

А.Г. Сосков, Н.О. Сабалаєва

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНИХ ПРИСТРОЇВ ПУСКУ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З ПІДВИЩЕНОЮ КОМУТАЦІЙНОЮ ЗНОСОСТІЙКІСТЮ

Показано, що застосування гібридних контакторів у низьковольтних комплектних пристроях для пуску асинхронних двигунів через відсутність горіння дуги дозволяє їх застосування в умовах з агресивним середовищем. Автоматизовані комплектні пристрої, побудовані на базі запропонованих гібридних контакторів забезпечують підвищену надійність роботи, також за рахунок економного режиму роботи складових мають зменшені габарити й вартість.

Ключові слова: *низьковольтні комплектні пристрої, асинхронні двигуни, гібридний контактор.*

Постановка проблеми

Асинхронні двигуни – це електричні машини, які одержали найбільшого поширення, що пояснюється простотою експлуатації, високою надійністю, відносно невеликою масою і придатними габаритними розмірами. Найбільшого розповсюдження зазнали трифазні асинхронні електродвигуни – вони застосовуються в електроприводах практично усіх галузей промисловості.

Для пуску асинхронних двигунів застосовують автоматизовані низьковольтні комплектні пристрої (НКП), і у сучасних умовах розвитку електротехнічної галузі їхнє використання набуло чималого значення, внаслідок чого ці пристрої одержали значного поширення. Зазвичай вони виконуються на базі класичних електромагнітних контакторів, увімкнених за реверсивною схемою, а також захисного вимикача [1]. За необхідністю до цих НКП можуть додатково вводитися елементи автоматики, діагностики та пристрої захисту від аварійних режимів роботи двигуна. При експлуатації такого типу комплектних пристроїв в умовах відносно нечастих пусків (до 30 вкл/год) та за відсутності агресивного і вибухонебезпечного середовища ці пристрої за своїм ресурсом повністю задовольняють споживачів [1, 2].

Однак при застосуванні їх, наприклад, в прокатному обладнанні металургійних заводів, крановому обладнанні тощо, де частота пусків асинхронного двигуна перевищує сотні вмикань за годину, використання НКП стає вже неефективним через низьку комутаційну зносостійкість електромагнітних контакторів, які входять до їх складу [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Особливі проблеми виникають при застосуванні розглянутих НКП на підприємствах вуглевидобу-

вної, нафтогазової та хімічної промисловості, де через наявність агресивного середовища і небезпеки виникнення вибухів, комутаційні апарати вимушені встановлювати у вибухобезпечні оболонки. У цьому випадку в процесі інтенсивного горіння дуги при розмиканні контактів у великій кількості виділяються пари окислів азоту, що у сукупності з високою вологістю оточуючого середовища призводить до швидкого виходу з ладу комутаційних апаратів, які містяться всередині такої оболонки (наприклад, при використанні НКП у вугільних комбайнах, електромагнітні контактори, що входять до їх складу, вимагають щомісячної заміни) [2].

Вказані проблеми на відміну від вищезазначених комутаційних пристроїв дозволяють успішно вирішувати автоматизовані НКП, побудовані на базі бездугових гібридних контакторів [4–6], які забезпечують комутацію електричного кола без горіння дуги, однак, їхня вартість за рахунок застосування напівпровідникових приладів істотно перевищує вартість НКП, виконаних на базі звичайних електромагнітних контакторів. Проте, їх застосування в умовах вибухонебезпечного середовища є ефективним не тільки з технічної точки зору, а ще й економічної: за величиною комутаційної зносостійкості – характеристики, що говорить про сумарну кількість циклів «вмикання - вимикання», гібридні контактори в десятки разів перевершують електромагнітні [2, 4, 6].

Мета статті і завдання дослідження

Метою даного дослідження є розробка високонадійних автоматизованих пристроїв пуску асинхронних двигунів на базі гібридних контакторів. Для цього вирішуються такі завдання:

- проаналізувати та розробити нові технічні рішення автоматизованих НКП для пуску асинх-

ронних двигунів, виконаних на базі гібридних контакторів;

- проаналізувати нові технічні рішення зі створення гібридних контакторів для застосування їх у автоматизованих НКП.

Виклад основного матеріалу

Нижче розглядаються два варіанти виконання НКП на базі гібридних контакторів, розроблених в ХНУМГ ім. О.М. Бекетова.

