

ХАРКІВСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНЖЕНЕРІВ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ ВАКУУМНИХ ТА ГАЗО-  
НАПОВНЕНИХ КАМЕР З БАГАТОПОЗИЦІЙНИМИ КОН-  
ТАКТНИМИ СИСТЕМАМИ ДЛЯ НИЗЬКОВОЛЬТНИХ  
АПАРАТІВ

Харків-1994

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00756440 (Q)

ХАРКІВСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНЖЕНЕРІВ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

На правах рукопису

КУРИЦЬКА  
ІРИНА МИКОЛАЇВНА

УДК.621.316.5

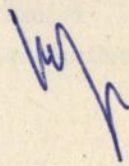
РОЗРОБКА Й ДОСЛІДЖЕННЯ ВАКУУМНИХ ТА ГАЗО-  
НАПОВНЕНИХ КАМЕР З БАГАТОПОЗИЦІЙНИМИ КОН-  
ТАКТНИМИ СИСТЕМАМИ ДЛЯ НИЗЬКОВОЛЬТНИХ  
АПАРАТІВ

06.09.07 - світлотехніка та джерела світла

06.09.06 - електричні апарати

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків-1994



АВ 30.111

Дисертація є рукопис.

Робота виконана у Харківському інституті інженерів міського господарства та у акціонерному суспільстві "Електричні низковольтні апарати і системи", м. Харків.

Науковий керівник - заслужений діяч науки і техніки України  
доктор технічних наук,  
професор Намітоков Камаль Кадирович

Офіційні опоненти:

- 1. Доктор технічних наук,  
професор Дзюбан Віталій Серафимович
- 2. Кандидат технічних наук  
Сколовдра Степан Васильович


Провідне підприємство - Виробниче об'єднання "Полярон" м. Львів

Захист дисертації відбудеться *10 травня 1994р. о 12<sup>00</sup>*  
на засіданні спеціалізованої ради К 068.51.01 при Харківському  
інституті інженерів міського господарства за адресою:  
310002, м. Харків, вул. Революції, 12

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського  
інститута інженерів міського господарства за адресою:  
310002, м. Харків, вул. Революції, 12

Автореферат розісланий *6 травня 1994р.*

Вчений секретар  
спеціалізованої ради

 Д'яков Е.Д.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. По ряду науково-технічних розробок і по фізичним процесам, супроводжуваним функціонування цих розробок, мається багато спільного у світлотехнічному виробництві та у виробництві низьковольтних комутаційних апаратів.

Це має місце особливо у пристроях, де вирішальним фактором є електрична дуга. Питання виникнення й формування дуги у газорозрядних джерелах світла, як і процеси, протікаючи на їх електродах, а також у електродно-контактних вузлах стартерів для газорозрядних ламп в рівній мірі представляє інтерес і для світлотехнічного і електроапаратного виробництва. Крім цього, електромагнітні процеси в пуско-регулюючих апаратах і магнітних системах деяких видів низьковольтних апаратів викажуть багато спільного. Мають місце також ідентичні технологічні процеси в виробництві джерел світла, стартерів і герметизованих комутаційних пристроїв, зокрема, вакуумних дугогасячих камер та герсіконів.

Одним з основних напрямків розвитку сучасного апаратобудування є створення надійних та довговічних апаратів, стійких та нечуйних до навколишнього середовища, не потребуючих обслуговування при експлуатації. Тому в останні роки все більше уваги приділяється новому виду комутаційних апаратів, дугогасіння в котрих засновано на гасінні дуги у вакуумі або у газовому середовищі. Герметизовані низьковольтні прилади мають безперечні переваги перед повітряними апаратами аналогічного класу, однак існуючі герметизовані апарати розраховані з одного боку - на комутацію слабострумних ланцюгів - геркони та герсікони /номінальний струм до 10 А/, мають обмеження по номінальній напрузі змінного струму до 380 В, а з другого боку низьковольтні однополюсні вакуумні камери, та вакуумні контактори комутірують струми починаючи з 160 А, 660 В, 1140 В.

При цьому серйозним недоліком вакуумних контакторів є використання в ланцюгах керування контактів з гасінням дуги в повітрі, малих низьких комутаційні показники, що значно знижує переваги апарата в цілому й обмежує його можливості. Зріст вимог силових промислових установок що до зростання номінальної напруги та струмових навантажень, а також відсутність герметизованих комутаційних приладів, здатних комутувати середні струми до 32 А, напругою до 660, 1140 В, викликає необхідність розробки й досліджень таких апаратів. Одним з напрямків цієї роботи є створення вакуумних та газонаповнених камер з багатопозиційними контактними системами для низьковольтних апаратів, зокрема, для вакуумних контакторів.

