

*к.т.н. Комісаренко О.І.,
Ламанов С.Л.
(ДонДТУ, м. Алчевськ, Україна)*

ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМИ КОМУТАЦІЇ З КЕРОВАНИМИ ДУГОГАСНИМИ КОНТАКТАМИ

Приведені результати досліджень схеми, та конструкції вимикаючого апарату із дугогасними контактами, керованими електромагнітним приводом. Досліджувана схема має переваги перед аналогічними за призначенням вимикаючими апаратами з точки зору енергетичних характеристик процесу відключення.

Ключові слова: *контактний комутаційний апарат, дугогасні контакти, дугогасний пристрій, схема, конструкція.*

Приведены результаты исследований схемы и конструкции выключающего аппарата с дугогасительными контактами, управляемыми электромагнитным приводом. Исследуемая схема имеет преимущества перед аналогичными по назначению выключающими аппаратами с точки зрения энергетических характеристик процесса отключения.

Ключевые слова: *контактный коммутационный аппарат, дугогасительные контакты, дугогасительное устройство, схема, конструкция.*

Проблема та її зв'язок із науковими та практичними задачами. Схеми сучасних споживачів електричної енергії постійного струму разом з елементами, що мають значну індуктивність (дроселі, реактори, обмотки електричних машин та ін.) містять напівпровідникові прилади. Таке поєднання спричиняє проблеми комутації, оскільки напівпровідникові прилади чутливі до комутаційних перенапруг. Крім того індуктивні елементи схем накопичують значний запас енергії, тому виникає проблема безпечного розсіяння (або перетворення) цієї енергії, тобто розсіяння при оптимальних для напівпровідникових приладів і для самих індуктивних елементів схеми швидкостях зміни струму, напруги, рівнях перенапруг і мінімальній термічній дії на них. Порушення вимог безпечної комутації може привести до суттєвого зниження надійності комутуємого обладнання.

Аналіз досліджень і публікацій. У потужних індуктивних ланцюгах постійного струму для розсіяння запасу електромагнітної енергії застосовують електричну дугу відключення як компактний і дешевий

розсіюючий елемент. Однак для безпечного відключення необхідно певним чином управляти процесом гасіння дуги. Таке управління можуть забезпечити дугогасні пристрої (ДП). У [1] показано, що оптимальним з погляду енергетичних характеристик процесу відключення являється управління, що забезпечує підтримку напруги на дузі $u_d(t)$ на граничному рівні $U_{\text{дmax}}$ протягом всього процесу відключення, тобто

$$u_d(t) = U_{\text{дmax}} .$$

Крім того у [2] доведено, що для оптимізації енергетичного балансу вимикаємого індуктивного навантаження необхідно на початку процесу відключення відокремлювати джерело живлення від контура, в якому розсіюється енергія електромагнітного поля навантаження.

Прикладом ДП, який виконує обидві умови може служити ДП автомата гасіння поля [3] який застосовується для відключення обмоток збудження синхронних машин. Принцип дії такого ДП заснований на тому, що падіння напруги на короткій дузі (довжина 2 — 3 мм) між двома металевими пластинами залишається практично постійним при зміні струму в широких межах.

На рисунку 1 приведена схема автомата гасіння поля з дугогасними ґратами 5, підключеними паралельно контактам 4. У включеному положенні вимикача, контакти 3 замкнуті, а контакти 4 розімкнені. При відключенні контакти 4 замикаються, контакти 3 розмикаються, а потім контакти 4 знову розмикаються. Виникаюча на них електрична дуга заганяється магнітним полем в дугогасні ґрати, де вона горить під час всього процесу гасіння поля. Напруга на ґратах залишається постійною і рівною

$$U_d = nU_{\text{дк}} ,$$

де $U_{\text{дк}}$ — напруга на короткій дузі між двома пластинами ґрат; n — число послідовно включених дуг.

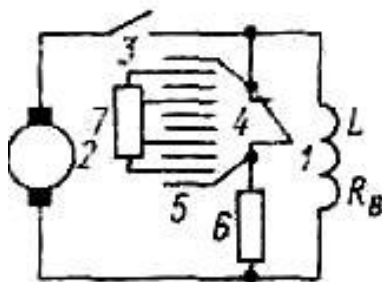


Рисунок 1 – Схема комутації автоматом гасіння поля

Резистор 6 вводиться, для виключення короткого замикання на час, коли одночасно замкнуті контакти 3 і 4 в ході відключення вимикача. Для запобігання явища "зрізу струму", коли одночасно гаснуть дуги у всіх проміжках дугогасних ґрат і на ґратах виникає висока перенапруга, паралельно ним включений резистор 7 із відносно великим опором. Така схема забезпечує різночасне погасання дуги в секціях (у не шунтованій — в останню чергу), що дозволяє обмежити перенапругу допустимим значенням, хоча повністю не виключає окремі сплески напруги наприкінці процесу відключення.

