

УДК631.362-546

МОДЕЛЮВАННЯ СТРУМУ ВИТОКУ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМУ РОБОТИ ТА ОПОРУ ІЗОЛЯЦІЇ

Козирський В.В., д.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Герасименко В.П., інженер,

Майбородіна Н.В., к.ф.-м.н.

ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

Тел. (097)358-94-01

Анотація – запропоновано для моделювання струму витоку взяти за основу Т-подібну схему заміщення асинхронного електродвигуна, яка доповнена вітками із струмом витоку та ємнісним струмом зміщення через ізоляцію.

Ключові слова– струм, захист, ізоляція, математична модель.

Постановка проблеми. У процесі експлуатації електродвигуна на ізоляцію діють: електричне поле, механічні і теплові навантаження, вологе повітря, хімічно активні реагенти оточуючого середовища, зрештою у результаті цих впливів ізоляція поступово змінює свої властивості [1, 2, 3].

Аналіз останніх досліджень. Струми витоку залежать від перенавантаження двигуна, збільшення напруги живлення, зменшення опору ізоляції та інших факторів. На даний час основним методом контролю стану ізоляції залишається метод вимірювання опору ізоляції за допомогою мегомметра. Головний недолік цього методу полягає в періодичності контролю опору ізоляції. Також слід зазначити, що вимірювана мегомметром величина опору ізоляції не відповідає дійсному значенню при змінній напрузі 220В[3,4].

Вкрай негативно впливає на стан ізоляції електродвигуна вологе повітря, оскільки практично всі конструктивні елементи електродвигуна контактують з оточуючим повітрям, яке містить вологу. У результаті такого контакту відбувається вологообмін між ізоляцією і оточуючим повітрям, ізоляція зволожується і втрачає електричний опір та електричну міцність, швидше старіє при теплових навантаженнях.

Зволоження ізоляції електродвигунів виявляють шляхом вимірювання електричного опору корпусної ізоляції і визначення числового значення коефіцієнта абсорбції. Якщо $R_{is} < 0.5$ МОм, а $\kappa_{abc} < 1.3$, то роблять висновок, що ізоляція зволожена і її необхідно підсушити чи висушити [5].

Формулювання мети статті. Т-подібна схема заміщення асинхронного електродвигуна, яка доповнена вітками із струмом витoku та ємнісним струмом зміщення через ізоляцію.

Основна частина. Для моделювання струмів витoku пропонується Т-подібна схема заміщення асинхронного електродвигуна [6] (рис.1), яка доповнена вітками із струмом витoku та ємнісним струмом зміщення через ізоляцію.

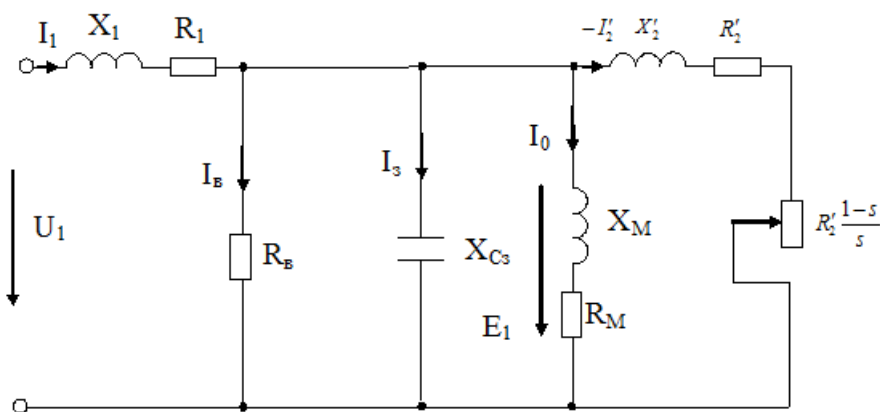


Рис. 1. Т-подібна схема заміщення асинхронного електродвигуна.

В схемі заміщення позначені наступні елементи, їх параметри та електричні величини:

R_1, X_1 – активний та реактивний опір розсіювання обмотки статора;

R_2', X_2' – активний та реактивний опір розсіювання обмотки ротора, які приведені до обмотки статора;

R_M, X_M – активний та реактивний опори намагнічуючого контуру;

$R_2' \frac{(1-s)}{s}$ – опір, який враховує навантаження двигуна і залежить від ковзання s ;

жить від ковзання s ;

R_B – опір витoku струму через ізоляцію;

X_{C3} – ємнісний опір струму зміщення;

U_1 – напруга живлення;

E_1 – ЕРС намагнічуючого контуру.