Мета роботи і завдання дослідження. Дисертаційна робота присвячена розробці вакуумних та газонаповнених камер з багатопозиційними контактними системами, загальним методом проектування й вбудуванням їх у комутаційні апарати, зокрема, низьковольтні вакуумні контактори і проведенню теоретичних й експериментальних досліджень комутаційних процесів у вакуумі й захисному газонаповненому середовищі. Відзначена мета передбачає постановку й рішення наступних завдань:

- проведення аналізу сучасного рівня вивчення процесів, супроводжуваних комутацією середніх струмів у вакуумі та газонаповненому середовищі, вивчення контактних систем з гасінням дуги в повітрі, вакуумних й газонаповнених пристроїв і використання їх в герметизованих апаратах, зокрема в вакуумних контакторах;
- дослідження розподілу температури в герметизованих багатопозиційних камерах з контактними системами різного типу в стаціонарному режимі;
- розробка конструкцій вакуумних та газонаповнених камер з багатопозиційними контактними системами, створення простих технологічних способів виробництва корпусів і камер в цілому;

- дослідження температурних полей в ізоляційних корпусах з великою кількістю контактних пар; та їх облік при проектуванні й розрахунку таких систем;

- дослідження комутаційних процесів і визначення основних параметрів багатоконтактних камер;

- розробка методик розрахунку основних вузлів вакуумних та газонаповнених камер і конструктивних елементів приводного механізму вакуумних контакторів;

- створення магнітокерованих герметизованих пристроїв на підставі герконів і герсиконів для слабострумних ланцюгів керування апаратів низької напруги.

Об'єкти досліджень. Об'єктами досліджень є низьковольтні вакуумні й газонаповнені камери з багатопозиційними контактними системами на номінальний струм до 32 А, 660 В, 1140 В.

Методики досліджень. Вибір методик досліджень обумовлений комплексним підходом до рішення поставлених завдань. Дослідження виконані на макетних та дослідних зразках, на стандартному обладнанні в застосуванням прогресивних методів планування експеримента, і статистичних методів обробки результатів спостережень, теоретичні дослідження підтверджені результатами випробувань досвідних та промислових зразків.

#### Практична цінність роботи.

1. Освоєно виробництво вакуумних контакторів серії КМГ7Р, в котрих використовувались результати дисертаційної роботи, у тому числі технічні рішення нарівні винаходів. Ряд результатів роботи прийнятий до упровадження на ВО "Поллярн".

2. Основні положення і результати досліджень використовувались в умовах промислового освоєння виробництва низьковольтних газонаповнених камер з багатопозиційною контактною системою типа ГІМ25, на номінальні токи 10, 25, 660 В, володіючи підвищеною комутацій-

нов здатністю та комутаційною вносоздатністю, малими масою і габаритами.

Наукова новизна роботи

- підтверджена пріоритетними винаходами на вакуумні камери з багатопозиційною контактною системою і вакуумні контактори серії КМІ7Р;
- представлена методами розрахунків: перебільшення температур токопроводів камер; температурних полей, у ізоляційних корпусках з великою кількістю контактних систем; конструкційних вузлів вакуумних і газонаповнених камер і елементів приводного механізму вакуумних контакторів; герметизованих пристроїв для слабострумних ланцюгів;
- представлена висновками досліджень і математичними залежностями комутаційних характеристик камер від середовища заповнення і тиску в камерах, натиском і розхилом між контактами.

Апробація роботи. Основні положення й окремі результати роботи доповідались й обмірковувались на семінарах Наукової ради АН УРСР з комплексної проблеми "Наукові основи електроенергетики" м. Харків, 1985, 1987рр. на науково-технічних конференціях молоді ВНДІЕА м. Харкова, 1985-1988рр. на засіданнях наукових семінарів кафедри "Світлотехніка та джерела світла" інститута ХІМГ /1992-1994рр./.

Публікації. По темі дисертації опубліковано 13 друкованих робіт, у тому рахунку 8 авторських свідоцтв на винаходи.

