

and manufacturing equipment for the transport of manure runoff in channels collection and transfer it to the biogas plant and mixer for mixing of solutions in preparation for the anaerobic treatment of them in bioreactors.

Key words: *waste cattle, investigations, bioreactor, anaerobic processing.*

УДК 621.762

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ КОНТАКТ-ДЕТАЛЕЙ КОМУТАЦІЙНИХ АПАРАТІВ ЗА РІЗНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЕЛЕКТРИЧНОГО КОЛА

А. М. Мрачковський, кандидат технічних наук
email: amrachkovskyi@mail.ru

Анотація. *Розглянуто залежності режимів роботи електричних контактів за активного та індуктивного навантажень електричного кола, а також зміни енергетичних параметрів (напруга, сила струму, потужності, енергії) при замиканні й розмиканні контактів комутаційних апаратів.*

Ключові слова: *розривні контакти, робоча поверхня, активний опір, індуктивний опір, енергія, потужність, комутаційні апарати.*

Електроерозійна стійкість контакт-деталей реле в основному визначається властивостями контактного матеріалу та параметрами електричної дуги: величиною напруги, силою струму, потужністю та енергією. Встановлення залежностей режимів роботи комутаційних апаратів за різних навантажень електричного кола є визначальним фактором зносостійкості контакт-деталей.

Мета досліджень – підвищення ефективності та експлуатаційної надійності електромагнітних реле в електроустановках сільського господарства за рахунок створення нових композиційних контактних матеріалів на основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень електротеплових та фізико-хімічних процесів на робочих поверхнях контакт-деталей.

Матеріали та методика досліджень. Для встановлення закономірностей зміни контрольованих параметрів контакт-деталей від режимів роботи електричних контактів за активного та індуктивного навантажень електричного кола, використовувалися відомі та розроблені детерміновані й імовірнісні математичні та фізичні моделі контакт-деталей комутаційних апаратів.

Експериментальні дослідження в лабораторних умовах здійснювали на спеціальному стенді з використанням кліматичної камери.

Аналіз теплових процесів на контакт-деталях проводили методом розв'язування нелінійної задачі теплопровідності напівнескінченного тіла з урахуванням витрат енергії.

Надійність і довговічність роботи комутаційної апаратури (вимикачі, реле тощо) залежать від роботи їх контактів і стану контактних поверхонь. При розмиканні й замиканні в контактах виділяється енергія, яка витрачається на нагрів контактної пари та на розплавлення металу з їх поверхонь, що, у свою чергу, сприяє підвищенню електричної ерозії поверхонь і порушенню роботи всього електричного кола.

Режим роботи контактів залежить від характеру навантаження кола. Контакти, які розмикаються й замикаються, слід розглядати як послідовно включений опір R_t із навантаженням R_n , яке за час комутації змінюється від значення $r = R_0 - R_n$, відповідаючи перехідному опору контактної пари в замкнутому стані до нескінченності в роз'єднаному вигляді. У цьому випадку, струм через контакти зменшується від I_0 до нуля, а напруга на контактах зростає від U_1 (падіння напруги на замкнених контактах $U_1 = I_1 r$) до U_0 (напруга мережі).

Із багатьох осцилограм встановлено, що напруга на контактах при відключенні ними чисто активного навантаження змінюється прямолінійно у часі. Струм зменшується при цьому від початкового значення I_0 до нуля також прямолінійно у часі за період повного розмикання контактів t_0 .

$$i = I_0 \frac{t_0 - t}{t_0}, \quad U = U_1 + \frac{U_0 - U_1}{t_0} t.$$

При замиканні контактів струм у мережі й напруга на них змінюються аналогічно

$$i = I_0 \frac{t}{t_0}, \quad U = U_0 - \frac{U_0 - U_1}{t_0} t.$$

При відомій нарузі й струмі через контакти встановлюється опір замкнених і розімкнених контактів та його залежність у часі.

$$R_t = \frac{U}{i};$$

а) при замиканні

б) при розмиканні

$$R_t = R_0 \frac{t_0}{t_0 - t} - R_n; \quad R_t = R_0 \frac{t_0}{t} - R_n,$$

де: $R_0 = \frac{U_0}{I_0}$ – опір усього кола, включаючи контакти;

$R_n = \frac{U_0 - U_1}{I_0}$ – опір навантаження.

