

*д.т.н., проф. Павленко Т.П.  
(Національний технічний університет "Харківський  
політехнічний інститут" НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна)  
E-mail: khpavlenko@yandex.ru*

## **ПСЕВДОРІДИННОМЕТАЛЕВІ ЕЛЕКТРИЧНІ КОНТАКТИ ДЛЯ НИЗЬКОВОЛЬТНИХ АВТОМАТИЧНИХ ВИМИКАЧІВ**

*У роботі розглянуто псевдорідиннометалеві електричні контакти, які пропонуються до використання в струмообмежуючих блоках автоматичних вимикачів. Дані контакти не утримують токсичних та коштовних елементів і можуть використовуватися замість сріблоутримуючих електричних контактів, які використовуються в струмообмежуючих пристроях на цей час.*

**Ключові слова:** електричний контакт, псевдорідиннометалевий контакт, не токсичний елемент, автоматичний вимикач.

*В работе рассмотрены псевдожидкометаллические электрические контакты, которые предлагаются к использованию в токоограничивающих блоках автоматических выключателей. Данные контакты не содержат токсичных и дорогих элементов и могут использоваться вместо серебросодержащих электрических контактов, которые применяются в токоограничивающих блоках в настоящее время.*

**Ключевые слова:** электрический контакт, псевдожидкометаллический контакт, не токсичный элемент, автоматический выключатель.

Сучасні тенденції розвитку низьковольтного електроапаратобудування вимагають зменшення вагогабаритних показників автоматичних вимикачів при одночасному поліпшенні їхніх захисних характеристик.

Автоматичні вимикачі призначені для розподілу електричної енергії а також захисту електричних кіл в аварійних режимах роботи і використовуються в комплексних трансформаторних підстанціях. Звідси впливає, що автоматичні вимикачів повинні забезпечувати:

- тривале пропускання номінальних струмів і короткочасне – струмів короткого замикання у споживачів (тобто забезпечувати селективність роботи);
- нечасту комутацію номінальних струмів і короткого замикання;
- миттєве відключення надструмів.

Найважливішими параметрами, що визначають працездатність автоматичного вимикача є: електродинамічна стійкість (ЕДУ), гранична комутаційна здатність (ГКЗ), низький перехідний опір. Ці та інші параметри взаємопов'язані між собою і за-

безпечуються, в основному, конструктивними рішеннями [1]:

- поділом контактів на дугогасильні і головні, що характерно для багатоамперних автоматичних вимикачів;
- поділом головних контактів на ряд паралельних;
- забезпеченням достатньої енергоємності механізму включення;
- застосуванням струмообмежувальних пристроїв.

Ряд електричних апаратів, що володіють специфічними особливостями роботи, такі як автоматичні вимикачі зі струмообмежуючими пристроями або багатоамперні вимикачі, мають головні і дугогасильні контакти. До таких електричних апаратів і їх контактних систем існують особливі вимоги: низький перехідний опір; висока електродинамічна здатність; стійкість проти зварювання контактів; висока механічна міцність; низька вартість контактного матеріалу.

Струмообмежуючий пристрій призначений для підвищення комутаційної здатності автоматичного вимикача, який має

контактну і дугогасну системи. Такі пристрої забезпечують високу електродинамічну здатність (ЕДЗ) автоматичного вимикача при протіканні струмів короткого замикання (КЗ) і при зниженні струмів.

Особливістю роботи електричних контактів струмообмежуючого блоку є те, що вони постійно замкнуті при включенні – відключенні автоматичного вимикача. А тому, основною вимогою що до контактів струмообмежуючого пристрою є висока електропровідність, яка забезпечує низький перехідний опір.

Надійність роботи електричного апарату зі струмообмежуючим пристроєм залежить від контактного матеріалу, який повинен мати високу стійкість проти зварювання контактних пар та сприяти зменшенню їх перехідного опору при збільшенні ЕДЗ. А для цього необхідно збільшення площі контактування при незмінному контактному натисненні.

У головних контактах багатоамперних автоматичних вимикачах застосовуються відносно недугостійкі, але з низьким електричним опором матеріали. Як правило, такі матеріали відрізняються не тільки високими електро- і теплопровідністю, але і невисокою твердістю, що дозволяє зменшити необхідні для досягнення високої ЕДУ контактні натискання.

Надійність роботи контактної системи багатоамперних автоматичних вимикачів підвищують також підбором контактного матеріалу. Це сприяє підвищенню стійкості проти зварювання контактів. По мірі зростання температури контактів і збільшення контактного натискання відбувається розм'якшення матеріалу, що призводить до зварювання контактних пар. Збільшення площі контактування в твердих контактах, в основному, забезпечується збільшенням контактного натискання, що не приводить до зменшення вагогабаритних характеристик.