Місткість та структура роботи. Дисертаційна робота місткість 205 сторінок складається з вступу, п'яти глав, закінчення, переліка літератури й додатка. Містить 57 малюнків, 28 таблиць, переліка літератури з 233 найменувань, довідку про втілення.

## КОРОТКИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі показана актуальність теми, сформульована мета роботи й поставлені завдання, коротко анотовані ґрунтовні наукові результати, що виносяться на захист, позначені відомості про до практичної цінності та реалізації.

У першій главі проаналізовані особливості комутації струму в герметизованих камерах у високому вакуумі та захисному газовому середовищі. З проведеного аналізу витікає, що у літературних джерелах містяться численні відомості про до процесів, протікаючих на електродах у вакуумі та газовому середовищі.

Розглянуті вітчизняні та закордонні герметизовані пристрої, їх технічні параметри, загальна компоновка й окремі вузли, контактні матеріали, описані їх переважності понад повітряними апаратами аналогічного класу. Існуючі герметизовані пристрої розраховані для комутації високовольтних слабострумних ланцюгів до 2 А /геркони/, для низьковольтних ланцюгів: на номінальні струми до 10 А, 300 В /герсикони/, або номінальні струми більше 160 А, 660, 1140 В /вакуумні контактори/.

Комутація невеликих струмів у герконах, і обмеження в номінальній напруги в герсиконах звужує сфери їх застосування, а збільшені габарити герсиконів утруднюють використання їх в якості багатоконтактних систем.

Показана низка питань про до процесів, які відбуваються в цих умовах комутації для багатоконтактних систем місточкового типу та в гнучкими контактними системами, востається невирішеною. Ці процеси суттєво залежать від характеру середовища, тиску у середені герметичної оболонки й матеріалів контактів, що відзначає вибір оптимальних конструкцій, контактних систем та їх експлуатаційні характеристики.

На засадах аналізу низьковольтних вакуумних контакторів відокремлені по компоновці чотири групи апаратів та їх основні вузли:

вакуумні дугогасильні камери, електромагнітний привод та допоміжні контакти. Недоліком вакуумних контакторів є використання в його ланцюгах управління контактів з гасінням дуги у повітрі, що значно знижує пожежобезпечність ланцюгів, іскробезпечність, та можливості вакуумних контакторів, зокрема застосування їх у шахтах без оболонки. У процесі експлуатації 40% поломок контакторів стає внаслідок пошкодження допоміжних контактів. Крім того, для забезпечення комутаційної зносостійкості вакуумних контакторів серій КТ12Р, КМ17Р, дорівняної 2,0 млн. циклів В0, потрібна багаторазова заміна допоміжних контактів. Були розглянуті технічні параметри, конструкції допоміжних контактів та можливості захисту їх від дії агресивного середовища. Аналіз показав, що контакти мають невисокі технічні параметри, що явно недостатньо порівняно з параметрами вакуумних контакторів, потребують догляду в процесі експлуатації, застосування дефіцитних матеріалів для контактів, мають збільшені масо-габаритні показники. Врахувачи, що 70% допоміжних контактів призначені для комутації слабострумних ланцюгів, розглянута можливість використання замість них блоків з герконами та герсиконами, а також способи управління ними. Показана необхідність розробки для ланцюгів комутуючих середніх струми напругою 660, 1140 В герметизованих камер з багатопозиційною контактною системою, маючих високі комутаційні параметри, що дозволило б використати їх у якості базових комутаційних елементів герметизованих контакторів і в першу чергу для вакуумних.

