і контакти будуть зафіксовані у іншому положенні.

У якості прикладу реле із магнітною фіксацією можна зазначити реле на рис. 4-6 та рис. 9. Такі реле виконані по конструкції як з однією котушкою (поляризовані) так і з двома котушками (неполяризовані). Поляризовані реле містять у своїй конструкції постійний магніт для забезпечення фіксації контактів. В неполяризованих реле фіксація контактів здійснюється за рахунок залишкової намагніченості магнітопроводу реле.

Реле з однією котушкою по принципу дії являє собою поляризоване реле з нейтральним налаштуванням [3]. При нейтральному налаштуванні реле після відключення струму в обмотці якір та рухомий контакт залишаються у тому положенні, в яке вони перемістились при спрацьовуванні реле, тобто або у правому положенні або у лівому. Для перемикання у інший початковий стан необхідно подати на обмотку напругу зворотної полярності у випадку реле з однією котушкою. У випадку реле із двома котушками (рис. 3), для перемикання реле у інший (початковий) стан, напругу потрібно подати на другу котушку.

При такому виконанні немає необхідності у використанні поворотної пружини, що сприяє підвищенню чутливості реле.

Приклад конструктиву поляризованого бістабільного реле представлений на рис. 13.



1 – контакти вихідного кола; 2 – важіль; 3 – постійний магніт; 4 – котушка; 5 – виводи кола керування

Рис. 13. Приклад конструктиву поляризованого бістабільного реле [12]

За схемою контактів реле. Нормально розімкнуті (або NO) контакти підключають коло при спрацьовуванні реле; коло відключається, коли реле неактивно. Цей тип контакту реле також називається контактом «форма А» або «замикаючим» контактом».

Нормально замкнуті (або NC) контакти розмикають коло при спрацьовуванні реле; коло підключене, коли реле неактивно. Цей тип контакту реле також згадується як «форма В» або «розмикаючий» контакт.

Переключаючі (або двоходові) контакти керують

двома колами: одним нормально розімкненим контактом і одним нормально замкнутим контактом із загальною клемою. Цей тип контакту реле також називається контактом «форма С» або «перемикаючим». Це також іноді називають «розривом перед установкою». Зворотній, контакт «установка перед розривом» - що називається «формою D».

На додаток до вищезазначених зазвичай зустрічаються й інші типи реле:

Однополюсне однонаправлене (SPST) – цей тип реле має дві клеми, які можна підключати або відключати. Включаючи дві клеми для котушки, цей тип реле має всього чотири клеми. Неясно, чи нормально контакт розімкнутий або нормально замкнутий. Терміни «SPNO» і «SPNC» використовуються для вирішення неоднозначності.

Однополюсне двонаправлене (SPDT) – загальний вивід підключається до будь-якого з двох інших. Включаючи дві клеми для котушки, у цього типу реле всього п'ять клем.

Двополюсне одно направлене (DPST) – цей тип реле має дві пари клем. Це еквівалентно двом реле SPST, керованих однією котушкою. Включаючи два виводи для котушки, у цього типу реле шість клем.

Double Pole Double Throw (DPDT) – цей тип реле має два ряди контактів, що переключаються. Це еквівалентно двом реле SPDT, керованим однією котушкою. Включаючи дві котушки, цей тип реле має вісім клем.

Quadruple Pole Double Throw (QTDP) – ці реле також можуть називатися Quad-Pole Double Throw або 4PDT. Це реле складається з чотирьох рядів переключаючих клем і еквівалентно чотирьом реле SPDT, що приводиться в дію однією котушкою або двом реле DPDT. Всього в реле чотирнадцять виводів [16].

За родом струму та величиною керуючої напруги котушки. Як і моностабільні електромагнітні реле, бістабільні реле випускаються на такі ж класи керуючих напруг.

За родом струму використовуються котушки постійного та змінного струму. Зазвичай котушки постійного струму (DC Coil) використовуються у конструкціях поляризованих бістабільних електромагнітних реле; натомість у конструкціях неполяризованих реле можуть використовуватись як котушки постійного, так і котушки змінного струму (AC Coil).

Нижче охоплені основні діапазони напруг, що найбільш часто зустрічаються.

Номинальні напруги котушок постійного струму складають:

- 3, 5 В для мікромініатюрних реле;
- 5, 6, 9, 12, 24 В для чутливих котушок;
- 36, 48, 60, 110, 120, 220 В.

Номинальні напруги котушок змінного струму складають: 12, 24, 48, 60, 110, 115, 120, 220, 230, 240 В.

За кількістю керуючих котушок; Як було зазначено вище, при описі конструктиву поляризованих та неполяризованих реле, кількість керуючих котушок може бути одна або дві.

У двох котушковому варіанті реле може мати окремі виводи для кожної котушки.

У цих типів реле є три з'єднання котушки на стороні котушки. Крім загального виводу, є окремі виводи для «установки» і «скидання» (set і reset); вони управляються тільки короткими імпульсами. В результаті реле практично не нагріваються. Одночасне керування обома котушками не допускається.

