

Кабінет Міністрів України
Національний аграрний університет

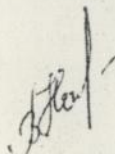
На правах рукопису

Наливайко Віталій Адамович

**ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ, ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ
ДОРОГОЦІННИХ МЕТАЛІВ В АВТОМАТИЧНИХ ВИМИКАЧАХ, ЯКІ ПРА-
ЦЮЮТЬ В СКЛАДІ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК ТВАРИНИЦТВА.**

Спеціальність: 05.20.02- застосування електротехнологій
в сільськогосподарському виробництві.

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового ступеню
кандидата технічних наук



Київ - 1995

Робота виконана на кафедрі електричних машин та експлуатації електрообладнання Національного аграрного університету

Наукові керівники: доктор технічних наук,
професор В. І. Міщенко
кандидат технічних наук,
доцент С. П. Коханівської

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,
професор В. В. Овчаров
кандидат технічних наук,
І. К. Тетянич

Провідна установа: Український науково-дослідний інститут механізації та електрифікації сільського господарства ААН України.

Захист дисертації відбудеться " 2 " жовтня 1995 р.
о " 14 " годині на засіданні спеціалізованої ради Д 01.05.05
Національного аграрного університету за адресою: 252041,
м. Київ, 41, вул. Героїв Оборони, 12, ауд. 26.

Просимо взяти участь у роботі спеціалізованої вченої ради або надіслати відгук на автореферат в 2-х примірниках завірених печаткою за адресою 252041, м. Київ, 41, НАУ, вул. Героїв Оборони, 15, сектор захисту дисертацій.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного аграрного університету.

Автореферат розісланий " 2 " жовтня 1995 р.

Вчений секретар спеціалізованої
ради, кандидат технічних наук

Л. П. Тимченко Л. П. Тимченко

ЛІБ ім. В. Стефаника
АН України

ЛІБ України ім. В. Стефаника



00777078 (-)

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

1.1 Актуальність роботи

В комплексі заходів, направлених на розвиток електрифікації сільського господарства, немаловажне значення займають питання підвищення роботовадатності, експлуатаційної надійності автоматичних вимикачів, зменшення та повне виключення використання в них срібно-вмістких контактних матеріалів.

В основному контактні матеріали виготовляються на основі срібла. В низьковольтних комутаційних апаратах затрати на контакти на основі срібла досягають рекордного рівня 65% від вартості апарату. В зв'язку з постійним ростом цін на срібло, запаси якого в Україні відсутні, існує життєво необхідна проблема його заміни іншими матеріалами, зміни функціональних можливостей контактного апарату та пошуку нових нетрадиційних шляхів, деякі з яких були відомі і раніше, однак за економічних причин не розглядалися. Недоліком срібла, як контактного матеріалу є схильність до утворення темних діелектричних плівок в результаті взаємодії з сірководнем, аміаком при підвищенні вологості, що характерно при роботі контактних апаратів в середовищі тваринницьких приміщень.

Враховуючи конкретні умови експлуатації електричних апаратів, та зважаючи на досягнення в розробках контактних матеріалів, існує можливість часткової заміни контактних матеріалів на основі срібла, композиційними матеріалами на основі міді з добавками тугоплавких металів та сполук, які сприяють стабілізації контактного опору.

Не менш важливим для вирішення цієї проблеми є розробка нових нетрадиційних способів технічного обслуговування, перевірки та налагодження електричних апаратів.

1.2 Мета та завдання роботи.

Розробка заходів, що дозволяють зменшити та зовсім виклю-

чити витрати срібновмістких матеріалів та ефективно використовувати наявні в електричних апаратах срібновмісткі матеріали в процесі експлуатації і при ремонті низьковольтних комутаційних апаратів, та пошук нових нетрадиційних способів технічного обслуговування електричних апаратів сільськогосподарського виробництва.

Для досягнення поставленої мети слід вирішити такі завдання.

1. Розробити технічні вимоги до матеріалів контактів електричних апаратів, що експлуатуються в тваринницьких приміщеннях.
2. Розробити контактні матеріали на основі міді, які б могли використовуватися в електричних апаратах, що встановлені в сільськогосподарських приміщеннях.
3. Розробити технологію ремонту контактних вузлів для умов сільськогосподарського виробництва з застосуванням нових спечених контактних матеріалів на основі міді.
4. Розробити способи і технічні засоби перевірки та технічного обслуговування комутаційних апаратів.

Об'єкти досліджень. Об'єктами досліджень є фізичні процеси в автоматичних вимикачах, які працюють в складі електрообладнання тваринницьких ферм і комплексів.

Методи досліджень. Для встановлення закономірностей зміни технічного стану автоматичних вимикачів в залежності від різних типів контактних матеріалів, форм технічного обслуговування, умов і режимів експлуатації використовувалися відомі і розроблені детерміновані і ймовірнісні математичні та фізичні моделі автоматичних вимикачів. Експериментальні дослідження в лабораторних умовах проводилися на спеціальному стенді з використанням кламатичної камери. Експериментальні дані оброблялися з допомогою ЕОМ з використанням методів математичної статистики та теорії ймовірностей.

1.3 Наукова новизна.

Розроблені математичні моделі з програмним забезпеченням для дослідження теплових процесів у контактних вузлах автоматичних вимикачів, які працюють в складі електрообладнання тваринництва.

Розроблені принципи виготовлення нових спечених контактних матеріалів на основі міді для контактних апаратів, що працюють з умовах сільськогосподарського виробництва, до складу яких не ходить срібло.

Розроблена технологія ремонту контактних вузлів автоматичних вимикачів з використанням спечених контактних матеріалів на основі міді, які повністю виключають використання срібно-містких матеріалів.

Розроблені способи підвищення експлуатаційної надійності комутаційних апаратів, що працюють в складі електрообладнання тваринництва.

1.4 Практична цінність і реалізація роботи

Проаналізовані умови роботи електричних апаратів в тваринницьких приміщеннях.

Розроблений новий спечений контактний матеріал на основі міді (патент N1792445). Проведені лабораторні і виробничі дослідження нового матеріалу з метою оцінки електроерозійної стійкості, стійкості проти зварювання, тривалості горіння дуги, а також рентгеноспектральні дослідження та механічні випробування. Результати досліджень та випробувань дозволяють зробити висновок щодо можливості застосування нового матеріалу для виготовлення контактів комутаційних апаратів, що працюють в умовах сільськогосподарського виробництва.