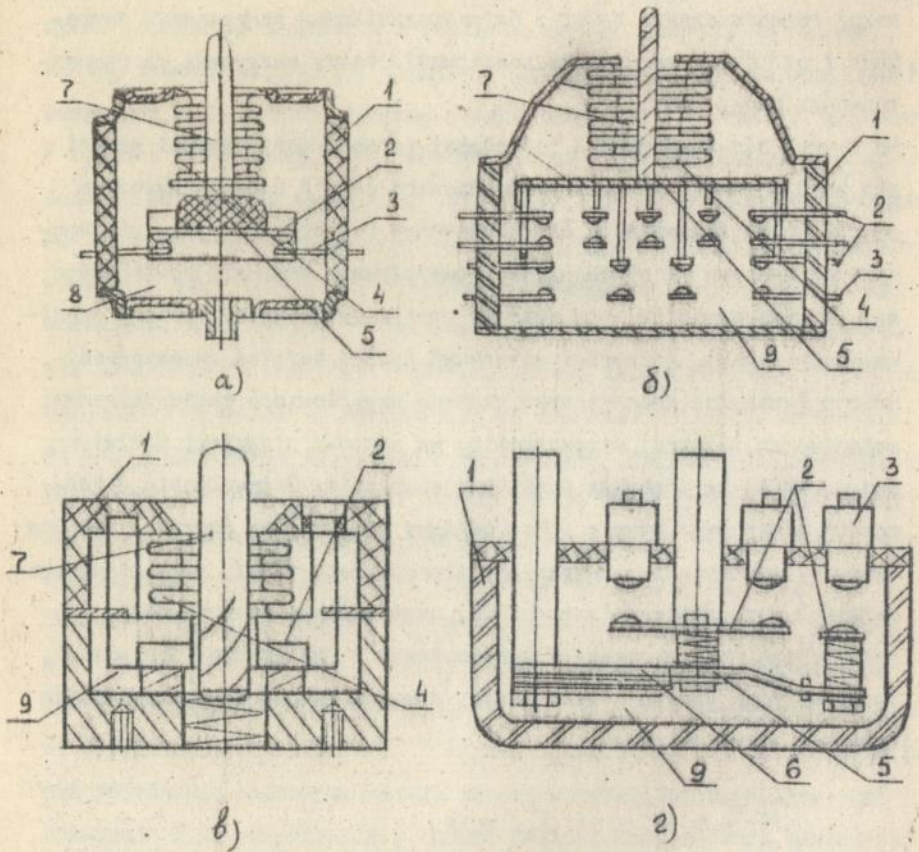
У другій главі виявлені основні принципи конструювання герметизованих камер з багатопозиційною контактною системою: контактна система з  $n$ -парами контактів розташована у єдиній оболонці, захисне середовище – вакуум чи газ; переміщення контактів здійснюється штоком через сильфон або контакти магнітокеровані; корпус виконаний з кераміки або скла; в оболонці повинні бути відсутні деталі що тру-

ться, гнучкі шини і т.і. Ці критерії взяті за основу при проектуванні герметизованих камер з багатопозиційними контактними системами і запропоновано кілька конструкцій таких вакуумних та газонаповнених камер /мал. 1/.

На ґрунті цих конструкцій розроблені теплові розрахункові моделі для камер, маючих контакти місточкового типу й камер з гнучкими пружинистими контактами. Для визначення геометричних розмірів контактної системи та струмоводів, розглядався розподіл температури вадом струмопроводу, при довгому протіканні струма, тобто у стаціонарному режимі. У системі усталений процес нагріву визначається низкою факторів: неоднаковими умовами внутрішнього тепловиділення; охолодження поверхні струмопроводу на окремих ділянках; наявності джерел тепла на мережних поверхнях контактів. Струмопровід у тепловому відношенні уявляє собою складну неоднорідну систему, яка має чотири /для системи з контактами місточкового типу/, дві з яких знаходяться у розряженому середовищі, одна ділянка покрита шаром ізоляції /кераміка/ и останній розташований у повітряному середовищі. Тепловий стан усього струмопроводу описується системою рівнянь для кожної з чотирьох ділянок.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d^2 U_1}{dx^2} - a_1^2 U_1 + a_2^2 = 0 \\ \frac{d^2 U_2}{dx^2} - b_1^2 U_2 + b_2^2 = 0 \\ \frac{d^2 U_3}{dx^2} - c_1^2 U_3 + c_2^2 = 0 \\ \frac{d^2 U_4}{dx^2} - n_1^2 U_4 + n_2^2 = 0 \end{array} \right.$$

/ 1 /



Мал. 1. Герметизовані камери з багатопозиційними контактними системами:

- 1 - ізолюваний корпус
- 2 - рухома контактна система
- а, в, г - місточкового типу;
- б - гнучкі пружинячі контакти;
- 3 - нерухома контактна система;
- 4 - сильфон;
- 5 - ізоляційний контактотримач;
- 6 - рухомий якір з набором феромагнітних платівок;
- 7 - приводний шток; 8 - вакуум; 9 - газ.