На рис. 1 наведені графіки залежностей напруги, струму та опору контактів при розмиканні й замиканні ними кола з активним навантаженням.

Знаючи опір контактів і його залежність у часі, можна знайти закон зміни струму в колі і напруги на контактах за період комутації за індуктивного навантаження (рис. 2).

Рівняння електричної рівноваги кола при замиканні й розмиканні контактів такі:

$$iR_t + iR_n + L \frac{di}{dt} = U_0,$$

де L – індуктивність кола.

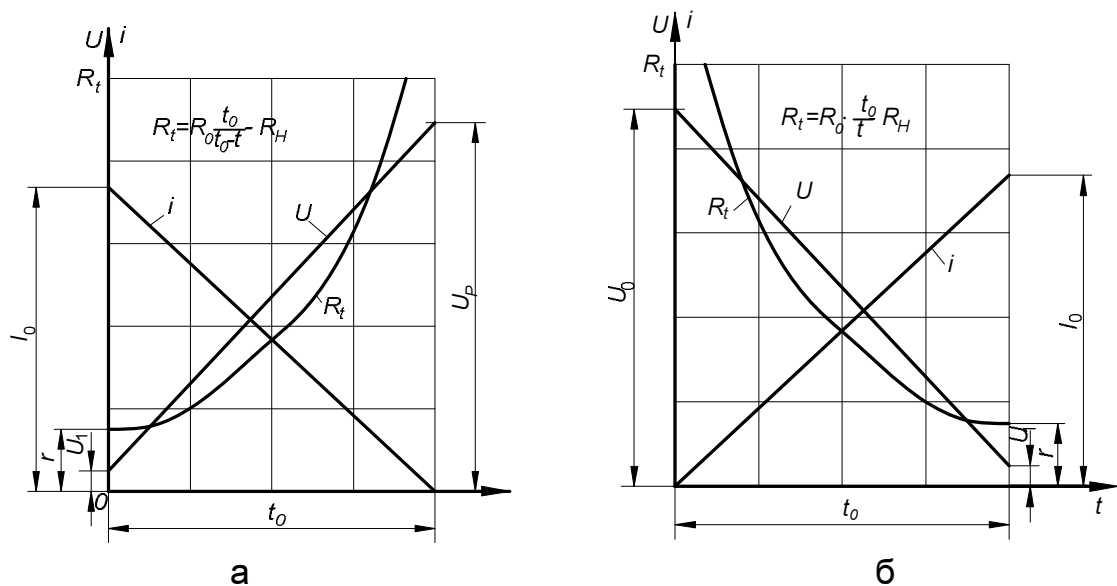


Рис. 1. Залежність напруги, струму та опору контактів при розмиканні (а) та замиканні (б) кола з активним навантаженням

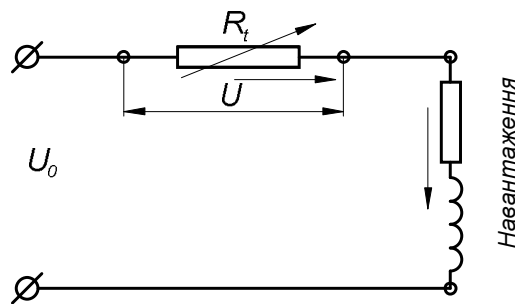


Рис. 2. Розрахункова схема кола з активним та індуктивним навантаженнями

Після перетворень рівняння набуває вигляду:

а) при розмиканні

$$iR_0 \frac{t_0}{t_0 - t} + L \frac{di}{dt} = U_0;$$

б) при замиканні

$$iR_0 \frac{t_0}{t} + L \frac{di}{dt} = U_0.$$

Як видно з графіка (рис. 3), струм у колі до кінця розмикання зменшується до нуля, але в проміжні моменти він набуває значно більших величин, ніж за чисто активного навантаження. За індуктивного навантаження ($R_0 = 0$ і $\alpha = 0$) струм через контакти протягом усього періоду розмикання дорівнює робочому струму кола ($i = I_0$). При замиканні контактів струм у колі з індуктивністю завжди менший, ніж за активного навантаження, оскільки завжди $\frac{\alpha}{\alpha + 1} < 1$.