Повні комплексні опори віток кола:

$$\begin{aligned}
 i &= \sqrt{-1}; \\
 Z_1 &= R_1 + i \cdot X_1; \\
 Z_M &= R_M + i \cdot X_M; \\
 Z_2 &= R_2 + i \cdot X_2 + R_2' \cdot \frac{1-s}{s}; (1) \\
 Z_3 &= \frac{-i}{\omega \cdot X_{C3}}.
 \end{aligned}$$

Для наведеної схеми запишемо систему за законами Кірхгофа відносно невідомих струмів I_1, I_2, I_0, I_B, I_3 та ЕРС E_1 та розв'яжемо її за допомогою символної математики в середовищі Mathcad. Вирази для величин, що визначаються, мають загальний вигляд:

$$\begin{aligned}
 U_1 + E_1 &= I_1 + Z_1; \\
 E_1 &= -I_0 \cdot Z_0; \\
 E_1 &= I_2 \cdot k \cdot Z_2; \\
 E_1 &= -I_3 \cdot Z_3; (2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_1 &= I_0 + I_3 + I_B - \frac{I_2}{k}; \\
 E_1 &= -I_B \cdot R_B.
 \end{aligned}$$

Величина опору ізоляції залежить від конструктивного виконання електродвигуна, завантаження, вологості і температури повітря. При поглинанні або конденсації вологи змінюються електричні властивості ізоляції: зменшується об'ємний і поверхневий опір, зростає кут діелектричних втрат, збільшується діелектрична проникливість. Внаслідок перерозподілу електричного поля всередині ізоляційного матеріалу знижується електрична міцність. Насичені вологою ділянки ізоляції мають більшу діелектричну проникливість, а у менш зволужених різко зростає напруженість електричного поля.

При зволоженні ізоляції спостерігається збільшення коефіцієнта імпульсної міцності.

При роботі електроприводу із навантаженням струм підсушує ізоляцію і її опір збільшується. Із збільшенням струму навантаження тривалість сушіння зменшується, а швидкість відновлення опору зростає. Зміна опору R_B в процесі роботи електроприводу задовольняє нелінійному диференціальному рівнянню:

$$\frac{d}{dt} R_B = \frac{1}{T_C} \cdot (R_C - R_B). \quad (3)$$

де T_C – постійна часу зміни опору в процесі роботи електродвигуна із навантаженням, с.

Постійна часу T_C залежить від коефіцієнту завантаження, вологості і температури повітря [7].

Для двигуна серії 4А при навантаженні $I = I_H$, температурі повітря 20°C залежність $T_c = f(w_n)$ описується графічно – рис. 2.

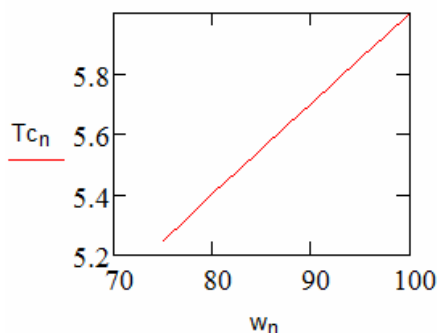


Рис. 2. Залежність постійної часу T_c від відносної вологості w_n .

Графік залежності R_B від t зображений на рис. 3.

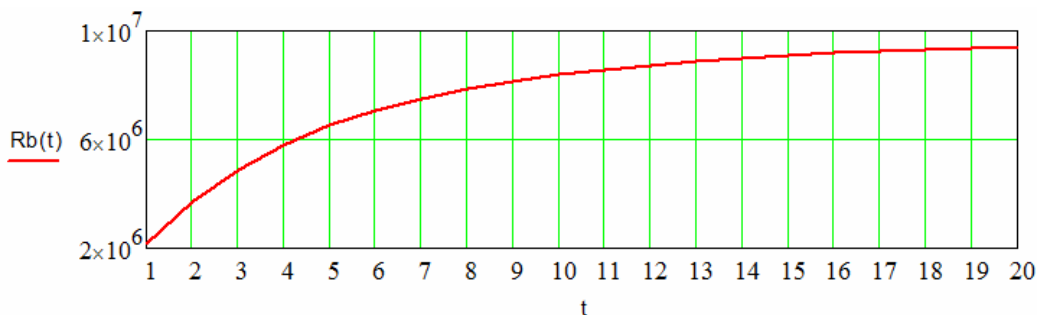


Рис. 3. Залежність зміни опору ізоляції двигуна при сушінні.