Загальне рішення системи рівнянь / I / має вигляд:

$$\begin{cases} U_1 = A_1 \exp(a_1 x) + A_2 \exp(-a_1 x) + \frac{\alpha_1^2}{a_1^2} \\ U_2 = A_3 \sin \sqrt{\alpha} b_1 x + A_4 \cos \sqrt{\alpha} b_1 x - \frac{1}{2} & 121 \\ U_3 = A_5 \exp(c_1 x) + A_6 \exp(-c_1 x) + \frac{c_1^2}{c_1^2} \\ U_4 = A_7 \exp(n_1 x) + A_8 \exp(-n_1 x) + \frac{n_1^2}{n_1^2} \end{cases}$$

Рішення завдання для герметизованих камер з контактами місточкового типу проводилось на ЕОМ. Розроблений алгоритм розрахунку  $U_1 - U_4$  температурного поля дозволяє визначити температуру струмопроводу камери у будь якій точці, на будь який ділянці, встановити зв'язок між протікачим струмом, температурою струмопроводу, його геометричними параметрами. Проведені розрахунки для струмопроводів, виконаних з міді, вольфраму, молібдену. Виходячи з одержаних результатів для вакуумних та герметизованих камер з шістьма струмопроводами на номінальні струми 10, 15, 20, 25 і 32 А були вибрані наступні з площев перерізу /19, 25, 25, 64 та 64/10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup> відповідно. Параметри струмопроводів вибрані таким чином, що при комутації цих струмів, температура нижче гранично допустимих значень. Теплові іспити контактних систем з такою площею перерізу струмопроводів ствердили правильність їх розрахунку /з погрешністю не більше 15%.

Аналогічно визначався розподіл температури для камер, маючих гнучкі пружинячі контактні пари. У тепловій моделі взяті три ділянки струмопроводу, розташованих у записному середовищі газу, покриті шаром ізоляції й в повітрі. Для розрахунків температур  $U_1 - U_3$  складався алгоритм та програма розрахунків на ЕОМ. В результаті встановлені залежності розрахункових температур від параметрів струмопроводу, виготовленого з різних матеріалів.

В багатопозиційних герметизованих камерах кількість контактних пар може досягати 12-20, при чому кожна пара незалежно від сусідній здат-

на комутувати різні струми. Проведення розрахунків дозволяє провести вибір параметрів струмоведучого ланцюга для кожної пари, змінюючи струми у широкому діапазоні й застосовувати для їх виготовлення різні матеріали.

У третій главі проаналізовані особливості проектування й технології виготовлення герметизованих вакуумних та газонаповнених камер, їх ґрунтовних вузлів. Проведено розкладення техпроцесу на етапи. Особливу увагу приділено виготовленню специфічного вузла багатоповищійної камери - ізолюваного корпусу з великою кількістю впаяних нерухомих струмоводів. Спираючись на досвід технологічного виробництва електролампової промисловості була розглянута в загальних рисах технологія виготовлення скляних корпусів та кришок для газонаповнених камер типу ГМ25 і для вакуумних камер типу ГМ32 з керамічними корпусами, в котрих розташовано шість і більше струмоводів. Запропонований спрощений спосіб виготовлення керамічних корпусів герметизованих пристроїв з великою кількістю струмоводів, збільшувачи надійність паяних швів струмоводів з корпусом без застосування перехідних деталей між корпусом і струмоводами. Корпуси в герметизованих камерах виконують наступні функції: забезпечення міцності від впливу механічних, кліматичних та внутрішніх факторів; зберігання герметичності камери; забезпечення теплового режиму камери при комутації; забезпечення електричної ізоляції між струмоводами. Основною проблемою при проектуванні корпусів стало розміщення нерухомих тоководів у корпусах, з урахуванням їх раціонального розміщення і температурного поля, визначального режиму камери. Аналіз літературних даних показав, що завдання розміщення струмоводів /теплових джерел/ в ізолюваних корпусах герметизованих камер зводиться до завдання розміщення локальних джерел тепла в граничній області, коли стаціонарне температурне поле описується крайовим завданням Діріхле, котре вирішується відомими способами.

Завдання має свої особливості, зв'язані з системою обмежень геометричних та енергетичних умов, характерних тільки для герметизованих багатопозиційних камер.

Стан керуваної системи  $U(x, y)$  описується завданням типу

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \beta^2 U = -F \quad / 1 /$$

$$U|_S = T_0 \quad / 2 /$$

$$F = \begin{cases} 0, & (x, y) \in H_e \\ F_e, & (x, y) \in H_e \quad (e = 1, 2, \dots, m_1) \end{cases} \quad / 3 /$$

- де:  $F$  - функція розподілу теплових джерел;  
 $\beta$  - коефіцієнт теплоотводу з поверхні корпусу;  
 $T_0$  - задане постійне значення температури;  
 $m_1$  - кількість джерел у області;  
 $H_e$  - область  $e$ -го джерела.