Або застосовуються спільні виводи для обох котушок. В останньому випадку застосовуються котушки неполяризованого реле з двома зустрічними обмотками зі спільними виводами розташовані на одному середнику (біфілярна обмотка) [7].

За характером кола, що комутується за допомогою реле. Як і моностабільні електромагнітні реле, бістабільні електромагнітні реле випускаються на усі класи напруг та потужностей, комутованих за допомогою реле: від мікромініатюрних та мініатюрних реле для радіоелектронної апаратури, що мають контактну систему та виконання корпусу характерних для моностабільних реле того ж класу комутованої потужності до високовольтних реле розрахованих на великі струми.

За характером кола, що комутують бістабільні електромагнітні реле можна розділити на:

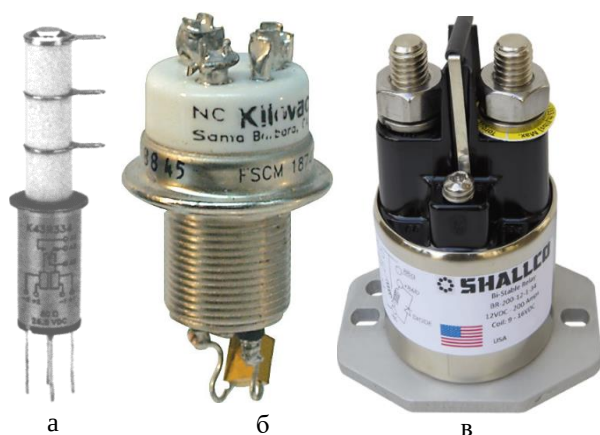
- реле, що комутують кола із малими та великими струмами навантаження;
- реле, що комутують низьковольтні та високовольтні навантаження.

До реле, котрі комутують малі струми можна віднести бістабільні електромагнітні реле, які розраховані на струм від 0.5 до 50 А.

Зазвичай реле, що комутують струми від 0.5 до 2 А – це реле для поверхневого монтування на друковані плати загального застосування або сигнальні реле.

Низьковольтними вважаються реле, що комутують навантаги з напругою до 500 В.

Зустрічаються високовольтні реле, що комутують навантаги напругою до 10 кВ [17] (рис. 14а-14б). Для ефективного гасіння електричної дуги на контактах таких реле використовується вакуумне середовище або спеціальне газонаповнене середовище (зазвичай SF₆).



а – K43R [17] (TE Connectivity, США); б – K44P [17] (TE Connectivity, США); в – BR-200-12-1-34 (SHALLCO, США)
Рис. 14. Приклад бістабільних реле, що розраховані на високі напруги та великі струми навантаження

Бістабільні електромагнітні реле, що найбільш часто зустрічаються можуть бути розраховані на наступні категорії застосування:

AC1 – комутація неіндуктивних або малоіндуктивних навантажень на змінному струмі;

AC15 – керування електромагнітними навантаженнями великої потужності на змінному струмі (>72 ВА);

DC1 – комутація неіндуктивних або малоіндуктивних навантажень на постійному струмі;

DC13 – керування електромагнітними постійного струму [4].

За частотою комутації вихідного кола реле можна розділити на:

- високочастотні;
- низькочастотні.

Високочастотні реле – такі реле, що призначені для комутації постійного або змінного струму вихідного кола із частотою вище за 1 МГц.

Низькочастотні реле – такі реле, що призначені для комутації постійного або змінного струму вихідного кола із частотою нижчу за 1 МГц [7].

За потужністю, що споживається котушкою. Вхідна потужність є одним із важливих факторів при виборі реле. Вхідна потужність кожного реле вказана в таблиці даних котушки каталогу виробника конкретного реле. В залежності від роду струму котушки потужність може бути вказана у Вт або у ВА.

Вхідна потужність котушки бістабільних електромагнітних реле приведена нижче:

- реле великої потужності 1,2 до 5.2 Вт [6];
- реле середнього і малого струму загального призначення від 0,7 Вт до 0,2 Вт;
- слабкострумове реле загального призначення від 0,6 Вт до 0,15 Вт.

Приведені вище значення потужності котушок реле, що зустрічаються найбільш часто.

Висновки.

1. Проведена класифікація бістабільних електромагнітних реле за основними ознаками, такими як: конструктивне виконання, тип фіксації контактів, схема контактів реле, кількість котушок, рід струму та величина керуючої напруги котушки, потужність, що споживається котушкою, характер навантаження вихідного кола реле, частота комутацій тощо.

2. На основі даних виробників бістабільних електромагнітних реле проведено систематизацію інформації щодо конструктивних, технічних і функціональних особливостей таких реле, а також продемонстровано сучасний стан і рівень технічного розвитку цих реле.

3. На підставі проведеної класифікації також можна зробити висновок, що вище розглянуті бістабільні електромагнітні реле розвиваються у напрямку спрощення конструкції, зменшення габаритних розмірів та збільшення величин напруги та струму, що здатні комутувати такі реле.

4. Поряд із розвитком напівпровідникових елементів силової електроніки бістабільні електромагнітні реле все ще залишаються актуальними й займають свою нішу на електротехнічному ринку.