Перший з них (рис. 1) доцільно використовувати при частих пусках асинхронного двигуна в нор-

мальних умовах навколишнього середовища. Недоліком пристрою є наявність струмів витoku у колі навантаження при відключених контактах, обумовлені наявністю тиристорних блоків, які шунтують головні контакти [7].

Зазначеного недоліку позбавлений другий варіант (рис. 2) виконання НКП, до складу якого введено додатковий розділовий електромагнітний контактор, що виключає струми витoku в відключеному стані. Цей варіант виконання НКП є доцільним при експлуатації в агресивних і вибухонебезпечних середовищах.

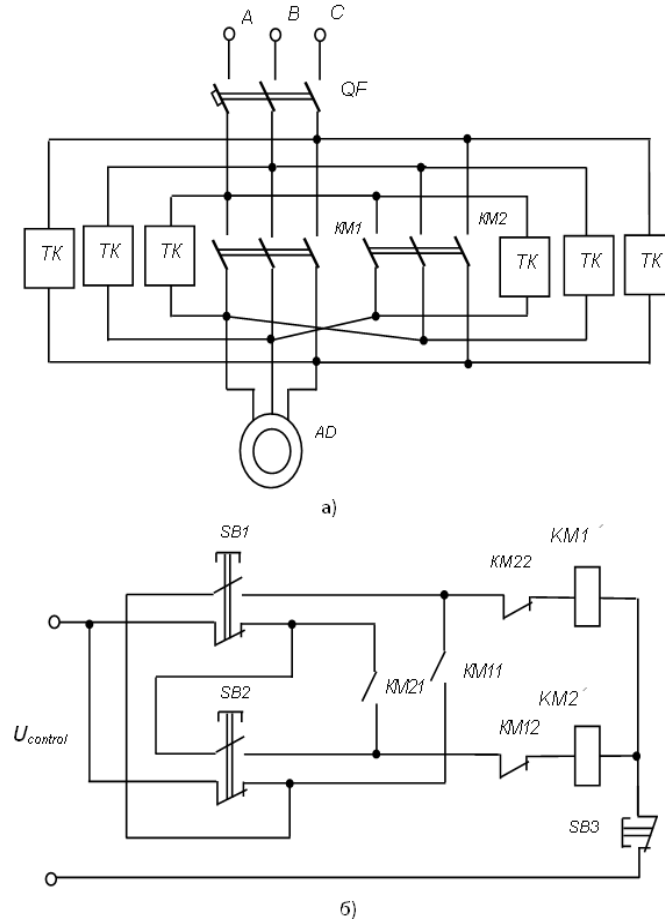


Рис. 1. Автоматизований НКП пуску асинхронного двигуна на базі гібридних контакторів: а) силова схема; б) схема керування (ТК – тиристорний ключ, КМ1' – котушка контактів КМ1; КМ2' – котушка контактів КМ2; $U_{control}$ – напруга керування)

Електрична схема першого варіанту виконання НКП наведена на рис. 1. У силовій схемі НКП (рис. 1, а) застосовані: автоматичний вимикач QF, що забезпечує захист навантаження в режимі струмів короткого замикання і перевантаження, і два гібридних контактора КМ1 і КМ2, включених за реверсивною схемою і забезпечують пряме і зворотне обертання асинхронного двигуна АД. Схема керування НКП (рис. 1, б) виконана з використанням кнопок SB1 («Вперед»), SB2 («Назад»), SB3 («Стоп») і допоміжних розмикаючих і замикаючих контактів

(КМ11, КМ12 і КМ21, КМ22) зазначених вище контакторів.

Залежно від типу електромагнітного приводу контакторів напруга керування може бути змінною або постійною. Звичайно, кнопкове управління за необхідності може бути замінено на автоматичне. У цьому випадку можуть бути додатково введені системи діагностики і елементи додаткового захисту (наприклад, від обриву фази тощо).

Крім того, поряд з електричним блокуванням, яке забезпечується за допомогою розмикаючих допоміжних контактів КМ12 і КМ22, в контакторах

повинне обов'язково застосовуватися і механічне блокування, що надійно виключає механічне вмикання контактора КМ2 при включеному контакторі КМ1 і навпаки. Вмикання послідовно із замикаючим контактом кнопки SB1 («Вперед») розмикаючого контакту кнопки SB2 («Назад») і послідовно з замикаючим контактом кнопки SB2 («Назад») розмикаючого контакту кнопки SB1 («Вперед») виключає потрапляння напруги на котушки електромагнітів контакторів КМ1 і КМ2 при одночасно натиснутих кнопках SB1 і SB2.