Величина інтенсивності  $F_e$  джерел  $H_e$  розраховується для кожного струмоводу, оскільки контактна пара комутує свій ланцюг починаючи з 0,5 до 32 А. Система обмежень на взаємне розташування областей джерел: умови розташування джерел в області  $\Omega$   $\eta_e(x_e, y_e) \geq 0$  ( $e = 1, 2, \dots, m_1$ ) та умов взаємного перетину джерел  $\psi_{e,j}(x_e, y_e, x_j, y_j) \geq 0$  ( $e \neq j$ ).  
 Методи одержання нерівностей / 1 / - / 3 / й способи побудування обмежень розглянуті у ряді робіт. На ґрунті цих відомих робіт одержано рішення у вигляді:

$$U = T_0 + \sum_{i,j=1}^n C_{ij} \psi_{ij} \quad / 4 /$$

де:  $\psi_{ij}$  - системи координатних функцій,  $C_{ij}$  - коефіцієнти.  
 Для рішення поставленого завдання процес досягнення локального екстремуму алгоритмізований і використаний метод збудування функції

щільного розміщення. Розглянуті різні варіанти розташування джерел в області  $\Omega$ , яка є прямокутовою областю - ізоляційний корпус з розмірами  $q \times z$ . Мінючи координати джерел, розраховувався розподіл температурного поля у області, а змінюючи параметри області вибрані раціональні розміри корпусів.

При цьому виконувалася умова:

$$U(x, y) \Big|_{\substack{x=x_f \\ y=y_f}} \leq T_f \quad / 5 /$$

де:  $U(x, y)$  - рішення завдання / 1 / і / 2 / при фіксованому положенні джерел  $H_{m1}$ ;  $(x_f, y_f)$  - параметри розташування джерела  $H_f$  ( $f \in [1, 2 \dots m_1^1]$ ).

Найкорочша відстань між джерелами приймається  $\eta \geq 25$  мм /з урахуванням, що струмоводи комують ланцюгом з напругою 660 В/, а найкорочша відстань від найближчого джерела до кордону області  $S$  не менше  $\eta/2$ . На ґрунті збудованого алгоритму рішення, розглянуті випадки розміщення двох, або більше джерел. Відстань між джерелами вибрана виходячи з комуючих ними навантажень.

Для багатопозиційних герметизованих камер, призначених для роботи у допоміжних ланцюгах вакуумних контакторів, а комуючих три ланцюги на номінальні струми 1,0, 0,6, 10 А напругою змінного струму 36, 1140, 660 В відповідно, відстані між струмоводами виражається дорівняними  $a \approx q \geq 28$  мм,  $c \geq 5$  мм,  $f \geq 20$  мм. Проведені розрахунки розподілу температурних полів в ізольованих корпусах при розміщенні в них од 2 до 20 струмоводів /теплових джерел/ і визначені можливі області розміщення струмоводів за допомогою методу збудовання годографа функції щільного розміщення джерел. Розраховані параметри корпусів з раціонально розміщеними струмоводами у них для вакуумних камер та газонаповнених. Розрахунки проводилися на ЕОМ для струмоводів, виконаних з міді, вольфраму, берилієвої бронзи, комуючих струми від 4 до 32 А.

Четверта глава, присвячена розрахунку параметрів і розробки елементів конструкції багатопозиційних камер і особливостям їх роботи з вакуумними контакторами з застосуванням методів математичного моделювання. Для розрахунку основних технічних характеристик проаналізована їх робота в залежності від середовища, заповнюючого оболонку герметизованого пристрою, тиску, режимів роботи й приводного механізму.

