

**МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ  
МАГНІТНИХ ПУСКАЧІВ  
НА КОМУТАЦІЙНУ ЗНОСОСТІЙКІСТЬ  
В КАТЕГОРІЇ АС-3**

© В. О. Кохановський, НТУУ «КПІ», Україна, Київ

**Приведена принципиальная электрическая схема установки для испытания магнитных пускателей на коммутационную износостойкость в категории применения АС-3. Определены часовые параметры испытательного цикла и построена циклограмма испытательного режима.**

**In the article the principle electric circuit of plant for testing of magnetic starter on commutation wear-resistance in the category of application АС-3 is resulted. Time parameter's of test cycle are specified and cyclogram of the test cycle is built.**

**Постановка задачі**

В даний час актуальною проблемою є підвищення екологічної безпеки електромагнітних пускачів з збереженням терміну служби.

Це можна досягти створенням екологічно чистих композиційних матеріалів, за рахунок вилучення з матеріалу контактів токсичного оксиду кадмію. Останній є складовою частиною матеріалу серійних контактів типу КМК-А10м.

Випробування електромагнітних пускачів на комутаційну зносостійкість в категорії застосування АС-3 проводиться згідно нормативних документів [1, 2].

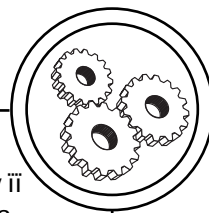
Режим АС-3 характеризується прямим пуском електродвигуна з короткозамкненим ротором та відключення електродвигуна з мережі з обертаючим ротором.

Випробування на комутаційну зносостійкість повинні проводитися в умовах наближених до

граничних типових умов експлуатації, які характерні для електромагнітних пускачів. Комутаційна зносостійкість визначається кількістю виконаних комутаційних циклів «ввімкнено-відімкнено» електричного кола у відповідній категорії застосування.

Методи випробувань на комутаційну зносостійкість регламентують підтримання в установленому діапазоні основних параметрів режиму випробувань: напруга і струм кола керування, напруга і струм комутуючого кола, частота комутацій,  $\cos \phi$ , час протікання струму, номінальний робочий струм, параметри навколишнього середовища (температура, тиск, вологість).

Випробування на комутаційну зносостійкість проводять на електромагнітних пусках відкритого виконання і контролюють наступні параметри: тиск, розхил, провал і вібрацію контактів, які можуть змінюватися в процесі випробувань.



Тому випробовування електромагнітних пускачів з екологічно безпечними контакт-деталлями на комутаційну зносостійкість є актуальним з точки зору підвищення екологічної безпеки і терміну служби пускачів.

## **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Відома схема електричної установки для випробування контактів магнітних пускачів описана в [3], в якій є випробувальний і допоміжні магнітні пускачі, знижуючий трансформатор імітації робочих струмів, котушки індуктивності і активні опори, лічильники імпульсів і проміжне реле.

Недоліками цієї схеми є:

- схема має велику кількість електромеханічних реле, які знижують надійність установки, що призводить до значних втрат часу на виявлення аварійного режиму, пошук несправностей та їх усунення;

- відсутність можливості зміни напруги на котушці випробувального магнітного пускача;

- установка має значні масогабаритні показники.

Більш досконалою є схема електричної установки для випробування контактів магнітних пускачів на комутаційну зносостійкість приведена в [4].

Всі вище перераховані установки не повністю забезпечують випробування контактів магнітних пускачів на комутаційну зносостійкість в категорії застосування АС-3 згідно ДСТУ 2993-95.

## **Мета роботи**

Метою даної роботи є приведення електричної схеми установки для випробування електро-

магнітних пускачів та принципу її роботи. Також проведений розрахунок режимів випробувань трьохполюсного магнітного пускача ПМЛ3100-4А на комутаційну зносостійкість.

## **Результати досліджень**

На рис. 1 приведені електрична схема силової частини і схема керування установки.