Розроблена технологія ремонту контактних вузлів з використанням розроблених спечених контактних матеріалів на основі

міді, яка впроваджена у Меджибізьському ремонтно-транспортному підприємстві, в Київському ремонтно-експлуатаційному депо №1 та Київських ремонтних майстернях і дала сумарний економічний ефект 500 млн. крб.

Розроблений і впроваджений у виробництво спосіб перевірки захисних пристроїв та пристрій для його здійснення (а. с. № А. с. № 1778813 МКИ 5 Н01Н 69/01).

Розроблений і впроваджений у виробництво спосіб прискореної перевірки пристроїв захисту трифазних електродвигунів (А. с. № 1718293, МКИ 5 Н 01 Н 69/01, Н 02 Н 7/09).

Розроблений спосіб очищення поверхні контактування електричних контактів електричною дугою при комутації штучно викликаних струмів відсічки електромагнітних розчіплювачів (А. с. № 1756970 МКИ 5 Н01Н 73/04, G05В 23/02).

1.5 Апробація роботи.

Матеріали роботи доповідались на наступних конференціях та науково-технічних семінарах: Всесоюзна школа-семінар "Електричні контакти. Шляхи підвищення якості і надійності", м. Київ, ІПМ АН УССР. 1987, VI Всесоюзна науково-технічна конференція "Стан і перспективи розвитку виробництва апаратів низької напруги", м. Харків, 1990, Республіканська конференція "Задачі трибології в проблемі підвищення якості, надійності і довговічності машин", м. Київ, 1990 р., Школа-семінар "Електричні контакти. Шляхи підвищення якості і надійності", м. Київ, ІПМ АН УССР. 1994, Щорічні науково-практичні конференції Національного аграрного університету.

Публікації: Основний зміст дисертації опублікований у 16 друкованих роботах, серед яких 8 авторських свідоцтв на винаходи та 1 свідоцтво на патент.

Структура і об'єм роботи: Дисертаційна робота складається

в вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку літератури і додатків. Робота викладена на 180 сторінках машинописного тексту, включає 25 таблиць, 50 рисунків, 100 бібліографічних посилань, додатки (15 сторінок).

1.6 На захист виносяться:

Математичні моделі теплових процесів контактних вузлів автоматичних вимикачів та програмне забезпечення для їх реалізації.

Спечений контактний матеріал на основі міді для контактних апаратів, що працюють в умовах тваринницьких ферм.

Технологія ремонту контактних вузлів з використанням розроблених спечених контактних матеріалів на основі міді.

Спосіб перевірки захисних пристроїв.

Спосіб прискореної перевірки захисних пристроїв трифазних електродвигунів.

Спосіб очищення поверхні електричних контактів.

2. ЗМІСТ РОБОТИ

2.1 У вступі викладені обґрунтування актуальності теми дисертаційної роботи, мета і завдання досліджень, сформульована наукова новизна, практична цінність та реалізація досягнутих результатів, а також приведені положення, які виносяться на захист.

2.2 Перший розділ "Аналіз стану експлуатації автоматичних вимикачів в сільськогосподарському виробництві" дисертаційної роботи присвячений аналізу літературних джерел з питань експлуатації автоматичних вимикачів в умовах тваринництва, шляхів та перспектив зниження і повного виключення застосування дорогоцінних матеріалів у контактних вузлах, передових способів технічного обслуговування електричних апаратів у сільському господарстві.

Електричні апарати у більшості випадків не відповідають вимогам щодо захисту від впливу навколишнього середовища. Так, наприклад, відповідно до технічної документації автоматичні вимикачі мають експлуатуватися в атмосфері, що не вміщує агресивних газів, рідин та пилу. Оскільки реальні умови інші, то у господарствах щорічно виходять з ладу до 17% магнітних пускачів і 15% автоматичних вимикачів. Строк служби комутаційних апаратів складає не більше 5 років, при цьому частота відмов у 2-2,5 рази більша, ніж для аналогічних апаратів у промисловості.

Найбільш поширеним контактним матеріалом є композиції срібло-оксид кадмію, срібло-нікель. В автоматичних вимикачах, де особливо важливий високий опір до зварювання, застосовують різномірні контактні пари. Особливо ефективні матеріали, що містять графіт. Частинки графіту є менш теплопровідними ніж матриця і тому опорна точка дуги переміщується по поверхні контакту, поражаючи найменш теплопровідні частинки графіту, що в кінцевому результаті приводить до дестабілізації дуги. В парі з цим матеріалом застосовують мідь або срібло-нікель, що сприяє прискоренню руху дуги.

У ряді праць подані результати наукових досліджень щодо можливості заміни контактів на основі срібла мідними контактами. В результаті перевірки відповідних теоретичних гіпотез у вимикачах типу EL (Німеччина) з номінальною силою струму 200-800 А на головних і дугогасильних контактах одержаний позитивний результат, як у лабораторних умовах, так і в виробничих. Заміна срібломістких контактів на мідні у вимикачах стала можливою завдяки особливостям конструкції контактних систем. Поверхня рухомого контакту цих вимикачів має форму напівсфери, нерухомого - форму конуса, що приводить до часткового ковзання

контактів, а внаслідок таких мікропереміщень досягається руйнування оксидних плівок на поверхні контактування.

Сформульовані основні завдання досліджень.

2.3 Другий розділ "Програма і методики експериментальних досліджень" дисертаційної роботи присвячений розробці методик та лабораторних стендів для випробування електричних апаратів з розробленими контактними матеріалами. Ерозійна стійкість визначалась шляхом кількісної оцінки зміни маси контактів за визначене число комутацій електричного кола у трьох режимах роботи: комутація номінального струму в режимі АС-З; комутація струму відсічки електромагнітного розчіплювача; комутація струмів граничної комутаційної здатності.

Розроблена лабораторна установка для випробування контактних апаратів у режимі комутації АС-З. Вона складається з джерела змінного струму, апарату, на який встановлюють експериментальні контакти, трифазного активно-індуктивного навантаження, блоку керування та комплексу вимірювальних приладів.

