

СПОСІБ ДІАГНОСТУВАННЯ СИЛОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КОНДЕНСАТОРІВ

B. B. Грабко, M. P. Боцул

Державний технічний університет, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, тел. (0432) 467647,
E-mail: grabko@vstu.vinnica.ua

В роботі запропонована математична модель та структурна схема системи діагностування силових конденсаторів з врахуванням температури перегріву при несинусоїальному режимі роботи.

ВСТУП

Силові косинусні конденсатори широко використовують в електроенергетиці.

В умовах економічної кризи постає питання максимального використання ресурсу електротехнічного обладнання. Тому розробка методів визначення реального ресурсу, а не запланованого заводом виробником, стає все більш важливою та актуальною.

Старіння силових конденсаторів відбувається за рахунок як перевищення допустимого значення температури ізоляції, так і за рахунок підвищення напруженості електричного поля, від значення якої залежить поява часткових розрядів [1]. Найбільш важкий за темпами старіння режим роботи силових конденсаторів - це режим роботи під несинусоїальною напругою [2]. Цей режим особливо впливає на перегрів конденсаторів, тобто на виникнення суттєвих додаткових втрат. Ці втрати викликають в кінцевому рахунку масовий вихід з ладу силових конденсаторів.

МОДЕЛЬ ДІАГНОСТУВАННЯ СИЛОВИХ КОНДЕНСАТОРІВ

Як відомо [1], температура перегріву ізоляції при синусоїальній напрузі -

$$\theta_c = A_r P_c, \quad (1)$$

а при несинусоїальній напрузі -

$$\theta_{nc} = A_r P_c \eta, \quad (2)$$

де A_r - коефіцієнт, який залежить від габаритних розмірів конденсатора, η - коефіцієнт збільшення втрат при наявності гармонік в кривій напруги, P_c - потужність втрат при синусоїальній напрузі. Потужність втрат в конденсаторі визначається як

$$P_c = 2\pi f U_x^2 C_x \operatorname{tg}\delta, \quad (3)$$

де f - частота напруги в мережі, U_x - напруга на конденсаторі, C_x і $\operatorname{tg}\delta$ - ємність і тангенс кута втрат конденсатора.

Існує ватметровий спосіб виміру ємності C_x і $\operatorname{tg}\delta$ [3]. Ці характеристики визначаються розрахунком за результатом вимірювання потужності діелектричних втрат і струму через ізоляцію згідно формул:

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{P_2}{U_2 I_2}, \quad (4)$$

$$C_x = \frac{k_c}{\omega k_h} \frac{I_2}{U_2}, \quad (5)$$

де P_2 , I_2 , U_2 - відповідно показання ватметра, амперметра і вольтметра; k_c і k_h - коефіцієнти трансформації трансформатора струму і трансформатора напруги; ω - кутова частота напруги в мережі.

Коефіцієнт A_r знаходиться по формулі

$$A_r = \frac{1}{\alpha_r S_{oxh}}, \quad (6)$$

де α_r - коефіцієнт тепловіддачі з поверхні конденсатора, $\text{Вт}/\text{см}^2 \cdot \text{град}$; S_{oxh} - поверхня охолодження конденсатора (площа поверхні), см^2 [4].

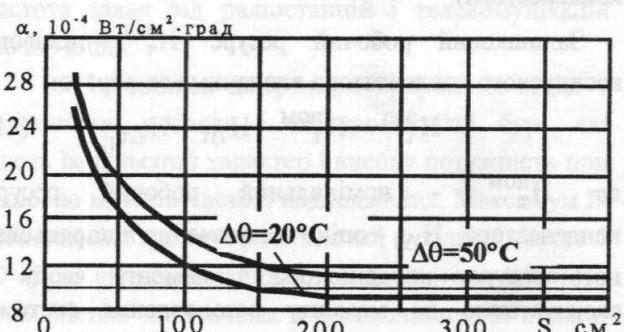


Рис. 1. Криві залежності коефіцієнту тепловіддачі

При природному повітряному охолодженні конденсаторів в металевих корпусах для орієнтовних розрахунків при проектуванні конденсаторів можна прийняти значення коефіцієнта тепловіддачі $\alpha_r = 1 \cdot 10^3 \text{ Вт}/\text{см}^2 \cdot \text{град}$, або використавши графіки залежності α_r від форми і розмірів конденсатора і від температури перегріву (рис. 1) [4].

Коефіцієнт збільшення втрат η доцільно визначати за формулою

$$\eta = \frac{\sum_{v=1}^n v U_v^2 *}{\sum_{v=1}^n U_v^2}, \quad (7)$$

де v - порядок гармоніки напруги мережі; U_{v*} - напруга v -ої гармоніки відносно номінальної; n - кількість гармонік спектру напруги, що враховуються [1].

Для діагностування силових конденсаторів пропонується наступний підхід.

За рівняннями (1) та (3) визначаємо деяку базисну температуру θ_c , на яку розраховується строк служби конденсатора по перегріву ізоляції в номінальному режимі роботи.