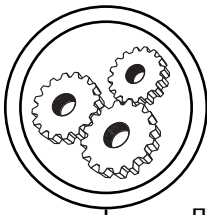
В силову схему установки входять автоматичний вимикач QF1 типу ВА 88-35 з номінальним струмом 250 А, трансформатор зниження напруги TV1-380/220В, трифазний автотрансформатор TV2 типу РНТ-220-12 для регулювання напруги, допоміжні електромагнітні пускачі КМ1 і КМ2 типу ПМЛ-3100, випробувальний пускач КМ3 типу ПМЛ-3100, котушки індуктивності L1-L3 і активні опори R1-R3, які імітують обмотки електродвигуна.

В схему керування установки входять однофазний автоматичний вимикач QF2 типу ВА47-29, електронні реле часу КТ1 і КТ2 типу ВЛ-159М-2, проміжні електромагнітні реле KV1-KV3 типу ПЕ-41 і котушки електромагнітних пускачів КМ1-КМ3.

Також в схему входять регулятор напруги TV3, котушки випробувального магнітного пускача КМ3 і лічильник імпульсів РС.

Випробувальний електромагнітний пускач КМ3 під'єднаний до силових виходів допоміжних пускачів КМ1 і КМ2, а своїми силовими виходами пофазно з'єднаний з резисторами R1-R3 і котушками індуктивності L1-L3.

Вхід електромагнітного пускача КМ1 через автоматичний вимикач QF1 з'єднаний з електромережею змінного струму напругою 380 В.



Силовий вхід допоміжного пускача КМ2 з'єднаний з рухомими контактами трифазного автотрансформатора TV2 типу РНТ-220-12, який під'єднаний до обмоток низької напруги трансформатора TV1.

Обмотки високої напруги трансформатора TV1 під'єднані до силового виходу автоматичного вимикача QF1, силового входу якого з'єднаний з електромережею трифазного змінного струму напругою 380В.

Включення силової схеми в робочий режим здійснюється автоматичними вимикачами QF1, а схеми керування — автома-

тичним вимикачем QF2 в електромережу однофазного змінного струму напругою 220 В.

Електронні реле часу КТ1 і КТ2 регулюють час протікання пускового струму —  $t_1$ , час протікання номінального струму —  $t_2$ , час паузи —  $t_3$  і видають команди на протікання струму через котушки проміжних електромагнітних реле КV1-КV3.

При подачі змінного струму напругою 220 В на котушку електронного реле часу КТ1, його нормально замкнуті контакти КТ1.1 подають струм на котушку проміжного реле КV1, яка замикає нормально розімкнуті кон-

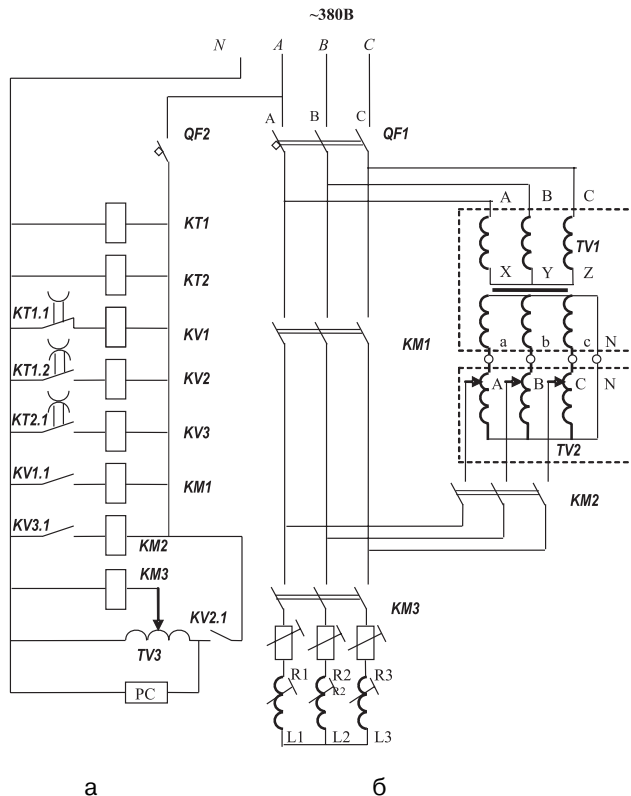
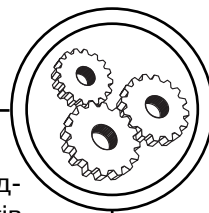


Рис. 1. Принципова електрична схема установки:  
а — схема керування, б — силова частина



такты KV1.1 через які струм поступає на котушку KM1 допоміжного пускача, який під'єднується до вивідних контактів автоматичного вимикача QF1.