Для випробування контактів на ерозійну стійкість при струмах комутації більших 80 А була розроблена лабораторна установка синтетичних випробувань, в якій процес комутації та протікання струму в замкненому стані контактів є результатом дії декількох джерел струму.

Для дослідження короткочасних процесів, які не повторюються, створений обчислювально-вимірювальний комплекс на базі персональної ЕОМ, до складу якого входять персональна ЕОМ з набором стандартного периферійного обладнання, аналого-цифровий перетворювач, цифро-аналоговий перетворювач та інтерфейс зв'язку.

Для проведення мікроструктурних досліджень використовували скануючий електронний мікроскоп Скан S4-10 з мікрорентгеноспектральною приставкою Link System - 290.

У ході досліджень визначались також і інші фізичні параметри контактів: питомий електричний опір, твердість, питома вага, контактний опір, температура нагрівання під час роботи, стійкість проти зварювання та ін.

2.4 У третьому розділі "Експериментальні дослідження роботи контактних вузлів та розробка заходів для вилучення з них дорогоцінних металів" дисертаційної роботи описані результати теоретичних досліджень роботи автоматичних вимикачів з новими контактними матеріалами на основі міді в сільськогосподарських електроустановках

Вивчалися режими роботи низьковольтних комутаційних апаратів у 6 господарствах, які розташовані в різних регіонах України. В загальному обстежено біля 9800 апаратів. Результати обстежень утворюють дискретний варіаційний ряд, які з найбільшою ймовірністю описуються розподілом Грамма-Шарльє. Функція розподілу має вигляд:

$$m(x) = \frac{n \cdot \Delta x}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} \left[1 + \frac{2s}{6}(x^3 - 3x) + \frac{2t}{24}(x^4 - 6x^2 + 3) \right]$$

Теоретичний розподіл числа апаратів у залежності від числа комутацій та їх процентний склад зображені на рис. 1 та 2.

Дослідження показали, що із-за специфічних особливостей сільськогосподарського виробництва за частотою комутацій переважну більшість складають апарати з максимальною комутаційною здатністю 50 тис. циклів в розрахунку на 10 річний період експлуатації. Таким чином, для потреб електроустановок сільського господарства слід розширити номенклатуру електричних апаратів, які б відрізнялися по класу зносостійкості в сторону її обґрунтованого зменшення.

Зроблена спроба заміни серійних контактних матеріалів новими матеріалами, які не містять в своєму складі срібло. Осно-

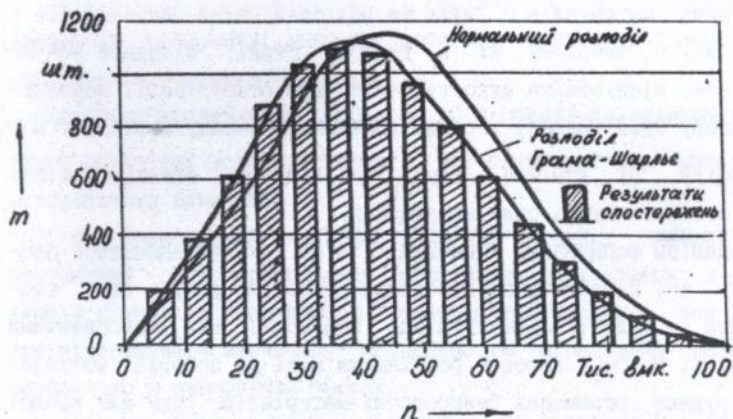


Рис. 1. Розподіл числа апаратів / m / в залежності від числа комутацій / n / за розрахунковий 10 річний період експлуатації

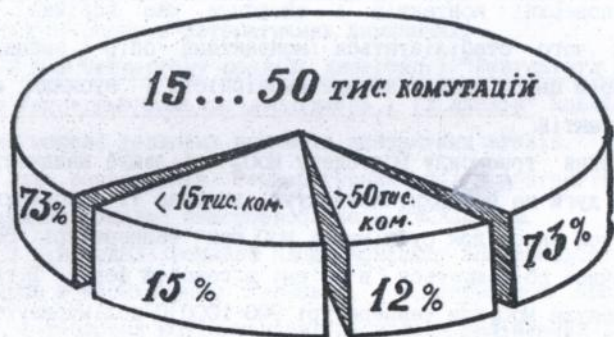


Рис. 2. Процентний склад числа апаратів в залежності від числа комутацій, необхідного для 10 річного ресурсу роботи

вою таких матеріалів є мідь та молибден, який не взаємодіє з міддю ні в твердому, ні в рідкому стані, підвищує значно твердість, міцність та дугостійкість. Для стабілізації контакт-ного опору були введені легуючі домішки триоксиду молибдену MoO_3 і графіту. Ці домішки також підвищують електроерозійну стійкість і знижують силу зварювання.

Механізм формування композиції із Mo і Cu визначається процесами, які проходять на поверхнях розподілу фаз, а саме, змочуванням та агдезією. Відсутність взаємодії між компонентами композиції Mo-Cu і неповне розтікання міді на поверхні молибдену утруднює отримання безпористих матеріалів. Тому для кращої взаємодії на межі розділу Cu-Mo в композицію вводиться нікель в межах 0,8-1 % мас. Легування нікелем суттєво впливає на механізм руйнування контактів, що визначає їх електроерозійну стійкість.

При горінні електричної дуги графіт нагрівається до температури 3700°C і вище, сублимує і переходить у відновлювальний газ CO , CO_2 , який з дугового каналу і простору навколо нього забирає кисень, що в кінцевому результаті запобігає окисленню робочої поверхні контактів і скорочує час горіння дуги, внаслідок чого стабілізується контактний опір і зменшується ерозія. Крім цього графіт знижує ймовірність і зусилля зварювання контактів.

Введення триоксиду молибдену MoO_3 збільшує швидкість переміщення дуги на поверхні контакту і видає її з поверхні. Це відбувається внаслідок сублимації MoO_3 при температурі 650°C , який значно збільшується в об'ємі в газовій формі. В газовій формі молекули MoO_3 при температурі $900-1000^\circ\text{C}$ полімеризуються у більш складні сполуки, що забирає частину енергії дуги. Потенціал іонізації MoO_3 значно вищий, ніж в атомів Cu і Mo , що

деіонізує дугу і скорочує час її горіння. Все це приводить до зменшення окислення робочої поверхні контактів і зберіганню стабільного контактного опору.