Таким чином, надійність роботи контактної системи автоматичного вимикача, в значній мірі, визначають технічні взаємо-

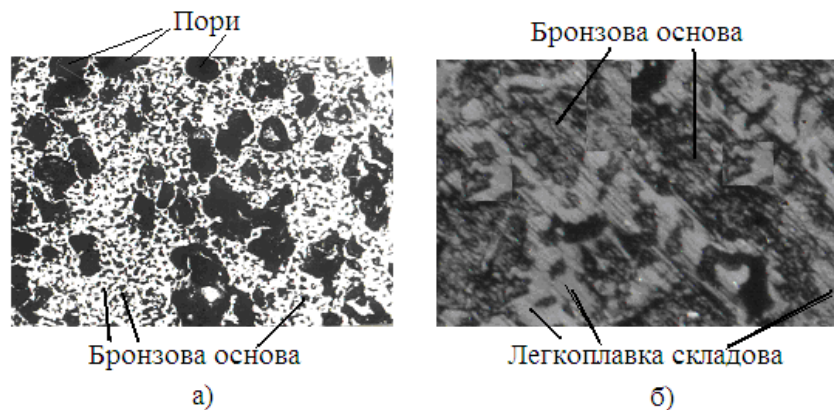
залежні параметри, а також витрати дорогіших і дефіцитних металів.

Метою роботи є дослідження можливості застосування нового контактного матеріалу, так званого псевдорідиннометалевого (ПРМК), в струмообмежуючому пристрої низьковольтного автоматичного вимикача типу ВА 52–35 та в головних контактах багато амперного автоматичного вимикача замість складів композицій контактів, які утримують коштовне срібло.

В світовій практиці відомі рідиннометалеві контакти [2, 3], які мають низький перехідний опір, за рахунок зменшення опору плівок поверхні рідкого металу, опору власного металу, опору інтерметалідів, що утворюються на поверхні розділу твердої і рідкої фаз. Ряд фірм США, Франції, Німеччини, Росії рекламують комутаційні апарати з рідиннометалевими контактами, головними достоїнствами яких є малі контактні натискання і відсутність вібрації. Але одним з головних недоліків рідиннометалевих контактів є нестабільність властивостей, та використання токсичних елементів, таких як ртуть, олово, вісмут, свинець та інші.

В роботі показані псевдорідиннометалеві контакти, які забезпечують необхідні вимоги, що сприяють підвищенню необхідних параметрів електричних контактів струмообмежуючого пристрою автоматичного вимикача та головних контактів багатоамперного вимикача без використання срібла і токсичних матеріалів.

Ідея роботи псевдорідиннометалевих контактів полягає в тому, що контакти складаються з більш тугоплавкої і легкоплавкої складової. Тугоплавка складова являє собою вигляд матриці або арматури (залежно від конструкції контакту). Легкоплавка складова має значно низьку температуру плавлення ніж струмоведучі частини автоматичного вимикача. Згідно поставленої мети були отримані контактні композиції на бронзовій тугоплавкій основі, які при виготовленні мають пори (рис. 1, а), а потім відбувається їх просочення легкоплавкою складовою (рис.1, б) [4 – 5].



а) тугоплавка складова з порами; б) після просочення пор

Рисунок 1 – Мікроструктура контакту на бронзовій основі

Принцип роботи таких контактних композицій відбувається таким чином, що у момент замикання електричного кола контакти тверді. При пропусканні відповідного струму та встановленому контактному натисненні відбувається збільшення щільності струму, що приводить до локального розігрівання і розплавлення легкоплавкої складової контакту. Таким чином, у момент розплавлення площа контактної поверхні збільшується, перехідний опір падає, зменшується щільність струму і подальшого розплавлення площі контактування не відбувається.

Отримані композиції контактів ПРМК пройшли дослідження як на випробувальних стендах, так і у струмообмежуючому блоці автоматичного вимикача ВА 52–35. Испити проводилися у тривалому режимі в колі однофазного змінного струму, частотою 50 Гц при температурі навколишнього повітря 18 – 20 °С. Під час досліджень проводився вимір спадань напруги в колі постійного струму при  $I_N = 250$  А і низької напруги в нагрітому стані.