На протязі 10 мс замикаються контакти реле часу KT1.2, через які проходить струм на котушку проміжного електромагнітного реле KV2, яка замикає нормально розімкнуті контакти KV2.1. Внаслідок цього котушка випробувального електромагнітного пускача KM3 отримує струм і замикає його силові контакти, які під'єднують електромагнітний пускач KM3 до вивідних контактів допоміжного пускача KM1.

Контакти пускача KM3 замикають пусковий струм з силою 240 А, час протікання якого складає  $72,85 \cdot 10^{-3}$  с. Після цього контакти KT1.1 реле часу KT1 розмикаються і відключають котушку KV1 від живлення струмом, внаслідок цього контакти KV1.1 розмикаються, котушка магнітного пускача KM1 втрачає живлення, силові контакти якого розмикаються і від'єднують активно-індуктивне навантаження від електромережі.

Число комутацій випробувального магнітного пускача реєструється лічильником імпульсів РС.

Регулювання напруги на котушці випробувального магнітного пускача KM3 здійснюється однофазним регулятором напруги TV3 типу PHT-220-12.

В подальшому контакти KT2.1 реле часу KT2 замикаються і подають струм на котушку проміжного реле KV3, яка замикає контакти KV3.1 і подає струм на котушку допоміжного пускача KM2. Контакти допоміжного пу-

скача KM2 замикаються і під'єднують його до рухомих контактів автотрансформатора TV2.

Так як допоміжний пускач KM2 з'єднаний з випробувальним пускачем KM3, контакти якого замкнені, то до навантаження надходить номінальний струм з силою 40 А при напрузі 63 В.

Через 0,3771 с контакти KT1.2 розмикаються, котушка проміжного реле KV2 втрачає живлення, розмикаються контакти KV2.1, знеструмлюючи котушку KM3 і контакти випробувального пускача KM3 розмикаються, комутуючи при цьому номінальний струм з силою 40 А, що відповідає ДСТУ 2993-95.

Час паузи складає 2,55 с.

Після цього цикл повторюється.

Зробимо розрахунок режимів випробувань трьохполосного магнітного пускача ПМЛ 3100-4А на комутаційну зносостійкість, в режимі, що відповідає категорії застосування АС-3.

Вихідні дані:

$$U_{\text{ном}} = 380 \text{ В}; I_{\text{ном.р.}} = 40 \text{ А.}$$

Згідно ГОСТ 12434-83 визначаємо умови комутації пускача при випробуваннях.

При включенні пускача ПМЛ 3100 в мережу:

$$U_1 = 380 \text{ В};$$

$$I_{\text{пуск.}} = 6 I_{\text{ном.р.}} = 6 \cdot 40 = 240 \text{ А};$$

$$\cos \varphi = 0,35.$$

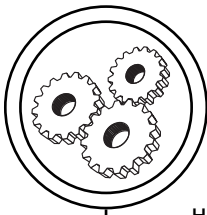
При відключенні пускача із мережі:

$$U_2 = 63 \text{ В};$$

$$I_2 = I_{\text{ном}} = 40 \text{ А};$$

$$\cos \varphi = 0,35.$$

Приймаємо частоту комутацій  $f_k = 1200$  циклів за годину. Відносна тривалість включення  $PB = 15 \%$ .



Визначимо повний опір кола навантаження кожної фази при включенні:

$$z_n = \frac{U_n}{I_{\text{пуск}}\sqrt{3}} = \frac{380}{240\sqrt{3}} = 0,91 \text{ Ом.} \quad (1)$$

При виключенні:

$$z_n = \frac{U_2}{I_2\sqrt{3}} = \frac{63}{40\sqrt{3}} = 0,91 \text{ Ом.} \quad (2)$$

Активний опір кола навантаження:

$$R = z_n \cdot \cos\varphi = 0,91 \cdot 0,35 = 0,318 \text{ Ом.} \quad (3)$$

Індуктивність:

$$L = \frac{z_n\sqrt{1-\cos^2\varphi}}{2\pi f} = \frac{0,91\sqrt{1-0,35^2}}{314} = 2,71 \cdot 10^{-3} \text{ Гн,} \quad (4)$$

