

Визначення фактичних показників надійності пристроїв РПН для врахування їх в оптимізаційних задачах може здійснюватися на основі даних, які оновлюються в процесі експлуатації. Система збору й алгоритм обробки інформації є частиною створюваної в енергосистемах країни системи діагностики стану електрообладнання. Система технічної діагностики орієнтована на застосування в ЕЕС оперативно-інформаційних комплексів на базі мікро-ЕОМ.

Блок-схема процедурної моделі контролю надійності пристроїв РПН наведена на рисунку 1. У моделі використано циклічний алгоритм збору інформації. При циклічному опитуванні проводиться періодичне звертання до датчиків, згладжування одержаних поточних значень параметрів і порівняння згладжених значень з нормальними уставками. За нормальні уставки прийнято значення параметрів на попередньому циклі опитування з урахуванням допусків. У разі виходу параметрів t , I , U , θ , n за нормальні уставки відбувається корекція функції надійності (8) регулюючого пристрою.

Одержані значення ймовірності безвідмовної роботи пристроїв регулювання напруги трансформаторів використовуються при оптимальному управлінні режиму електричної мережі за напругою й реактивною потужністю. Вони є складовою частиною вихідної інформації для програми аналізу й управління режимами ЕЕС (АЧП) [7].

Запропонована модель дозволяє одержувати показники надійності регулюючих пристроїв трансформаторів і автотрансформаторів з урахуванням процесів старіння та зношування. Це дозволяє враховувати фізичні характеристики й режими роботи конкретних пристроїв РПН та здійснювати корекцію їх показників надійності в процесі експлуатації. Внаслідок цього керуючі дії на систему регулювання напруги є більш об'єктивними і, в кінцевому підсумку, поліпшуються техніко-економічні показники роботи електричних мереж за рахунок більш ефективного використання трансформаторів з РПН.

ЛІТЕРАТУРА

1. Астахов Ю. Н., Остапчук Ж. И., Улитич Н. В. Оптимизация режимов электрических систем с учетом надежности регулирующих устройств трансформаторов // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт, 1984.—№ 3.—с. 151—157.
2. Руденко Ю. Н., Ушаков И. А. Надежность систем энергетики.—М.: Наука, 1986.—252 с.
3. Меламедов И. М. Физические основы надежности.—М.: Энергия, 1970.—152 с.
4. Лежнюк П. Д., Улитич Н. В. Физическое и электронное моделирование систем автоматического регулирования напряжения // Электрические сети и системы. Вып. 18.—Львов: Львовск. гос. ун—т, 1982.—с. 74—76.
5. Сотсков Б. С. Основы теории и расчета надежности элементов и устройств автоматики и вычислительной техники.—М.: Высш. шк., 1970.—270 с.
6. Порудоминский В. В. Устройства переключения трансформаторов под нагрузкой.—М.: Энергия, 1974.—287 с.
7. Воронницкий В. Э., Лежнюк П. Д., Серова И. А. Методика и программа оценки эффективности применения РПН и АРПН в замкнутых электрических сетях // Электрические станции, 1992.—№ 1.—с. 60—66.

УДК 681.518.54

ДИНАМІЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБМОТОК ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

Асп. Кучерук В. Ю., асп. Джарадат Раїд Хасан, к.т.н., проф. Поджаренко В. О.

Електричні машини широко використовуються як джерела електричної енергії, електроприводи механізмів, датчики в системах контролю і управління, у різних галузях економіки. Відповідальність покладених на них функцій обумовлює високі вимоги до їх надійності.

Для забезпечення надійності як на стадії виробництва, так і на стадії експлуатації електричних машин необхідне вимірювання визначеної сукупності діагностичних параметрів, які характеризують технічний стан машини.

Як показує практика, 50—85 % усіх несправностей припадає на обмотки електричних машин. Тому надійність електричної машини суттєво залежить від надійності її обмоток. Надійність обмоток у свою чергу визначається станом ізоляції.

Аналіз методів оцінки стану ізоляції показує, що існуючі методи дозволяють оцінювати явно виражені дефекти, але не дають можливості оцінити діагностичні параметри, які характеризують усю сукупність фізичних явищ, що відбуваються в обмотці в процесі зміни її технічного стану [1].