Постановка задачі. Таким чином, наявність допоміжних резисторів та складної механіки, що забезпечує необхідну послідовність перемикання контактів і наявність сплесків напруги наприкінці процесу знижує ефективність розглянутого способу управління дугою відключення. Така складна конструкція може використовуватися для безпечної комутації навантаження великої потужності, коли затрати на вимикач виправдані великою ціною захищеного обладнання.

Тому була поставлена задача розробити схему і конструкцію вимикача, який простішими засобами реалізував би теоретично обґрунтовані в [1, 2] умови оптимальної комутації. Такий вимикач може використовуватись для безпечної комутації індуктивного навантаження малої та середньої потужності при наявності в його схемі напівпровідникових приладів.

Виклад матеріалу та його результати. Розроблена в результаті вирішення поставленої задачі схема комутації із керованими дугогасними контактами представлена на рисунку 2. Схема містить головні контакти 1; паралельно навантаженню 2 включений ланцюг що складається з нормально замкнених допоміжних контактів 3, керованого нерухомого контакту 4 і рухомого 5, котушки 6 стежачого електромагнітного приводу осердя 7 якого пов'язане з рухомим контактом і підпружинене пружиною 8, що притискує осердя і зв'язаний із ним рухомий контакт до нерухомого контакту.

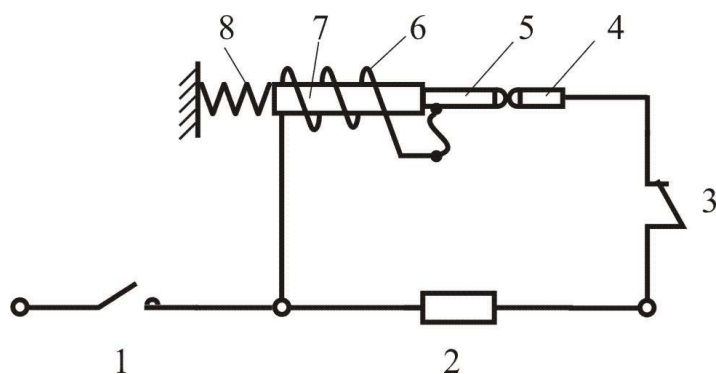


Рисунок 2– Схема комутації із керованими дугогасними контактами

Пристрій на рисунку 2 при відключенні працює таким чином. При розмиканні головних контактів 1, замикаються контакти 3 і електромагнітна енергія, запасена в навантаженні 2, починає розсіюватися в контурі, що утворився: 2, 3, 4, 5, 6, 2. Електрична дуга, що виникла на контактах 1, швидко гасне тому що індуктивність навантаження 2 зашунтована. При цьому навантаження і шунтуючий його ланцюг відокремлюються від джерела живлення. Розрядний струм, що появився за рахунок ЕРС самоіндукції в контурі обтікає котушку 6, яка втягує осердя 7, керований контакт 5 відходить від контакту 4 і контакти розмикаються. На дузі, що утворилася між ними, відбувається розсіяння електромагнітної енергії, запасеної в навантаженні.

Із зменшенням розрядного струму опір дуги на керованих контактах 4 і 5 збільшується, що може привести до надмірного зростання швидкості спаду струму в контурі і виникненню небезпечних перенапруг. Однак, тягова і протидіюча характеристики стежачого електромагнітного механізму підбираються таким чином, що при зменшенні струму за рахунок протидіючої сили (наприклад, пружини 8) відбувається переміщення осердя 7 в нове положення, в якому тягова і протидіюча сила стежачого електромагнітного приводу знову врівноважуються. При цьому відбувається зменшення відстані між контактами 4 і 5 і зменшення довжини дуги, що горить на них. Зростання опору дуги сповільнюється і напруга на ній, а отже і на навантаженні, підтримується на заданому рівні.

В разі збільшення з якихось причин струму в контурі, осердя 7 втягується котушкою 6, дуга розтягується, її опір збільшується і зростання струму обмежується.

Із зменшенням струму, критична довжина дуги, при якій відбувається зріз струму зменшується. Стежачий електромагніт налаштовується так, що із зменшенням струму зближення керованих контактів відбувається так, що відстань між ними залишається завжди менше критичної довжини дуги для даного струму, тому зрізу струму, а отже і стрибків напруги не відбувається.

При зниженні струму в шунтуючому ланцюзі до величини при якій навантаження можна вважати практично знеструмленим або до величини, близької до мінімального струму дугоутворення, тягова сила стежачого електромагнітного приводу знижується настільки, що керовані контакти 4 і 5 змикаються і електромагнітна енергія, що залишилася в навантаженні, розсіюється на активних елементах контура без різких стрибків напруги.