На рис. 2 наведена електрична схема другого варіанту виконання НКП, в якому поряд з гібридними контакторами КМ1 і КМ2, включеними за реверсною схемою, застосований додатковий розділюючий електромагнітний контактор КМ3.

Алгоритм роботи пристрою наступний. При вмиканні асинхронного двигуна АД першим вмика-

ється контактор КМ3, а потім в залежності від заданого напрямку обертання АД включається або гібридний контактор КМ1 (команда «Вперед») або контактор КМ2 (команда «Назад»).

При вимиканні асинхронного двигуна (за командою «Стоп») першим розмикається гібридний контактор КМ1 (або КМ2) забезпечуючи бездогвову комутацію електричного кола. Потім, вже в знеструмленому стані розмикається електромагнітний контактор КМ3, виключаючи попадання струмів витoku тиристорних ключів ТК в навантаження. Крім того, цей контактор також забезпечує видимий розрив в електричному колі, наявність якого дуже часто є обов'язковим (наприклад, при застосуванні НКП у вибухонебезпечному навколишньому середовищі).

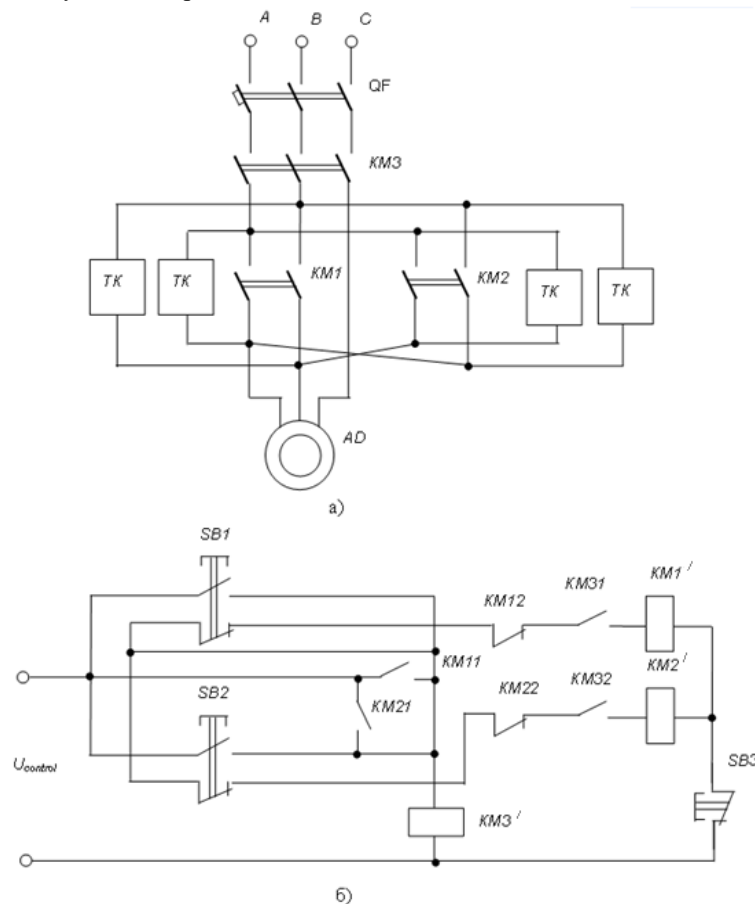


Рис. 2. Автоматизований НКП пуску асинхронного двигуна підвищеної надійності:
а) силова схема; б) схема керування

При роботі НКП тільки в режимі реверсу, контактор КМ3 знаходиться завжди у включеному стані, і зміна напрямку обертання АД здійснюється шляхом комутації тільки гібридних контакторів, причому порядок їх включення такий же, як в попередньому виконанні.

Схема керування, наведена на рис. 2, б, забезпечує роботу НКП відповідно до викладеного вище

алгоритму. Наприклад, для пуску АД за командою «Вперед», натискається кнопка SB1, і по її замикаючому контакту напруга $U_{control}$ надходить на котушку електромагніта контактора КМ3', забезпечуючи замикання його головних контактів.