Однчасне введення Mo , MoO_3 , Ni , C в певних співвідношеннях надає матеріалу такі властивості, які необхідні для матеріалів автоматичних вимикачів.

Для визначення міри впливу хімічно-активних елементів на контактний опір проводилися спеціальні дослідження у кліматичній камері із спеціальною герметичною приставкою, яка дозволяє підтримувати визначену концентрацію агресивних газів та паралельно в виробничих умовах.

Оцінка інтенсивності росту сторонніх включень здійснювалась шляхом вимірювання контактного опору.

Дослідження роботи контактів у нормальній атмосфері при комутації струму 50 А напругою 380 В показало значне збільшення контактного опору за 1500 циклів напрацювань при подальшому його зменшенні. Оскільки летючі елементи Ni , домішки графіту і триоксиду молібдену складають невеликий процент по відношенню до міді і молібдену, то взаємодія міді і молібдену з навколишнім середовищем служить фактором, який визначає значення контактного опору в автоматичних вимикачах.

2.5 У четвертому розділі дисертації "Результати теоретичних та експериментальних досліджень і їх аналіз" наведені математичні моделі теплових процесів контактних вузлів.

Для розрахунків температурних полів контактів прийнята циліндрична модель, яка розроблена С.Н. Харінім.

У цій моделі реальна площа контакту замінюється ідеальним циліндром з нескінченною тепловою і електричною провідністю, струм і тепловий потік направлені вздовж радіальних ліній. Так як товщина оксидних плівок досить мала, то можна вважати їх

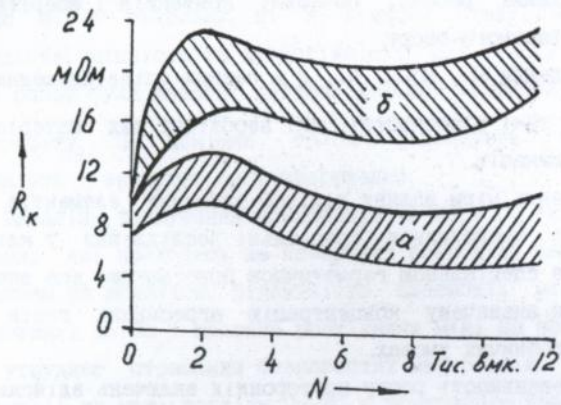


Рис. 3. Флуктуція перехідного опору контактних матеріалів на основі міді, (Cu-Mo-MoO₃-C):
а) при роботі в атмосфері, яка не містить агресивних газів; б) при роботі в агресивному середовищі.

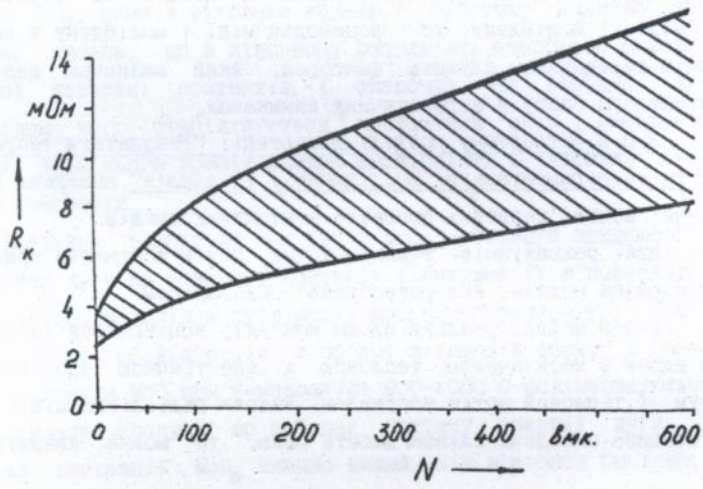


Рис. 4. Флуктуція перехідного опору контактних матеріалів на основі міді, (Cu-Mo-MoO₃-C) у автоматичних викиачів АЕ 2056 при комутації струмів короткого замикання.

практично відсутніми та допускати, що тепловий опір восереджений на поверхні, при переході від одного електроду до іншого температура змінюється скачком на величину $T_2(b,t) - T_1(b,t)$.

При комутації великих струмів потік енергії дуги, викликає досить великий перепад температур, що призводить до плавлення, випаровування та розбризгування металу. Нелінійна задача теплопровідності металу розв'язується з врахуванням плавлення і випаровування аналітичними наближеними методами з використанням числового інтегрування.

Нестационарне температурне поле $T(r,z,t)$ контакту, на яке діє тепловий потік $P(r,t)$ дуги з опорним радіусом r_0 , плавиться і випаровується починаючи з моменту часу $t=t_n$, описується наступним рівнянням:

$$\frac{dT}{dt} = d^2 \left(\frac{d^2 T}{dz^2} + \frac{1}{z} \cdot \frac{dT}{dz} + \frac{d^2 T}{dz^2} \right),$$

в області: $t > t_n, z > 0; z > d(t), U \{ z > \eta(z,t), 0 < z < d(t) \}$
при таких умовах:

$$T|_{t=t_n} = \frac{1}{2d\lambda\sqrt{\pi}} \int_0^{t_n} \frac{d\tau}{(t_n-\tau)^{3/2}} \cdot \int P(z,\tau) \times \exp\left[-\frac{z^2 + z_1^2 + z_2^2}{4d^2(t_n-\tau)}\right] \times \\ \times \left[\frac{z \cdot z_1}{2d^2(t_n-\tau)} \right] \cdot z_1 \cdot dz_1,$$

$$-\lambda \frac{dT}{dz} = P(z,t) - Q_s(z,t), \quad z > d(t),$$

$$T|_{z=\eta(z,t)} = T_n, \quad z \leq d(t),$$

$$-\lambda \left[1 + \left(\frac{dz}{dz} \right)^2 \right] \frac{dT}{dz} \Big|_{z=\eta(z,t)} = P(z,t) - Q(z,t), \quad z \leq d(t),$$

де: T_n - температура плавлення; λ, α - коефіцієнти тепло- і температуропровідності; $z = z(r, t)$ - рівняння границі зони розплаву; $a(t)$ - радіус розплавленої зони.