На лівий полюс струмообмежуючого блоку була встановлена пара контактів

ПРМК, де рухомий та нерухомий контакти виготовлені з однакового матеріалу (бронзова основа). На середній полюс – контактна пара ПРМК (мідна основа), на правий полюс – серійна контактна пара КМКА30м / КМК А10м (срібна основа). Середній полюс для дослідних контактів був вибраний як найбільш навантаженим в тепловому відношенні. Результати досліджень (табл. 1) показали, що після закінчення 360 годин перехідний опір контактів з контактів ПРМК у нагрітому стані і перевищення температури істотно не відрізняються від серійних контактів (65°C по ТУ).

Зразки електричних контактів ПРМК  $\varnothing 8$  мм пройшли випробування в замкнутому стані при пропусканні струмів від 50 до 250 А і контактному натисканні 15; 26 і 40 Н. Результати попередніх досліджень показали, що температура і перехідний опір експериментальних зразків спочатку має високі значення, в порівнянні з композиціями, що утримують срібло. Ступінчасте збільшення струму викликає підвищення температури та падіння напруги. Але по мірі зростання струму ці значення різко знижуються і стабілізуються.

Таблиця 1 – Результати досліджень контактів ПРМК у автоматичному вимикачі ВА 52–35

Час під струмом	Перехідний опір контактів, Ом $\times 10^{-3}$			Значення перевищення температури струмоведучих частин автоматичного вимикача								
				Верхній вивід струмообмежувачого блоку, °С			Нижній вивід струмообмежувачого блоку, °С			Контакти струмообмежувачого блоку, °С		
	Полюси автоматичного вимикача											
	Лев.	Сер.	Пр.	Лев.	Сер.	Пр.	Лев.	Сер.	Пр.	Лев.	Сер.	Пр.
6	0,156	0,20	0,128	60	68	58	58	88	61	105	112	93
80	0,164	0,18	0,128	60	68	58	58	88	61	105	111	93
120	0,144	0,192	0,120	60	65	58	61	63	60	108	106	90
160	0,144	0,18	0,116	57	65	58	61	62	57	108	101	89
200	0,128	0,14	0,108	58	65	58	55	60	57	95	98	88
240	0,140	0,136	0,124	60	64	60	54	64	60	96	97	90
280	0,144	0,136	0,132	59	64	60	55	64	60	95	98	90
300	0,140	0,120	0,116	59	64	60	55	64	60	95	98	90
340	0,140	0,116	0,124	60	63	60	56	65	61	96	98	90
360	0,150	0,128	0,120	60	63	60	56	65	61	96	98	90
Вимоги ТУ (при T= 40°C)												
				65			65			130		

### Висновки.

1. Доведена можливість реалізації принципу використання зміни агрегатного стану в точках контактування контактів на робочій поверхні при пропусканні струмів.

2. За експериментальною технологією виготовлена і випробувана партія контактів з розробленого контактного матеріалу, що мають бронзову основу. Склади композицій експериментальних контактів не мають токсичних елементів.

3. Проведені дослідження автоматичного вимикача ВА 52–35 з контактами зі струмообмежувачого блоку (в двох полюсах із

ПРМК і в третьому – з КМКА30м / КМКА10м) показали, що після закінчення 360 годин теплового режиму перехідний опір при значному перевищенні температури істотно не відрізняються від сріблостішованих композицій.

4. За результатами досліджень показана можливість використання контактів ПРМК в струмообмежувачих блоках автоматичних вимикачів замість серійних, що мають композиції, до яких входить коштовне срібло та в головних контактах багатоамперних вимикачів.

### Бібліографічний опис

1. Беляев В.Л. Особенности работы и конструкций многоамперных автоматических выключателей: учеб. пособ. / В.Л. Беляев. – СПб.: СЗТУ, 2005. – 254 с.
2. Способ уменьшения сопротивления между контактными поверхностями. Патент США Н01Н 11/02 № 4513904.
3. Брон О.Б. Электрическая стойкость композиционных жидкометаллических контактов / О.Б. Брон, В.Л. Беляев // Электромеханика. – М.: Изв. вузов, 1984. - № 8. – С.76 – 81.
4. Павленко Ю.П. Новый контактный материал для многоамперных выключателей / Ю.П. Павленко, Г.Н. Гапоненко, Т.П. Крыгина // Сб. научн. тр. «Низковольтные аппараты защиты и управления». – Харьков: ВНИИЭА, 1993. – С. 223–229.
5. Павленко Т.П. Псевдожидкометаллические контакты электрических аппаратов с бездуговой коммутацией / Т.П. Павленко // Интегровані технології та енергозбереження. – Харків: ХДПУ, 1999. - № 4. - С. 69–72.

Рекомендовано до друку д.т.н., проф. Заблодським М.М.