Одночасно з їх замиканням замикаються і допоміжні замикаючі контакти КМ31 і КМ32. При цьому напруга $U_{control}$ через замикаючий контакт

кнопки SB1, розмикаючий контакт кнопки SB2, допоміжний розмикаючий контакт KM22 контактора KM2, допоміжний контакт KM31 і розмикаючий контакт кнопки SB3 подається на котушку електромагніта контактора KM1, забезпечуючи замикання його головних контактів. Одночасно включається допоміжний замикаючий контакт KM11 і розмикається допоміжний розмикаючий контакт KM12 забезпечуючи, таким чином, підхоплення кнопки «Вперед» і електричне блокування включення контактора KM2.

Робота даного НКП в режимі реверсу аналогічна роботі першого виконання НКП в цьому ж режимі.

Робота НКП по команді «Стоп» відбувається наступним чином. При розмиканні замикаючого контакту кнопки SB3 розмикається коло живлення котушки електромагніта контактора KM1 (або KM2). Цей контактор вимикається при бездуговому розмиканні головних контактів. Одночасно розмикається допоміжний замикаючий контакт KM11 (або

KM21) і розриває коло живлення котушки електромагніта контактора KM3. Він відключається, а його головні контакти розривають вже знеструмлене електричне коло, створюючи в ньому видимий розрив.

Застосування в даному НКП розділяючого контактора KM3 дозволяє без зниження технічних параметрів НКП застосовувати замість триполюсних гібридних контакторів дешевші і простіші двополусні. В результаті, вартість другого виконання НКП буде навіть нижче, ніж у першого.

В результаті проведеного аналізу різних типів гібридних контакторів пропонується варіант гібридного контактора змінного струму з покращеними техніко-економічними характеристиками [2, 7], де керування ТК здійснюється за допомогою трансформатора струму (ТА), причому в цьому варіанті виконання гібридного контактора є схема захисту силового ТК у режимі наскрізних струмів короткого замикання. Електрична схема цього контактора (один полюс) наведена на рис. 3