За рівняннями (1) і (2) визначаємо перегрів ізоляції конденсаторів при несинусоїdalній напрузі

$$\Delta\theta_{k,nc} = \theta_{nc} - \theta_c = A_r P_c (\eta - 1) = \theta_c (\eta - 1). \quad (8)$$

З додатковою похибкою $\leq 1\%$ [1] отримуємо температуру перегріву конденсатора при несинусоїdalному режимі

$$\Delta\theta_{k,nc} = \theta_c \sum_{v=2}^n (v-1) U_{v*}^2. \quad (9)$$

Використовуючи вирази (8) або (9) за "восьми градусним" правилом [1] визначаємо строк служби конденсатора при перегріві для i -го значення температури

$$\tau_{\theta_i} = \tau_0 \cdot e^{-0,087 \cdot \Delta\theta_{k,nc}}, \quad (10)$$

де τ_0 - строк служби силового косинусного конденсатора при номінальній робочій температурі (дорівнює номінальному робочому ресурсу конденсатора).

Залишковий робочий ресурс $H_{\tau}^{зал}$ силового косинусного конденсатора визначимо за виразом

$$H_{\tau}^{зал} = H_{\tau}^{ном} - H_{\Delta\tau} - H_{\Delta\tau\theta}, \quad (11)$$

де $H_{\tau}^{ном}$ - номінальний робочий ресурс конденсатора; $H_{\Delta\tau}$ - оцінче значення відпрацьованого ресурсу конденсатора з моменту вводу в експлуатацію до моменту встановлення системи діагностування (можна визначити згідно з методикою, викладеною в [5]). Якщо спостереження за відпрацюванням ресурсу проводиться для нових конденсаторів, то $H_{\Delta\tau}=0$; $H_{\Delta\tau\theta}$ - відпрацьований ресурс від перегріву при роботі в несинусоїdalному режимі. Значення $H_{\Delta\tau\theta}$ можна визначити як

$$H_{\Delta\tau\theta} = \sum_{i=1}^N \frac{H_{\tau}^{ном}}{\tau_{\theta_i}} \cdot t_i, \quad (12)$$

де t_i - час, на протязі якого на конденсатор впливає температура перегріву θ_i ; N - кількість інтервалів зміни температури θ .

З рівнянь (3),(4),(5) і (8) отримаємо наступний вираз

$$\Delta\theta_{k,nc} = A_r \cdot \frac{k_c}{k_h} \cdot P \cdot (\eta - 1), \quad (13)$$

а використовуючи вирази (10),(11),(12) і (13) можна реалізувати пристрій для оцінки строку служби силових конденсаторів, структурна схема якого зображена на рис.2.

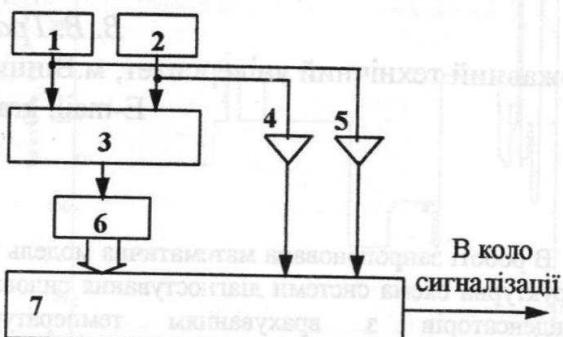


Рис.2. Структурна схема пристрою діагностування конденсатора

1 - датчик струму; 2 - датчик напруги; 3 - комутатор; 4,5 - компаратори; 6 - АЦП; 7 - мікро-ЕОМ

Алгоритм роботи пристрою наступний:

1. Зчитування величин струму і напруги та представлення їх у цифровому вигляді.
2. Знаходження різниці фаз між струмом і напругою.
3. Визначення спектру сигналу від датчика напруги.
4. Визначення перегріву $\Delta\theta_{k,nc}$ за виразом (13).
5. Визначення залишкового робочого ресурсу

ВИСНОВКИ

1. Синтезована математична модель для обчислення залишкового ресурсу силового конденсатора.

2. Запропонована структурна схема пристрою для діагностування силових електричних конденсаторів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жежеленко И. В., Рабинович М. Л., Божко В. М. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях. - К.: Техника, 1981. - 160 с.
2. Гидалевич Е. Д., Гашимова А. Р., Ахмедова Т. А. Упрощенный расчет мощности потерь в косинусных конденсаторах при несинусоидальном напряжении // Промышленная энергетика. - 1990. - №7. - С.27.
3. Сви П. М. Контроль изоляции оборудования высокого напряжения. - М.: Энергия, 1980. - 112 с.
4. Ренне В. Т., Багалей Ю. В., Фридберг И. Д. Расчет и конструирование конденсаторов. - К.: Техника, 1966. - 328 с.
5. А.с. 1012159 СССР, МКИ G 01 R 31/02. Способ определения износа изоляции и устройство для его осуществления / В. С. Король, В. Н. Подгорный, В. М. Лагутин (СССР). - №3283591/24-21; Заявлено 29.04.81; Опубл. 15.04.83, Бюл. №14. - 4 с.