Енергія дуги W витрачається на нагрівання до температури плавлення Q_n і на плавлення контактного матеріалу $Q_{пЛ}$;

$$W = Q_n + Q_{пЛ};$$

Потік теплоти, який витрачається на фазові перетворення визначається з рівняння:

$$Q(r, t) = Q_n(r, t) + Q_{пЛ}(r, t),$$

де: потік теплоти, який іде на плавлення: $Q_n(r, t) = L_n \frac{dz}{dt}$,
потік теплоти, який іде на випаровування:

$$Q_{пЛ}(r, t) = \frac{\lambda \cdot L_n}{T_0} \exp\left(-\frac{r}{T_0}\right),$$

Кількість тепла, яка необхідна для нагрівання поверхні контакту до температури плавлення $T_{пл}$ за час t визначаємо із рівняння теплопровідності, вважаючи, що джерело тепла діє на поверхні контакту S на відстані l від протилежної грані, з якої проходить тепловіддача у навколишнє середовище.

$$\frac{dT(x, t)}{dt} = a \frac{d^2 T(x, t)}{dx^2} \quad (t > 0; 0 < x < \infty)$$

Граничні умови $T(x, 0) = 0$, $T(\infty, t) = 0$, тобто перепад температур маси контакту у середовищі, в початковий момент рівний нулю.

Рівняння тепловіддачі з протилежної сторони контакту

$$-\frac{dT(x, t)}{dx} + H \cdot T(x, t) = 0;$$

де: $d = \lambda / c \cdot \rho$ - коефіцієнт температуропровідності;
 c - питома теплоємність матеріала (ізохорна);

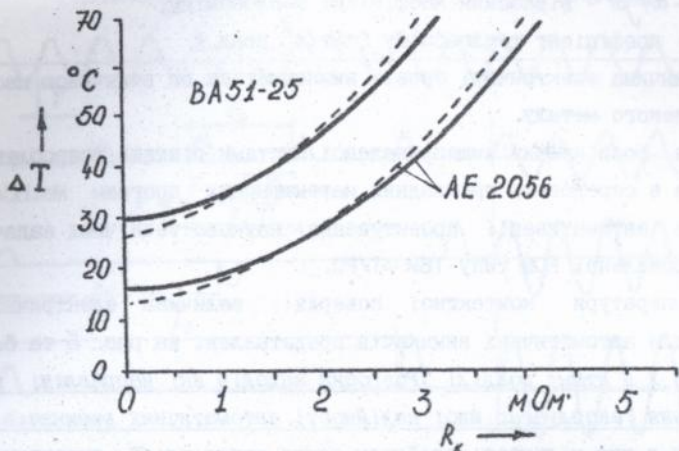


Рис. 5. Перевищення температури контактів автоматичних вимикачів в залежності від величини контактного опору; — — — теоретичні дані, - - - експериментальні дані.

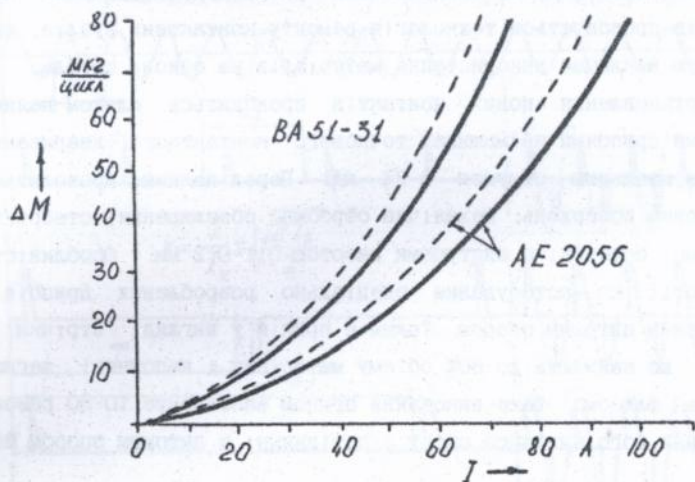


Рис. 6. Залежність електричної ерозії контактів автоматичних вимикачів від величини струму комутації; — — — теоретичні дані, - - - експериментальні дані.

α - коефіцієнт теплопровідності ($\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{град}$);

$N = d/\rho$ - відносний коефіцієнт теплообміну;

d - коефіцієнт теплообміну ($\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{град}$.)

Величина електричної ерозії визначається за величиною маси розплавленого металу.

Для розв'язання вищеприведеної системи рівнянь розроблена програма в середовищі прикладних математичних програм MathCAD (система автоматизації проектування науково-технічних задач) для персональної ЕОМ типу IBM AT/PC.

Температури контактної поверхні, величина електричної ерозії для автоматичних вимикачів представлені на рис. 5 та 6.

2.6 У п'ятому розділі "Розробка заходів які направлені на підвищення експлуатаційної надійності автоматичних вимикачів і зниження в них кількості срібновмістких матеріалів" дисертації описані технічні та організаційні заходи для підвищення експлуатаційної надійності автоматичних вимикачів і зниження в них вмісту дорогоцінних металів.

Для практичного використання розроблених контактних матеріалів пропонується технологія ремонту контактних вузлів, яка повністю виключає використання матеріалів на основі срібла.

Встановлення нових контактів проводиться шляхом паяння твердими припоями на машинах точкового контактного зварювання із зварювальним струмом 8-24 кА. Перед паянням проводиться підготовка поверхонь: механічна обробка, обезжирення, створення рельєфної поверхні з виступами висотою 0,1-0,2 мм. Особливістю технології є застосування спеціально розроблених припоїв з підвищеним питомим опором. Таким є припій у вигляді стрічки в порами, що займають до 80% об'єму матеріалу і заповнені легколетючим флюсом. Таке виконання припою забезпечує 10-50 разове зростання його питомого опору у порівнянні з питомим опором йо-

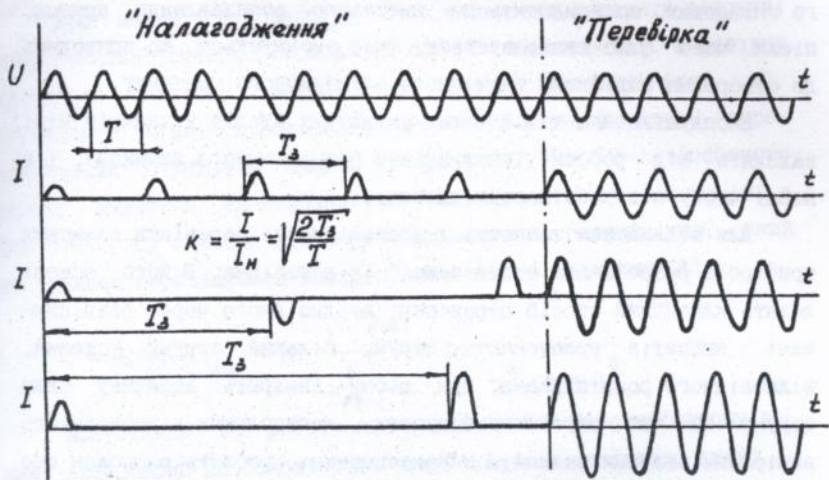


Рис. 7. Осцилограми напруги та струму при перевірці захисних пристроїв згідно а. с. № I778813 зміною амплітудних значень сили випробувального струму.