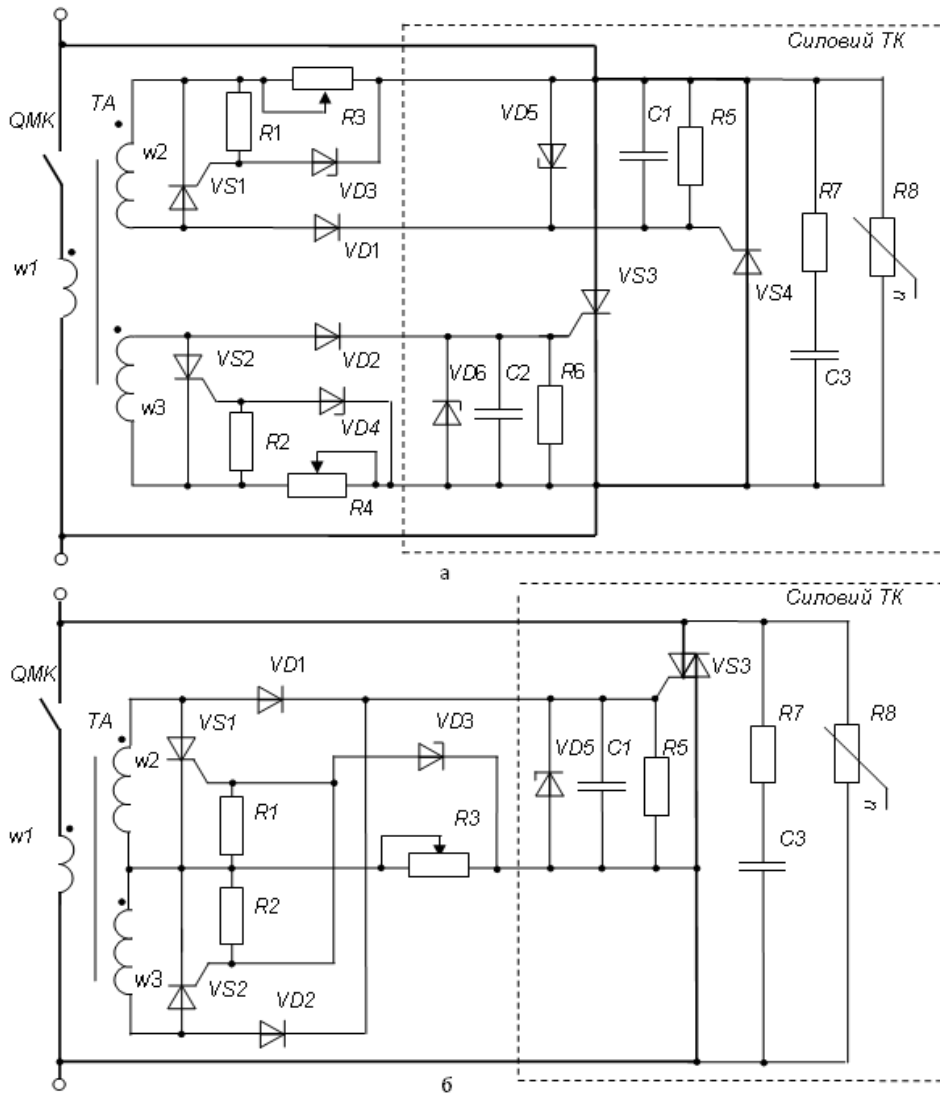


Рис. 3. Електрична схема першого варіанту гібридного контактора: виконаний на базі тиристорів (а); виконаний на базі симісторів (б)

В цьому контакторі силовий ТК виконаний на базі тиристорів (рис. 3, а) і на базі симісторів (рис. 3, б). Кожний полюс цього контактора містить головні контакти QMK, силовий ТК, який містить два зустрічно-паралельно включені тиристири VS3 і VS4 (рис. 3, а) або один симістор VS3 (рис. 3, б), тиристири VS1 і VS2, порогові елементи VD3 і VD4 і трансформатор струму ТА з магнітопроводом, первинна обмотка w_1 якого підключена послідовно з QMK, а кожна його вторинна обмотка w_2 і w_3 через випрямлячі VD1 і VD2 – до кола керування силовим ТК, який шунтує послідовне коло: QMK – ТА. Паралельно кожній вторинній обмотці ТА підключені тиристири VS1 і VS2, керуючі електроди яких через порогові елементи VD3 і VD4 підключені до силових електродів силового ТК, а змінні резистори R3 і R4 підключені між силовими електродами й катодами відповідних тиристорів VS1 або VS2.

При замиканні ГК і протіканні струму в головному колі на вторинних обмотках w_2 і w_3 ТА виникає електричний сигнал, який через випрямляч (VD1 або VD2) і змінний резистор (R3 або R4) подається на коло керування силовим ТК. Оскільки падіння напруги на замкнених QMK в режимах робочих струмів не перевищує 0,5 В, його буде недостатньо для вмикання силового ТК навіть за наявності достатнього за величиною струму керування. При розходженні QMK відбувається різке зростання падіння напруги на них, під дією якої відбувається вмикання тиристора силового ТК (VS3 або VS4), провідність якого відповідає напрямку струму. Струм з кола QMK і w_1 переходить у коло силового ТК. При повному переході струму з кола QMK ТА вимикається і схема керування силовим ТК знеструмується.

Максимальне пряме падіння напруги на відкритому тиристорі (симісторі) силового ТК складає 1,5 – 2 В, що є недостатнім для виникнення дуги на QMK. Слід зазначити, що в момент переходу струму з кола QMK виникає «коротка» дуга, однак цей процес відбувається кілька десятків мікросекунд і суттєво не впливає на комутаційну зносостійкість головних контактів [1]. Повне вимикання кола, що комутується, відбувається при переході струму у відповідний тиристор силового ТК.

Силовий ТК шунтує QMK не тільки при їх розмиканні, але й при вібраціях в момент вмикання контактора.

Для запобігання виходу з ладу силового напівпровідникового приладу (СНП) силового ТК (VS3 і VS4) при наскрізних струмах короткого замикання, які викликають електродинамічний відскокування QMK і перевищують максимально допустиму перевантажувальну здібність цих приладів, застосовується спеціальна схема захисту, що складається з порогових елементів VD3 або VD4 (стабілітрона або диніс-

тора), тиристора VS1 або VS2, які забезпечують надійне шунтування вторинних обмоток ТА, і змінних резисторів R3 і R4.