Виявлені ґрунтовні фактори, що впливають на комутаційні характеристики, зокрема, на комутаційну здібність герметизованих пристроїв. Дослідження гранично вимірюваної здібності камер проведено з застосуванням методів планування багатофакторного експерименту, де ствір між контактами / А / та тиск у оболонці камери / F / вибрані як змінні фактори, а в якості функції реагування прийнята найбільша величина струму I. Рівняння регресії має вигляд:

$$I = 100,48 + 21,06 F + 53,94 A + 14,17 A - 103,9 F^2 - A^2 \\ 1,5 \cdot 10^5 \leq F \leq 2,4 \cdot 10^5 \text{ /мПа/}; \quad 0,8 \leq A \leq 4,4 \text{ /мм/}$$

У результаті обробки багатофакторного експерименту одержана адекватна модель. Максимальна погрішність моделі становить 5%. На ґрунті одержаних залежностей обрані створи контактів й тиску для герметизованих камер різних типів на номінальні струми до 25 А, 660 В. Виходячи з цього, були проведені розрахунки рухомих вузлів газонаповнених камер типів ГІМ25 з трьома контактними парами місточкового типу. Для розрахунку механічних характеристик запроваджений метод початкових параметрів, на ґрунті якого розраховані прогиби й переміщення якоря на будь якій з його ділянок з урахуванням контактих натисків, обумовлених значенням комутаційної здібності камери й обрані раціональні геометричні розміри окремих вузлів та камер в цілому. Проведений аналіз особливостей роботи вакуумних багатопозиційних камер з приводним механізмом вакуумних контакторів. Розроблена конструкція зворотного важеля вакуумного контактора та підвіс-

ка в системі пружин, призначена для з'єднання камер з зворотним важелем, забезпечуюча компенсацію тангенціальних зусиль, виникаючих при роботі приводу а також високий ресурс роботи такого передатного механізму.

Проведений розрахунок сил, діючих на рухомий вузол вакуумної багатопозиційної камери вбудованої у вакуумний контактор, розглянуті система приводних пружин й розраховані параметри гнучкого передатного елемента - сільфона, забезпечуючого герметичність камери й визначаючого своїм ефективним перерізом й шорсткістю контактні натиски контактних пар камери. Виходячи з висновків досліджень й проведених розрахунків виведені співвідношення раціональних геометричних параметрів багатоконтактних вакуумних камер.

Глава п'ята присвячена розробці й дослідженню герметизованих контактів для слабострумних ланцюгів, необхідних у першу чергу для допоміжних ланцюгів, герметизованих апаратів. Як показав аналіз, проведений у першій главі герсиони та герсикони по своїм технічним характеристикам забезпечують необхідну комутацію струмів, а найбільше застосований спосіб керування ними в керування постійними магнітами, або потоком розсіяння обмотками електромагніта контактора. Цьому був розглянутий вплив співвідношень параметрів магнітної системи й постійного магніту для стабільного спрацьовування герметизованих магнітокерованих пристроїв, а також була розроблена методика розрахунків параметрів таких систем. У досліджуемій системі постійний магніт - магнітокерований контакт мають два повітряних створи: робочий - розстань між контактами герметизованих пристроїв від 0,5 до 3 мм й неробочий - розстань між постійним магнітом і рухомих контактом в межах від 1 до 15 мм. Для розрахунку така система розкладена на дві підсистеми.

У першій - розраховувались складові частини герметизованих магнітокерованих пристроїв, внутрішні провідності системи. Магнітний

потік, створений магніторухомою силою, знаходився графічним методом. У другій системі проведений аналіз проектування постійних магнітів, вибрана низка матеріалів постійних магнітів для допоміжних контактів і розраховані їх габаритні розміри, обумовлені конструктивними особливостями блоку й відстані між магнітом і магнітокеруваними контактами. Застосований графоаналітичний метод і придбані рішення дасть можливість розрахувати низку варіантів постійних магнітів і обрати найбільш благоприємний за для вбудови його у блок допоміжного контакту, у якості керуючого елемента, змінюючи при цьому кількість замикаючих та розмикаючих пар. Розрахунки проводилися на ЕОМ. Проведені лабораторні дослідження герметизованих контактів на ґрунті герконів при керуванні потоком розсіювання обмотками електромагніту контактора з вакуумними контакторами типу КТ 12Р37. Геркони розташовувалися у блоку паралельно одне одному. Испити показали, що на обробку герконів значно впливають відстань від поверхні й основи котушок, поля випинання електромагніта, кут нахилу до осі котушки. На ґрунті проведеного аналізу й розглянутих варіантів допоміжного блоку на герконах обрані раціональні параметри пристрою й рекомендовані зони розташування відносно обмоток котушок вакуумного контактору, задовольняючи вимогам до експлуатації.

#### ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

I. Проведений аналіз стану розробок, виробництва і застосування низьковольтних комутаційних пристроїв на ґрунті герметизованих вакуумних і газонаповнених дугогасящих камер, як самостійних багатопозиційних апаратів і допоміжних апаратів для ланцюгів керування вакуумними контакторами. Показані спільність низки фізичних процесів, конструктивних і технологічних принципів збудування цих апаратів і деяких типів виробів світлотехнічного виробництва.

2. На ґрунті проведених розрахунків і експериментальних досліджень температурних полей струмопроводу з різних матеріалів герметизованих камер, корпусів цих камер і контактних систем різного типу, розроблені низьковольтні комутаційні пристрої з багатопозиційними контактними системами розташованими у герметизованих вакуумних і газонаповнених камерах.

3. Встановлені основні залежності робочих характеристик герметизованих багатопозиційних комутаційних пристроїв від конструктивних параметрів, середовища, тиску усереднені оболонки, контактних натисків й створів контактів.

4. Проведені розрахунки і експериментальні дослідження ґрунтовних вузлів багатопозиційних вакуумних камер з механічним приводом і газонаповнених магнітокерованих камер, конструктивних елементів приводного механізму вакуумних контакторів.

5. На ґрунті розрахунків й експериментів розроблені магнітокеровані герметизовані пристрої для слабкострумних ланцюгів керування апаратів низької напруги.

6. Освоєно виробництво вакуумних контакторів серії КМГР, в яких використані результати дисертаційної роботи.

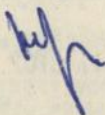
Низка результатів роботи прийнята до втілення на ВО "Поллярон". Ґрунтовні положення й висновки досліджень використовувались в умовах промислового освоєння виробництва низьковольтних газонаповнених камер на номінальні струми 10, 25, 660 В.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНИЙ В РОБОТАХ:

1. Намітоков К.К., Сокіл О.О., Солопихін Д.П., Курицька І.М. Герметизований вимикач. Авт. свідоцтво СРСР №397989.
2. Намітоков К.К., Сокіл О.О., Солопихін Д.П., Курицька І.М. Вакуумний комутаційний пристрій. Авт. свідоцтво СРСР №1394264.
3. Намітоков К.К.; Сокіл О.О., Солопихін Д.П., Курицька І.М. Контактний пристрій, Авт. свідоцтво СРСР №1508290.
4. Намітоков К.К., Курицька І.М., Солопихін Д.П. Вакуумна дугогасяща камера. Авт. свідоцтво СРСР №1636865.
5. Шевченко С.М., Курицька І.М. Вакуумна дугогасяща камера. Авт. свідоцтво СРСР №1150674.
6. Шевченко С.М., Курицька І.М. Електричний контакт для вакуумного вимикача. Авт. свідоцтво СРСР №1206850.
7. Сокіл О.О., Солопихін Д.П., Тугадей В.Я., Яковлев В.М., Курицька І.М. Вакуумний вимикач. Авт. свідоцтво СРСР №1332407.
8. Сокіл О.О., Солопихін Д.П., Тугадей В.Я., Яковлев В.М., Курицька І.М. Вакуумний вимикач. Авт. свідоцтво СРСР №1332407.
9. Солопихін Д.П., Курицька І.М. Герметизовані допоміжні контакти для вакуумних контакторів. Низьковольтні апарати для енергосистем і електроприводів. Сб. науков. робіт м. Харків, 1986, с. 98-104.
10. Солопихін Д.П., Курицька І.М. Застосування герконів для допоміжних ланцюгів контакторів // Низьковольтні апарати захисту й управління. Сб. науков. робіт. м. Харків, 1987, с. 122-131.
11. Курицька І.М., Багатопозиційні допоміжні контактні пристрої до вакуумних контакторів // Роботи семінарів наукової ради АН УРСР по комплексній проблемі. "Наукові засади електроенергетики" м. Київ, 1987.

12. Курицька І.М. Герметизовані допоміжні контакти для вакуумних контакторів. //Роботи семінарів наукової ради АН УРСР щодо комплексної проблеми. "Наукові засади електроенергетики" м. Київ, 1987.

13. Солопихін Д.П., Курицька І.М. Силові вакуумні контактори напругою до 1500 В. //Сер. 07. Електричні апарати низької напруги. Огляд інформ. 1991, с. 1-60.



457308

**Ав 30.111**

Формат 60x84 1/16

Тираж 100 экз. Заказ № 654

---

Друкарня АТ ЕНАС

м. Харків, Московський пр., 138 а