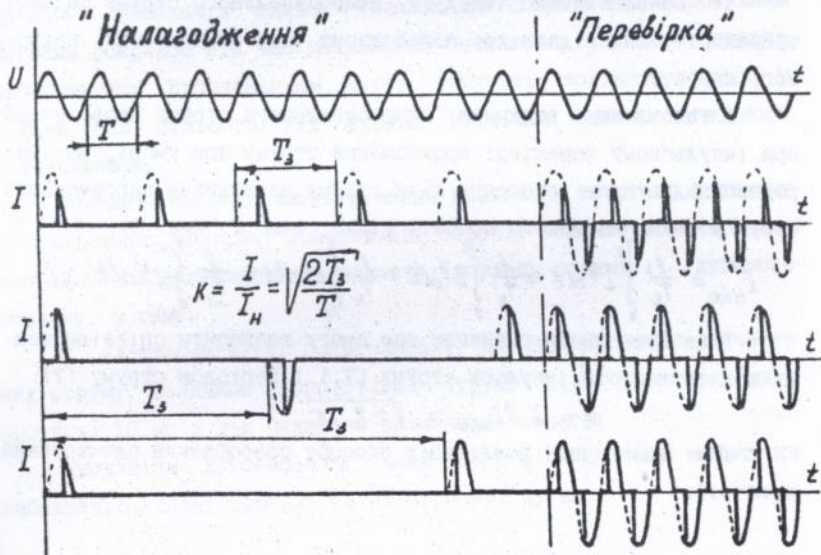


Рис. 8. Осцилограми напруги та струму при перевірці захисних пристроїв згідно а.с. № I778813 зміною середньоквадратичних значень сили випробувального струму за період

го складових, що приводить до миттєвого розплавлення припою, після чого флюс випаровується, опір зменшується, що приводить до створення надійного та міцного електричного контакту.

Експлуатаційна надійність контактних вузлів у значній мірі залежить від роботи інших вузлів автоматичного вимикача, і в першу чергу від роботи розчіплювачів.

Для підвищення точності і достовірності перевірки захисних пристроїв розроблений новий спосіб їх перевірки. В його основі лежить класичний спосіб перевірки, згідно якого через розчіплювачі апаратів пропускають струм, більший струму уставки, відповідного розчіплювача, при цьому вимірюють величину сили струму та час спрацювання апарату, контролюючи відповідність вимірних величин захисній характеристиці, роблять висновки про стан апарату.

Суттєвими відмінностями розробленого способу є:

- миттєве встановлення величини випробувального струму;
- забезпечення імпульсу випробувального струму заданої тривалості, яка відповідає каталожному часу спрацювання захисного апарату.

Встановлення величини випробувального струму проводиться при імпульсному характері проходження струму при умові, що середньоквадратичне значення сили струму не повинне перевищувати струм уставки захисного апарату (I_y), (рис. 7, рис. 8):

$$I_{НОМ}^2 = \frac{1}{T_3} \int_0^{T_3} i^2 dt = \frac{1}{T_3} \int_0^{T/2} i^2 dt + \frac{1}{T_3} \int_{T/2}^{T_3} i^2 dt = \frac{1}{T_3} \int_0^{T/2} i^2 dt$$

Розв'язок цього рівняння дає змогу визначити співвідношення між тривалістю імпульсу струму (T_3) і періодом струму (T):

$$K = I / I_{НОМ} = \sqrt{2 T_3 / T}$$

Для практичної реалізації способу розроблений електронний пристрій.

Для малих господарств, де в більшості випадків відсутні випробувальні стенди розроблений спосіб прискореної перевірки пристроїв захисту асинхронних електродвигунів (рис. 9). Суттєвою відмінністю розробленого способу є те, що струм переваження отримують шляхом створення штучного неповнофазного режиму живлення електродвигуна за рахунок вимикання однієї з фаз статорної обмотки від мережі живлення на певний час, який не повинен перевищувати наперед визначеного значення (t),

$$t = 0,685 \cdot (t_{\text{доп}} / \ln \frac{k_{\text{пуск}}^2}{k_{\text{пуск}}^2 - 1}) \cdot \ln \frac{I^2}{I^2 - 0,5 \cdot I_{\text{ном}}^2}$$

Допустимий час роботи електродвигуна у неповнофазному режимі визначений на основі розв'язку рівняння теплового стану.

Застосування даного способу дає змогу спростити перевірку і зменшити її трудомісткість та собівартість.

Розроблений новий спосіб очищення поверхні контактів автоматичних вимикачів шляхом випалювання короткочасним потужним дуговим розрядом під час розмикання контактів. Дуговий розряд забезпечують пропусканням через замкнуті контакти струму, у 1,25-2 рази більшого від струму відсічки електромагнітного розчіплювача.

Особливість технічного рішення полягає в тому, що в самому автоматичному вимикачі зосереджені основні механізми, які синхронізують та визначають тривалість імпульсу струму і дугового розряду, а саме:

- електромагнітні розчіплювачі, які при проходженні через них струму, величина якого більша струму відсічки, приводять протягом 10 мс в дію механізм вимикання апарату;

- механізм дугогасіння, який разом з механізмом вимикання забезпечує задану тривалість електричної дуги.