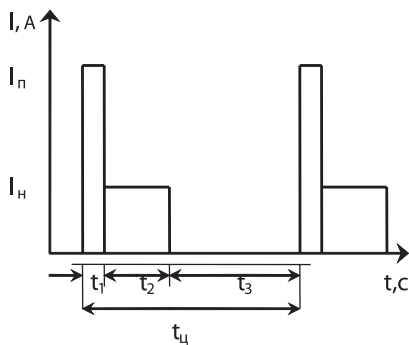


Рис. 2. Циклограма випробувального режиму категорії застосування АС-3 ( $t_1$  — час пуску;  $t_2$  — час протікання номінального струму,  $t_3$  — час паузи;  $t_ц$  — час циклу роботи електричного апарату)

де  $f$  — частота 50 Гц.

Розрахунок допустимої потужності навантаження:

$$P_{\text{доп}} = I_{\text{ном}}^2 \cdot R = 40^2 \cdot 0,318 = 508,8 \text{ Вт} \quad (5)$$

Визначимо часові параметри випробувального циклу.

Час протікання пускового струму  $t_1$  і час протікання відключаючого струму  $t_2$  знаходимо наступним чином:

$$ПВ = 15\% = \frac{t_1 + t_2}{t_ц} \cdot 100,$$

$$\frac{t_1 + t_2}{t_ц} = 0,15, \quad (6)$$

$$t_2 = 0,15 t_ц - t_1$$

Час випробувального циклу складає:

$$t_ц = \frac{1}{f_k} = \frac{1}{1200 \text{ цикл./год}} = \frac{3600}{1200} = 3 \text{ с.} \quad (7)$$

Теплове навантаження на обладнанні не повинно бути більше допустимого значення за час випробувального циклу.

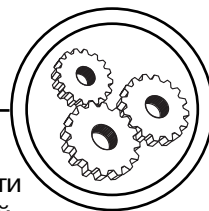
$$\begin{aligned} I_{\text{ном}}^2 t_ц &= I_{\text{пуск}}^2 t_1 + I_{\text{ном}}^2 t_2, \\ I_{\text{ном}}^2 t_ц &= 6I_{\text{ном}}^2 t_1 + I_{\text{ном}}^2 t_2, \\ t_ц &= 36t_1 + t_2 = \\ &= 36t_1 + 0,15t_ц - t_1, \quad (8) \\ t_ц &= 35t_1 + 0,15t_ц, \end{aligned}$$

$$t_1 = 2,55/35 = 72,85 \cdot 10^{-3} \text{ с,}$$

$$t_2 = 0,15 \cdot 3 - 0,07285 = 0,3771 \text{ с.}$$

Час неробочого стану пускача між циклами:

$$t_n = t_ц - t_1 - t_2 = 3 - 0,07285 - 0,3771 = 2,55 \text{ с.} \quad (9)$$



На рис. 2 приведена циклограма випробувального режиму категорії АС-3.

### Висновки

Випробування магнітних пускачів на комутаційну зносостійкість, матеріал контактів яких володіє різними фізико-механічними вла-

стивостями, дозволить отримати результати електроерозійної стійкості контактних матеріалів, які володіють найкращими показниками.

Застосування таких матеріалів дозволить продовжити термін служби пускачів і підвищити економічну ефективність їх використання.

1. Пускатели электромагнитные низковольтные. Общие технические требования: ГОСТ 2491-82. — [Введен 01.01.1984]. — М. : ИПК Издательство стандартов, 1997. 2. Аппараты коммутационные низковольтные. Общие технические условия: ГОСТ 12434-83. — [Введен 01.01.1985]. — М. : ИПК Издательство стандартов, 2002. 3. Дулин В. А. Методы исследования надежности низковольтных аппаратов / Дулин В. А. — М. : Энергия, 1970. — 152 с. 4. Информационный листок № 83-160-00 // Схема испытаний на коммутационную долговечность контактов магнитных пускателей. — Росинформресурс, 2000.

Рецензент — О. В. Зоренко, к.т.н.,  
доцент, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 29.09.10