При наскрізному струмі к. з., який перевищує 10-кратний номінальний струм контактора (максимальний струм, що комутується контактором), але менший за струм, при якому відбувається відскокування QMK, напруга на змінному резисторі R3 або R4 стає достатньою для пробію порогового елемента VD3 або VD4. При цьому VS1 або VS2 одержує сигнал керування і шунтує вторинну обмотку w_2 або w_3 . Через те сигнал керування через випрямляч VD1 або VD2 не надходить до кола керування силовим ТК і його тиристири (симістор) не шунтують QMK при електродинамічних відскокуваннях.

Розрахунок ТА, які працюють в наведених режимах, рекомендується проводити із застосуванням методики, наведеної в [8].

Величина опору змінного резистора обирається з умови, що падіння напруги на ньому при максимальному струмі, що вимикається, в режимі рідкісних комутацій менше за напругу пробію порогового елемента, а при наскрізних струмах короткого замикання це падіння напруги повинне перевищувати вищевказану напругу пробію.

Обмежувач перенапруг, який виконаний на резисторі R7, конденсаторі C3 і варисторі R8, забезпечує надійний захист СНП ТК як від комутаційних, так і зовнішніх перенапруг. Результати розрахунку теплового режиму СНП в умовах їх роботи в гібридних контакторах наведені в [2, 9]. Методика розрахунку параметрів вказаних елементів, а також класу напруги СНП наведена в [10]. При цьому рівень комутаційних перенапруг знижується приблизно на 30 %.

Цей гібридний контактор у порівнянні з раніше застосовуваними [11, 12] має підвищену надійність роботи при зменшених габаритах і вартості за рахунок того, що в розімкненому стані контактора схема керування знеструмлена, знижені витрати міді в ТА (приблизно на 50 %) через зменшення кількості вторинних обмоток з чотирьох до двох, спрощена СК вмиканням керованих СНП силового НК через зменшення кількості її елементів з 60 до 36 для триполюсного виконання контактора [2].

Таким чином такий гібридний контактор забезпечує бездугову комутацію кола як при вмиканні, так і при вимиканні апарату, його робота не залежить від типу привода, який забезпечує комутацію контактної системи апарату. У порівнянні з існуючими апаратами цього типу за рахунок запропонованих схемних рішень і економного режиму роботи складових у нього зменшені габарити й вартість а також підвищена надійність його роботи.

Досвід промислової експлуатації цих контакторів показав, що вони забезпечують комутаційну зносостійкість у 5 млн. циклів при експлуатації в умовах категорії основного застосування контакторів серії АС-4.

Висновки

1. Автоматизовані НКП реверсивного пуску асинхронного двигуна, виконані на базі гібридних контакторів першого типу доцільно використовувати у важких умовах експлуатації і, в першу чергу, при частих пусках двигуна (більше 30 вкл / год.). При цьому комутаційна зносостійкість цього пристрою буде у 25 – 30 разів вищою, ніж у випадку застосування традиційних контакторів.

При експлуатації НКП даного типу у вибухонебезпечному середовищі рекомендується використовувати виконання комплектного пристрою другого типу з додатково введеним розподільчим електромагнітним контактором. Запропонований алгоритм роботи НКП забезпечує комутацію без струму електричного кола цим контактором, тобто практично необмежену його комутаційну зносостійкість, та забезпечує гальванічну розв'язку мережі і навантаження

2. Запропонований для НКП гібридний контактор у порівнянні з раніше застосовуваними має підвищену надійність роботи при зменшених габаритах і вартості за рахунок того, що спрощена схема керування вмиканням керованих СНП силового ТК через зменшення кількості її елементів; в розімкненому стані контактора схема керування знеструмлена; приблизно на 50 % знижені витрати міді в трансформаторі струму через зменшення кількості вторинних обмоток.