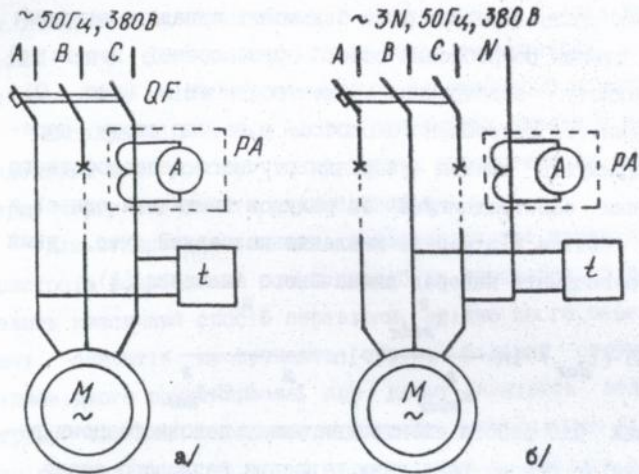


Рис. 9. Схеми електричні принципальні прискореної перевірки і налагодження захисних пристроїв шляхом:
 а) штучного створення двофазного режиму живлення;
 б) штучного створення однофазного режиму живлення.

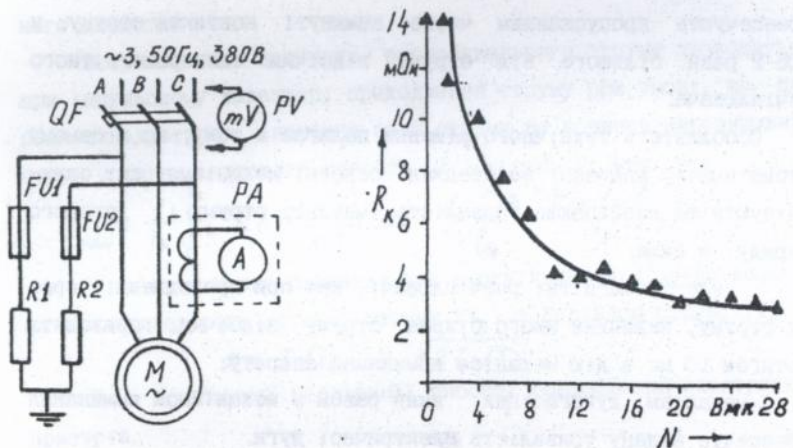


Рис. 10. Очищення поверхні контактів за допомогою електричної дуги комутації струмів короткого замикання:
 а/ схема електрична принципальна;
 б/ залежність контактного опору від кількості комутацій

Як показують проведені експериментальні дослідження для очищення поверхні контактування достатньо 10-20 вмикань автоматичного вимикача.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ РОБОТИ

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження роботи автоматичних вимикачів в умовах тваринницьких ферм і комплексів дозволяють зробити наступні основні висновки:

1. Електричні апарати, що випускаються промисловістю і широко застосовуються у сільськогосподарському виробництві не відповідають вимогам щодо захисту від впливу агресивного навколишнього середовища.

2. Розроблені лабораторні установки для дослідження електроерозійної стійкості контактів та методики досліджень. Для дослідження швидкопротікаючих процесів, які не повторюються створений обчислювально-вимірювальний комплекс на базі персональної ЕОМ типу IBM PC/AT та програмне забезпечення на мові програмування високого рівня "Турбо-Паскаль 6.0".

3. Проведені дослідження фактичних режимів роботи комутаційних апаратів сільськогосподарського виробництва дозволяють зробити висновок, що з метою суттєвого зменшення витрат дорожніх металів необхідно:

- виготовляти контактні вузли з ресурсом по зносостійкості відповідно до фактичних режимів роботи сільськогосподарського технологічного обладнання, величина якого повинна бути для більшості апаратів на порядок меншою в порівнянні з апаратами в промисловості;

- розробляти схеми керування технологічним обладнанням з мінімальною кількістю пар контактів, використовуючи при цьому можливості додаткових контактів та розчіплювачів для виконання функцій блокування, захисту та сигналізації.

4. Експериментальні дослідження роботи серійних

срібновмістких контактних матеріалів показали, що при наявності хімічно-активних елементів вони відзначаються підвищеним перехідним опором.

5. Розроблений новий спечений контактний матеріал на осові міді (патент N1792445). Проведені лабораторні і виробничі дослідження нового матеріалу з метою оцінки електроерозійної стійкості, стійкості проти зварювання, тривалості горіння дуги, а також рентгеноспектральні дослідження та механічні випробування. Результати досліджень та випробувань дозволяють зробити висновок щодо можливості застосування нового матеріалу для виготовлення контактів комутаційних апаратів, що працюють в умовах сільськогосподарського виробництва.

6. Розроблені математичні моделі теплових процесів безпосередньо для контактних вузлів автоматичних вимикачів та відповідне програмне забезпечення для реалізації назованих моделей.

7. Розроблена технологія ремонту контактних вузлів з використанням розроблених спечених контактних матеріалів на осові міді, яка повністю виключає використання срібновмістких матеріалів (А.с. N 1770995 МКІ 5 НОІН 11/04). Названа технологія впроваджена на Меджибожському ремонтно-транспортному підприємстві, Київському ремонтно-експлуатаційному департаменті N1, Київських ремонтних майстернях.

8. Розроблений новий спосіб перевірки захисних пристроїв та пристрій для його здійснення, (а.с. N А.с. N 1778813 МКІ 5 НОІН 69/01), суттєвими відмінностями якого є:

- миттєве встановлення величини випробувального струму;
- забезпечення імпульсу випробувального струму заданої тривалості, яка відповідає каталожному часу спрацювання захисного апарату.

9. Розроблений спосіб прискореної перевірки захисних пристроїв трифазних електродвигунів, (А.с. N 1718293, МКІ 5 Н

01 Н 69/01, Н 02 Н 7/09).

10. Розроблений спосіб очищення поверхні контактування електричних контактів електричною дугою при комутації штучно створених струмів відсічки електромагнітних розчіплювачів (А.с. N 1756970 МКИ Б Н01Н 73/04, G05В 23/02).

4. Основні результати дисертації опубліковані в таких роботах:

1. А.с. СССР N 1718293 МКИ Б Н 01 Н 69/01, Н 02 Н 7/09. Способ проверки и настройки электротепловых реле защиты трёхфазных асинхронных электродвигателей. Н.Т. Лут, С. П. Кохановский, В. А. Наливайко, В. В. Гинтаутас, С. Г. Самсоненко. Заявл. 12.06.90 г. Опубл. 07.03.92. бюл. N9.