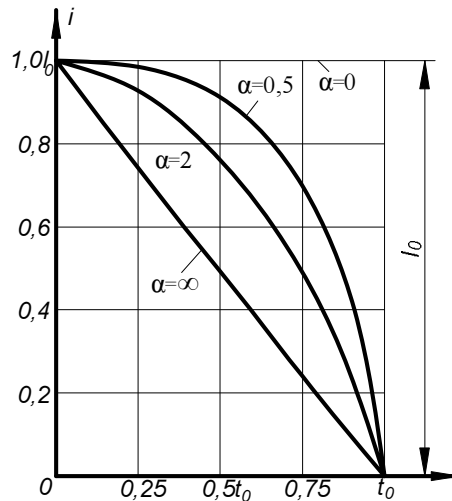


Рис. 3. Залежність струму в колі від часу розмикання для різних значень параметра

Довговічність контактів визначається режимом розмикання у колі з індуктивністю, оскільки у цьому разі підвищуються значення струмів, які проходять через них.

Висновки

1. Наявність індуктивності в колі при розмиканні збільшує струм через контакти, особливо наприкінці процесу розмикання. Напруга на контактах може бути в декілька разів більшою за напругу мережі. Під час розмикання й замикання контактів у колі з активним навантаженням струм і напруга на них змінюються пропорційно часу.

2. За наявності індуктивності в колі, момент настання максимуму потужності припадає на кінець процесу розмикання контактів і значно перевищує таку за активного навантаження кола. Потужність у контактах, під час розмикання кола з активним навантаженням, має максимум у момент, близький до середини проміжку комутації та становить четверту частину потужності всього кола.

3. Загальна енергія, що витрачається в контактах, має дві складові: першу – пропорційну часу розмикання і другу – постійну. Перша визначається наявністю активного навантаження кола, інша дорівнює енергії магнітного поля, накопиченої в індуктивностях усього кола і не залежить від часу розмикання контактів.

Список літератури

1. Сотсков Б. С. Основы расчета и проектирования электромеханических элементов автоматических и телемеханических устройств / Б. С. Сотсков. – М.-Л. : Энергия, 1965. – 237 с.
2. Хольм Р. Электрические контакты / Р. Хольм. – М. : Изд-во иностранной лит-ры, 1961. – 464 с.
3. Материалы VI Всесоюзного совещания. Электрические контакты. – М. : Энергия, 1972.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ КОНТАКТ-ДЕТАЛЕЙ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ НАГРУЗКАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

А. Н. Мрачковский

Аннотация. Рассмотрены зависимости режимов работы электрических контактов при активной и индуктивной нагрузке электрической цепи, а также изменения энергетических параметров (напряжение, ток, мощности, энергии) при замыкании и размыкании контактов коммутационных аппаратов.

Ключевые слова: разрывные контакты, рабочая поверхность, активное сопротивление, индуктивное сопротивление, энергия, мощность, коммутационные аппараты.

STUDY OF CONTACT-DETAILS OF SWITCHING DEVICES FOR DIFFERENT LOAD CIRCUIT

A. Mrachkovsky

Annotation. Considered depending on operating conditions of electrical contacts with the active and inductive load circuit, as well as changes in the energy parameters (voltage, current, power, energy) for the closure and opening contacts of switching devices.

Key words: discontinuous contacts, work surface, resistance, inductive reactance, energy, power, switching devices.

УДК 535.37

ФЛУОРЕСЦЕНТНИЙ АНАЛІЗ СТАНУ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ ЛИСТКІВ ШПИНАТУ ГОРОДНЬОГО (*Spinacia oleracea*) ПІД ВПЛИВОМ УФ-ОПРОМІНЕННЯ

Ю. І. Посудін, доктор біологічних наук

О. О. Годлевська, кандидат фізико-математичних наук

І. А. Залоїло, кандидат біологічних наук

Я. В. Кожем'яко, асистент

e-mail: posudin@ukr.net

Анотація. Наведено результати впровадження портативного флуориметра для реєстрації індукції флуоресценції хлорофілу зелених листків шпинату, які зазнали впливу УФ-опромінення. Показано, що