Діагностичне забезпечення електричних машин можливо розробити на основі діагностичної

моделі, параметри якої несуть деяку інформацію про стан обмотки. Як діагностичну модель розглянемо схему заміщення обмотки (рис. 1), в якій R_{∂} — опір відомої величини, Ом; L_I — індуктивність обмотки, Гн; C_I — ємність обмотки, Ф; R_I — активний опір обмотки, Ом; R — активний опір проводів, Ом. При цьому параметри схеми приймаються за діагностичні.

Допускаючи, що $R \ll R_I, R_{\partial}$, електромагнітні процеси, які виникають у схемі, можуть бути описані системою диференційних рівнянь, записаною в матричній формі:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} U_c \\ X \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{C_I} \left(\frac{U_0 - U_c}{R_c} - \frac{U_c}{R_I} - \frac{X}{L_I} \right) \\ U_c \end{bmatrix}. \quad (1)$$

З використанням діагностичної моделі перевірку технічного стану обмотки можна проводити шляхом подання на вхід обмотки вхідного сигналу визначеної форми, спостереження реакції обмотки і подальшою ідентифікацією діагностичних параметрів.

Для ідентифікації параметрів обмотки можливо використати метод інваріантного поглиблення Дістефано [2]. Суть методу подано нижче.

Припустимо, що проведені вміщувані похибки спостереження одної чи декількох компонентів вектору стану u протягом часу T . Для даних спостережень і динамічних рівнянь процесу

$$\frac{du}{dT} = g(u). \quad (2)$$

При ідентифікації, де основна мета полягає у визначенні набору констант a_i , ці константи вводяться в додатковий вектор стану, який задовольняє диференційні рівняння

$$\frac{da_i}{dT} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, k. \quad (3)$$

Ці константи можна включити в розширений вектор стану. Тоді фільтр розширеного вектора стану буде давати не тільки оптимальну оцінку вектора стану, а й оптимальну оцінку вектора a — основну мету ідентифікації. Визначимо вектор спостережень:

$$w = \Gamma u + n, \quad (4)$$

де Γ — прямокутна матриця повного рангу; n — вектор похибок спостережень.

Виходячи з цих спостережень, в інтервалі $[0, T]$ визначається оптимальна оцінка вектора стану u при $t=T$ така, щоб мінімізувати функцію квадратичної похибки $f(u(T), T)$, задану у вигляді

$$f(u(T), T) = \int_0^T (w - \Gamma u, w - \Gamma u) dt + (u(0) - b, -L(u(0) - b)), \quad (5)$$

де b — найкраща апіорна оцінка $u(0)$; L — невідроджена матриця, яка встановлює міру впевненості у даній оцінці.

Згідно до [2], мінімізація (5) досягається при вирішенні диференційних рівнянь оптимального нелінійного фільтра

$$\begin{cases} \frac{de}{dT} = g(e) + Q(T) \Gamma^T (w - \Gamma e); e(0) = b; \\ \frac{dQ}{dT} = g_c(e) Q + Q g_c^T(e) - Q \Gamma^T \Gamma Q; Q(0) = L^{-1}, \end{cases} \quad (6)$$

де $c = u(T)$; $e = \operatorname{argmin} f(c, T)$; $g_c(c)$ — матриця часткових похідних $g(c)$ по c ; Q — матриця коректуючих коефіцієнтів.

Запишемо (1) у формі (2), враховуючи рівняння (3):

$$\frac{d}{dT} \begin{bmatrix} U_c \\ X \\ R_I \\ L_I \\ C_I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{C_I} \left(\frac{U_0 - U_c}{R_c} - \frac{U_c}{R_I} - \frac{X}{L_I} \right) \\ U_c \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Визначимо вектор спостережень (4):

$$w = [1; 0; 0; 0; 0] [U_c; X; R_I; L_I; C_I]^T + n_{U_c} \quad (8)$$

Тоді матриця $g_c(c)$ буде мати вигляд:

$$\begin{bmatrix} -\frac{1}{C_1} \left[\frac{1}{R_\partial} + \frac{1}{R_1} \right] & -\frac{1}{C_1 L_1} & \frac{U_c}{C_1 R_1^2} & \frac{X}{C_1 L_1^2} & -\frac{1}{C_1} \left[\frac{U_0 - U_c}{R_\partial} - \frac{U_c}{R_1} - \frac{X}{L_1} \right] \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Використання нелінійного фільтра (6) для ідентифікації параметрів обмотки розглянемо на чисельному прикладі. Припустимо, що діагностичні параметри обмотки мають значення: $R_1 = 50$ Ом; $R_\partial = 100$ Ом; $L_1 = 0,66$ Гн; $C_1 = 0,02$ Ф. Випадкова помилка спостережень напруги U_c має постійне розподілення ймовірності й максимальну амплітуду $\pm 2\%$. На вхід системи подається одиничний скачок $U_{01}(t)$.

Щоб проінтегрувати рівняння фільтра (6), прийемо величини: $U_c(0) = 0$; $X(0) = 0$; $R_1(0) = 28$ Ом; $L_1(0) = 0,84$ Гн; $C_1(0) = 0,042$ Ф як найкращу апіорну оцінку стану. Початкові умови для матриці L^{-1} прийняті у вигляді діагональної матриці з елементами: $L_{11} = L_{22} = 10$; $L_{33} = L_{44} = L_{55} = 1$.

На рис.2 зображений процес оцінки параметрів. Відзначимо, що параметри швидко досягають своїх асимптотичних значень. Це вказує на їх ефективну ідентифікацію.

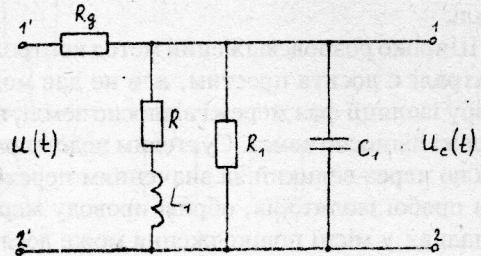


Рис. 1. Одноланцюгова схема заміщення обмотки електричної машини відносно виводів

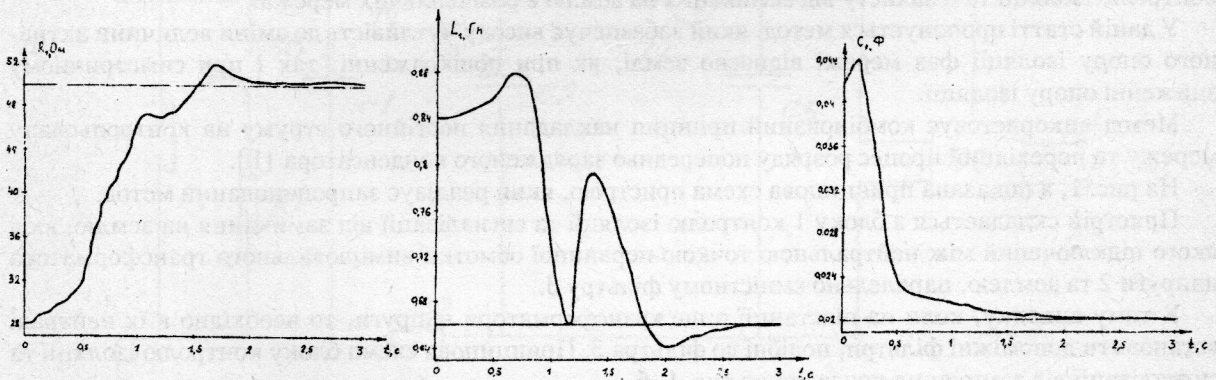


Рис. 2. Зміна R_1 , L_1 , C_1 у процесі ідентифікації

Викладений метод діагностування дозволяє виділити і оцінити в рамках використаної діагностичної моделі всю сукупність діагностичних параметрів, що дає змогу використовувати його при діагностиці обмоток електричних машин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Белоусова Н. В., Калявин В. П., Мозгалецкий А. В. Опыт применения тестового диагностирования обмоток электрических машин. — Л.: ЛДНТИ, 1989.
2. Дистефано Н. Об идентификации нелинейной вязкоупругой пружины в условиях динамики. Применение фильтров // Труды международной научно-технической конференции, посвященной памяти Работнова. — М., 1979, с.163—169.