Література

1. Москаленко, В. В. *Электрический привод, 2-е изд., стереоп.* [Текст] / В. В. Москаленко. — М. : Академия, 2004. — 368 с.
2. Сосков, А. Г. *Гібридні контактори низької напруги з покращеними техніко-економічними характеристиками* [Текст] : монографія / А. Г. Сосков, Н. О. Сабалаєва ; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. — Х. : ХНАГХ, 2012. — 268 с.
3. Андриенко, П. Д. *Энергоэффективное торможение противовключением асинхронного двигателя с фазным ротором* [Текст] / П. Д. Андриенко, Д. С. Андриенко, М. И. Коцур, С. В. Калюжный // *Электротехнические и компьютерные системы.* — 2014. — № 15 (91). — С. 89 – 91.
4. Atmaji, A.M.S., Slood, J.G.J. (1998). Hybrid Switching: A Review of Current Literature. *IEEE-Proceedings of EMPD*, 2, 683 – 688.
5. Hasan, S. (1994) The Critical Switching Parameters of a New Hybrid AC Low Voltage Circuit Breaker without and with ZnO Varistor. *Materials of 6th Int. Symp. On Short-Circuit Currents in Power Sistem, September 1994, Liege, Belgium*, 311 – 318.
6. Meyer, J.-M., Rufer, A. (2001). ADC Hybrid Circuit Breaker with Ultra Fast Contact Opening and Integrated Gate-

Communicated Thyristors (IGCT). *Bulletin of Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne, Switzerland*, 14 – 20.

7. *Гібридний контактор змінного струму* [Текст]: пат. 24209 Україна, МПК8 Н 01 Н 9/30, Н 01 Н 9/54 / Сосков А. Г., Форкун Я. Б., Сабалаєва Н. О., Соскова І. О.; заявник та патентовласник Харківська національна академія міського господарства, Українська інженерно-педагогічна академія. — № u2007 00596; заявл. 22.01.2007; опубл. 25.06.2007, Бюл. № 9.
8. *Бесконтактные устройства защиты для низковольтных электрических аппаратов* [Текст] / Г. В. Могилевский и др. — М. : Энергия, 1971. — 88 с.
9. Brunk, M. & Jüngel, A. (2008) Heating of Semiconductor Devices in Electric Circuits. *Scientific Computing in Electrical Engineering SCEE. Part of the Mathematics in Industry book series (MATHINDUSTRY, volume 14)*, 261-272.
10. Сосков, А.Г. *Розробка удосконалених методик розрахунків комутаційних перенапруг в напівпровідникових апаратах змінного струму* [Текст] / А. Г. Сосков, М. Л. Глебова, Н. О. Сабалаєва, Я. Б. Форкун // *Восточно-европейский журнал передовых технологий.* — 2016. — Вып. 2/8 (80). — С. 14-22.
11. Hybrid DC electromagnetic contactor: patent no. 7079363 B2 USA. №10/404061 field: 2.04.2003 ; date of patent 18.07.2006.
12. Belisle, F.C., Carter, E.A. Metzler, M.W., Wavering, J.T. (2009). Patent no. 7538990 B2USA, Int.Cl. H02H 3/00, H02H 7/00 High voltage contactor hybrid without a DC arc break. 11/638984 ; field: 14.12.2006 ; date of patent 26.05.2009.

References

1. Moskalenko, V. V. (2004). *Elektricheskiy privod, 2-ye izd., stereotip.* Moskva., Akademiya, 368.
2. Soskov, A. H., Sabalayeva, N. O. (2012). *Hibrydny kontaktory nyzkoyinapruhy z pokrashchenymy tekhniko-ekonomichnymy kharakterystykamy: monohrafiya.* Kharkiv, KHNAHKH Publ.,268.
3. Andriyenko, P. D., Anriyenko, D. S., Kotsur, M. I., Kaluzhnyy, S. V. (2014). *Energoeffektivnoye tormozheniye protivovklyucheniyem asinkhronnogo dvigatelya s faznym rotorom.* Moskva, *Elektrotekhnicheskiye i komp'yuternyye sistemy*, 89–91.
4. Atmaji, A.M.S., Slood, J.G.J. (1998). Hybrid Switching: A Review of Current Literature. *IEEE-Proceedings of EMPD*, 2, 683 – 688.
5. Hasan, S. (1994) The Critical Switching Parameters of a New Hybrid AC Low Voltage Circuit Breaker without and with ZnO Varistor. *Materials of 6th Int. Symp. On Short-Circuit Currents in Power Sistem, September 1994, Liege, Belgium*, 311 – 318.
6. Meyer, J.-M., Rufer, A. (2001). ADC Hybrid Circuit Breaker with Ultra Fast Contact Opening and Integrated Gate-Communicated Thyristors (IGCT). *Bulletin of Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne, Switzerland*, 14 – 20.
7. Soskov, A. H., Forkun, YA. B., Sabalayeva, N. O., Soskova, I. O. (2007). *Hibrydnyy kontaktor zminnoho strumu.* Patent UA, no. 24209.
8. Mogilevskiy, G. V. i dr. (1971). *Beskontaktnyye ustroystva zashchity dlya nizkovol'tnykh elektricheskikh apparatov* Moskva, Energiya, 88.
9. Brunk, M. & Jüngel, A. (2008) Heating of Semiconductor Devices in Electric Circuits. *Scientific Computing in Elec-*