Простота і компактність розробленого пристрою дозволяють використовувати його для відключення відносно невеликих струмів. Були проведені порівняльні випробування. На рисунку 3 приведені осцило-

рами процесу відключення ланцюга при напрузі 220В і струмі 50А з постійною часу навантаження 0,01с базовим контактором типу КПД-110 (рисунок 3а) і модернізованим апаратом (рисунок 3б). У першому випадку контакти контактора були включені послідовно із навантаженням. У другому випадку комутація проводилася по схемі рисунок 2. У першому випадку коефіцієнт комутаційних перенапружень складав приблизно 5,5, а в другому - 1,1 при цьому форма кривої напруги близька до оптимальної [1, 2].

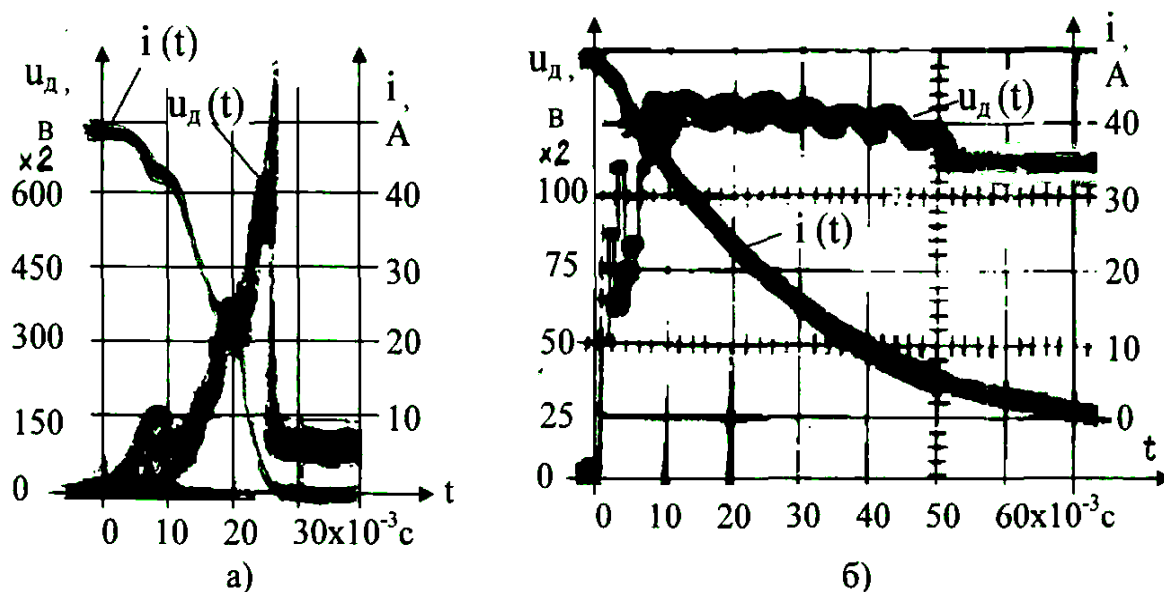


Рисунок 3 – Осцилограми процесів відключення навантаження базовим контактором типу КПД-110 (а) і модернізованим апаратом (б)

Висновки й напрямок подальших досліджень. Розроблений викикаючий пристрій забезпечує управління процесом відключення навантаження по заданому закону протягом всього періоду відключення. Положення якоря 7 автоматично визначається величиною струму в шунтуючому ланцюзі і, відповідно до його зміни, змінюється відстань між контактами 4 і 5. В результаті змінюються довжина і опір дуги, що горить на цих контактах. Електрична дуга, являючись нелінійним опором в шунтуючому ланцюзі, здійснює управління розрядним струмом. Закон, по якому здійснюється управління, визначається видом і співвідношенням між тяговою і протидіючою характеристиками стежачого електромагнітного механізму 6-7-8 (рисунок 2), пов'язаного з контактом 5.

Як показали попередні випробування розробленого апарату, подальше вдосконалення конструкції дозволить успішно застосовувати його для оперативних і аварійних відключень індуктивних ланцюгів постійного струму.

Бібліографічний список

1. Керування процесом відключення силових ланцюгів постійного струму з мінімізацією енерговиділення в навантаженні / О. І Комісаренко, С. Л. Ламанов, Л. Ф. Михайлова // Сборник научных трудов / Донбас. гос. техн. ун–т. – Алчевск, 2007. – Вып. 25. – С. 257 – 261.

2. Исследования оптимальных условий функционирования гибридных аппаратов с отделением источника питания / С.Л.Ламанов, А.И. Комиссаренко, В.Н.Мельничук, В.К.Богданов // Сборник научных трудов / Донбас. гос. техн. ун–т. – Алчевск, 2006. – Вып. 21. – С. 166 – 175.

3. Родштейн Л.А. Электрические аппараты. Ленинград Энергоатомиздат, 1989.-304с.

Рекомендовано до друку д.т.н., проф. Зеленовим А.Б.