Список літератури

1. Чепелюк А.А. К вопросу классификации реле напряжения для защиты бытовых однофазных потребителей от недопустимых отклонений напряжения в питающей сети // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – 2014. – № 41. – С. 25-36.
2. Зорін Є.Ю. Класифікація однофазних реле контролю напруги побутових споживачів з огляду на тенденції їх розвитку/ Є. Ю. Зорін, О. О. Чепелюк, Ю. С. Гришук // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер.: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика: зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2020. – № 1. – С. 15-21.
3. Гуревич В.И. Электрические реле. Устройство, принцип действия и применения. Настольная книга электротехника. Серия «Компоненты и Технологии». – М.: СОЛОН-Пресс, 211. – 688с.
4. Клименко Б. В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс : навч. посібник / Б. В. Клименко. – Харків : Точка, 2012. – 340 с.
5. <https://cs-cs.net/abb-e251-inside>
6. <https://www.morssmitt.com/product-categories/400187/relays>
7. <https://relays.ru/files/pub/class.pdf>
8. <https://www.hitachiabb-powergrids.com>
9. www.etigroup.eu/products-services/automation-signaling-and-control-devices/bistable-switches-and-relays
10. <https://www.hager.ua>
11. <http://finder.in.ua/ua/>
12. <http://www.ncr.hk/a/Products/Relays/>
13. <https://www.se.com/ua/uk/>
14. <http://www.ia.omron.com/products/>
15. <https://na.industrial.panasonic.com>
16. <https://www.se.com/ww/en/faqs/FA212503/>
17. <https://www.te.com/usa-en/home.html>

References (transliterated)

1. Chepeliuk A.A. K voprosu klassyfykatsii rele napriazhe-nyia dlia zashchity bitovikh odnofaznykh potrebytelei ot nedopustymykh ot-kloneniy napriazheniya v pytaishchej sety. Visnyk Natsionalnogo tekhnichnogo universytetu "KhPI". Seriya: Problemy udoskonalennia elektrychnykh mashyn i aparativ. Teoriia i praktyka. – 2014. – 41. – Pp. 25-36.
2. Zorin Ye.Yu., Chepelyuk O.O., Grishchuk Yu.S. Klasifikaciya od-nofaznykh rele kontrolyu naprugi pobutovykh spozhivachiv z oglyadu na tendencii ih rozvitu. Visnik Nacional'nogo tekhnichnogo universi-tetu "HPI". Ser.: Problemy udoskonaluvannya elektrichnykh mashin i aparativ. Teoriya i praktika: zb. nauk. pr. – Harkiv: NTU "HPI", 2020. – 1. – Pp. 15-21.
3. Gurevich V.I. Elektricheskie rele. Ustrojstvo, princip dejstviya i primeneniya. Nastol'naya kniga elektrotehnika. Seriya «Kompo-nenty i Tekhnologii». – M.: SOLON-Press, 211. – 688 p.
4. Klimenko B.V. Elektrichni aparati. Elektromekhanichna aparatura komutacii, keruvannya ta zahistu. Zagal'nij kurs: navch. posibnik. – Harkiv : Tochka, 2012. – 340 p.
5. <https://cs-cs.net/abb-e251-inside>
6. <https://www.morssmitt.com/product-categories/400187/relays>
7. <https://relays.ru/files/pub/class.pdf>
8. <https://www.hitachiabb-powergrids.com>
9. www.etigroup.eu/products-services/automation-signaling-and-control-devices/bistable-switches-and-relays
10. <https://www.hager.ua>
11. <http://finder.in.ua/ua/>
12. http://www.ncr.hk/a/Products/Relays/PCB_Relays/
13. <https://www.se.com/ua/uk/>
14. <http://www.ia.omron.com/products/>
15. <https://na.industrial.panasonic.com>
16. <https://www.se.com/ww/en/faqs/FA212503/>
17. <https://www.te.com/usa-en/home.html>

Поступила (received) 30.09.2021

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Зорін Євгеній Юрійович (Зорин Евгений Юрьевич, Zorin Yevhenii Yur'yevich) – аспірант, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», кафедра електричних апаратів; тел.: (057) 707-68-64; м. Харків, Україна; e-mail: yevgeny.zorin@gmail.com.

Чепелюк Олександр Олександрович (Чепелюк Александр Александрович, Chepelyuk Oleksandr Oleksandrovych) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри електричних апаратів; тел.: (057) 707-68-64; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4522-9821>; e-mail: chep1@i.ua.

Гришук Юрій Степанович (Гришук Юрий Степанович, Hryshchuk Yuri Stepanovych) – кандидат технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри електричних апаратів; тел.: (057) 707-68-64; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7427-5419>; e-mail: grishukkp@ukr.net.

Лещенко Вячеслав Михайлович (Лещенко Вячеслав Михайлович, Leshchenko Viacheslav Mikhailevych) – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», старший викладач кафедри автоматики і управління в технічних системах; тел.: (057) 707-62-87; м. Харків, Україна; e-mail: lvm@kpi.kharkov.ua