trical Engineering SCEE. Part of the Mathematics in Industry book series (MATHINDUSTRY, volume 14), 261-272.

10. Soskov, A. G., Glebova, M. L., Sabalayeva, N. O., Forkun, Ya. B. (2016). Rozrobka udoskonalenykh metodyk rozrakhunok komutatsiynykh perenapruh v napivprovodnykovykh aparatakh zminnoho strumu. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2/8 (80), 14-22.

11. Hybrid DC electromagnetic contactor: patent no. 7079363 B2 USA. №10/404061 field: 2.04.2003 ; date of patent 18.07.2006.

12. Belisle, F.C., Carter, E.A. Metzler, M.W., Wavering, J.T. (2009). Patent no. 7538990 B2USA, Int.Cl. H02H 3/00, H02H 7/00 High voltage contactor hybrid without a DC arc break. 11/638984 ; field: 14.12.2006 ; date of patent 26.05.2009.

Рецензент: доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри альтернативної електроенергетики та електротехніки Д.В. Тугай, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Україна

Автор: СОСКОВ Анатолій Георгійович
доктор технічних наук, професор, професор кафедри

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail – ansoskov@gmail.com

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2088-1736>

Автор: САБАЛАЄВА Наталія Олегівна

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail – Nataliya.Sabalaeva@kname.edu.ua

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7015-1811>

DEVELOPMENT OF AUTOMATED DEVICES FOR STARTING OF ASYNCHRONOUS MOTORS WITH ENHANCED SWITCHING WEAR RESISTANCE

A. Soskov, N. Sabalaeva

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

Automated low-voltage complete devices, which are usually designed on the basis of classical electromagnetic contactors, are intended for the starting of asynchronous motors. However, at starting frequencies above hundreds of starting per hour, their application is ineffective because of low switching wear resistance of electromagnetic contactors in their construction. Also, their use in industrial enterprises with aggressive environment is limited due to the problems with contacts of electromagnetic contactors.

These problems are successfully solved by the use of hybrid contactors instead of electromagnetic ones as a part of the low-voltage complete devices. Therefore, the target of the study is to develop a highly reliable automated starting devices for asynchronous motors which based on a hybrid contactors. In accordance the analysis of existing one and development of new schemas of automated low-voltage complete devices on the basis of hybrid contactors for starting of asynchronous motors has been done in the work. Also the analysis of existing schemas and development of new schemas of hybrid contactors have been carried out.

Two variants of schemes of these automated low-voltage complete devices on the basis of hybrid contactors are presented in the work and their work is analyzed.

It is shown that one of the device type should be used in hard operating conditions and, above all, with high frequency of engine starting (more than 30 starts per hour). In this case, the switching wear resistance of this device will be 25 – 30 times higher than switching wear resistance in the case of the use of traditional contactors. The low-voltage complete devices of the first type are recommended for use in normal ambient conditions due to the presence of leakage currents in load with open contacts.

The using of an additional separating electromagnetic contactor in the second variant of the device allows to exclude the presence of these currents, and therefore, allows to use such low voltage complete devices in an explosive environment. The principle of operation of this device provides the switching of electric circuit without current, which provides practically unlimited switching wear resistance of the hybrid contactor within the device, and provides a galvanic separation of network and load.

The hybrid contactor proposed for low-voltage complete devices in comparison with the ones previously used has increased reliability of operations at reduced dimensions and cost. There are due to the fact that the control circuit for the switching of controlled power semiconductor devices was simplified due to reduction of the number of its elements; in the open condition of the contactor, the control circuit is uncurrent; about 50% lower copper consumption in the current transformer due to a decrease in the number of secondary windings.

Keywords: automated low-voltage complete devices, asynchronous motor, hybrid contactor.