2. А.с. СССР N 1746416 Н 01 Н 1/02. Биметаллический электрический контакт Братерская Г.Н., Кохановский С.П., Донцова Т.А., Наливайко В.А., Мелешко И.В. Заявл. 05.10.90. Опубл. 07.07.92. бюл. N 25.

3. А.с. СССР N 1677723. Спеченный материал на основе меди для электрических контактов. МКИ Б Н 01 Н 1/02, С22 С 9/00. 15.05.91 Братерська Г.М., Коханівський С.П. Донцова Т.О., Наливайко В.А., Коробський В.В. Заявл. 01.11.89. Опубл. 15.09.91. бюл. N 34.

4. А.с. СССР N 1775739. Контактная пара. МКИ Б Н01Н 1/04, С22С 9/00. Братерська Г.М., Коханівський С.П., Донцова Т.А., Сагач М.Ф., Наливайко В.А. Радько І.П. Заявл. 12.09.90, опубл. 15.11.92. бюл. N42.

Б. А. с. СССР N 1690501. Контактная пара низковольтного электрического аппарата. МКИ Б Н01Н 1/04, С22С 9/00. Братерська Г. М., Коханівський С. П., Донцова Т. А., Наливайко В. А. Заявл. 23.12.88, опубл. 8.07.91. бюл. N32.

Б. А. с. СССР N 1770995. МКИ Б Н01Н 11/04. Способ восстановления контактов низковольтных электрических аппаратов. С. П. Коханівський, С. Г. Самсоненко, В. А. Наливайко. Заявл. 24.05.90, опубл. 22.07.92. бюл. N39.

7. А. с. СССР N 1778813 Способ проверки низковольтных защитных аппаратов Мшин В. И., Лут М. Т. Коханівський С. П., Наливайко В. А., Самсоненко С. Г. МКИ Б Н01Н 69/01. Заявл. 9.07.90, опубл. 1.08.92. бюл. N29.

8. А. с. СССР N 1756970. Способ очистки электрических контактов автоматического выключателя. Наливайко В. А. МКИ Б Н01Н 73/04, G05В 23/02. Заяв. 29.12.90, опубл. 22.04.92. бюл. N31.

9. Патент N 1792445. Спеченый материал для электрических контактов на основе меди. Братерська Г. М., Коханівський С. П., Донцова Т. А., Наливайко В. А., Коробський В. В., Мрачковський А. М. МКИ Б Н01Н 1/02, С22С 9/00 Заявл. 03.07.91. опубл. 30.01.93, бюл. N4.

10. Братерская Г. Н., Кохановский С. П., Наливайко В. А., Дюцова Т. А. Влияние эксплуатационных факторов на работу контактов автоматических выключателей электроустановок животноводческих ферм // Состояние и перспективы развития производства аппаратов низкого напряжения: Тез. док. VI Всесоюзной научн. - техн. конф. Харьков, 1990 С. 63-64.

11. Влияние энергии электрической дуги на надежность контактов электромагнитных пускателей типа ПМЛ-1200 / Кохановский С. П., Наливайко В. А., Коробский В. В. // Электрические контакты. Пути повышения качества и надежности. - Киев: ИПМ АН УССР. 1987. С. 53-57.

12. Вплив хімічного середовища на роботу комутаційних апаратів. Коханівський С. П., Наливайко В. А., Коробський В. В. Проблеми агропромислового комплексу: пошук, досягнення Тези доповідей наукової конференції професорсько-викладацького складу та аспірантів, К., УДАУ, 1993. С. 75.

13. Коханівський С. П., Наливайко В. А. Технічне обслуговування та ремонт силового електрообладнання. -К.: Урожай, 1990. -112 с.

14. Коханівський С. П., Наливайко В. А., Радько І. П. Ремонт і відновлення електромагнітних контакторів імпортного виробництва. / АПК, техніка, прогрес. N 5 1992. С. 31-33.

15. Сагач М. Ф., Братерская Г. Н., Кохановский С. П., Наливайко В. А., Коробский В. В. Повышение надёжности коммутационных аппаратов в животноводческих помещениях // Задачи трибологии в проблеме повышения качества, надёжности и долговечности машин: Тез. докл. Республиканской конференции Киев, 1990 С. 35.

16. Синхронизированная установка для исследования коммутации тока. Кохановский С. П., Наливайко В. А., Лут Н. Т. / Известия высших учебных заведений. Энергетика. N 1, 1990. С. 55-57.

НАЛИВАЙКО В. А. Повышение эксплуатационной надежности, уменьшение содержания драгоценных металлов в автоматических выключателях, работающих в составе электроустановок животноводства.

Дисертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.02 - электрификация сельского хозяйства, Национальный аграрный университет, Киев, 1995.

Защищается 16 научных работ, из них 8 авторских свидетельств и 1 патент, которые содержат теоретические и экспериментальные исследования работы автоматических выключателей в электроустановках животноводства с использованием спеченных контактных материалов на основе меди, способы повышения их эксплуатационной надежности при техническом обслуживании и ремонте.

Применение разработанных контактных материалов позволяет исключить использование серебросодержащих материалов на стадии ремонта, а реализация способов технического обслуживания - уменьшить затраты труда в 1.5-2 раза, повысить качество технического обслуживания.

Nalyvaiko W. A.

Promotion of exploitation's reliable, decrease of contents costly metals in the automatic switches, which function in the structure of electrical installation of cattle breeding.

Dissertation, which has aim to obtain scientific degree of candidate technical sciences, on the speciality 05.20.02 - electrification of the agriculture, National agrarian university, Kiev, 1995.

16 scientific works is protecting, from which 8 authors certificate and 1 patents, which contains theoretical and experimental investigation of automatic switch's action in cattle breeding's electrical instalation with using the conglomerate contacts materials on the basic of copper, methods of promotio and repair.

Application of processes contacts materials is allo to exclude wing materials which contains silver during repair, and realising the methods of technical expluatacion is allow to decrease expenses of labour in 1.5-2 times, to promote quality of technical exploitation.

Ключові слова: електрообладнання тваринництва, автоматичний вимикач, контактні вузли, спечені контактні матеріали на основі міді, експлуатаційна надійність.

4153974

HB 32.968

AB 32.968