При зменшенні зволоженості ізоляції зменшується її діелектрична проникливість δ_e і зростає реактивний ємнісний опір X_3 струму зміщення. Графік залежності I_B від R_B зображений на рис.4.

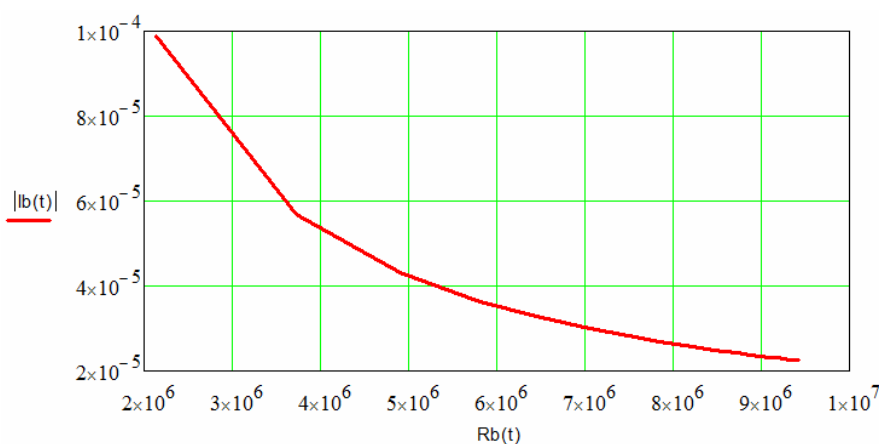
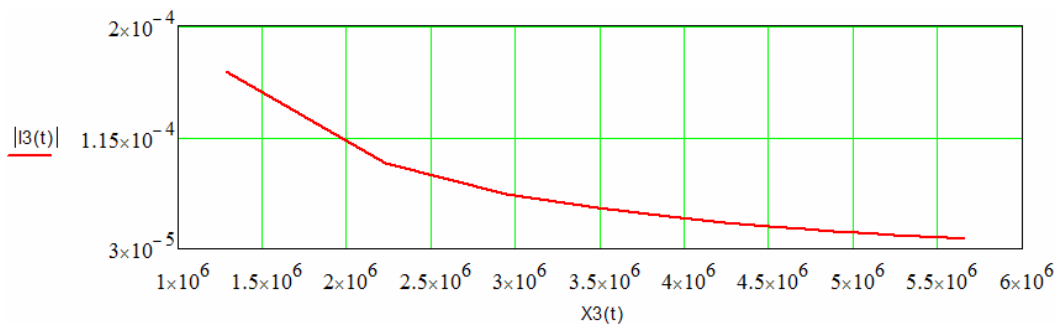
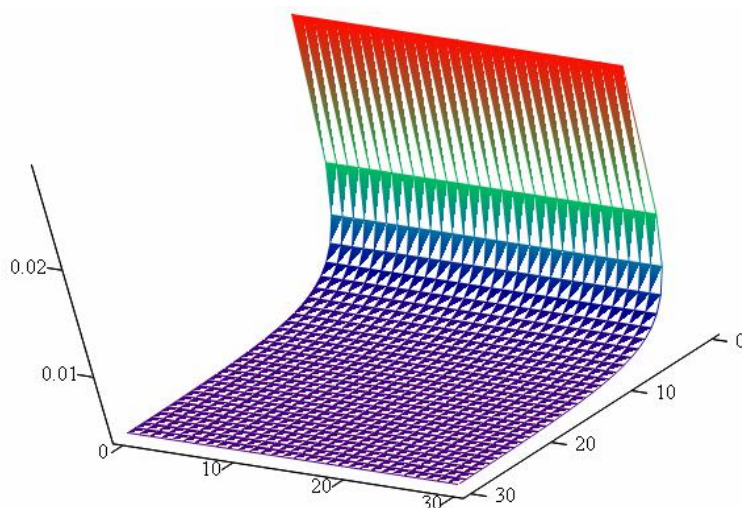


Рис. 4. Залежність I_B від R_B .

Знайдемо залежність ємнісного струму зміщення від реактивного опору зміщення ізоляції із розв’язання наведеної вище системи рівнянь. Графік залежності I_3 від X_{C3} зображений на рис.5.

Рис. 5. Залежність I_3 від X_3 .

Просторовий графік поверхні (залежність активних втрат в ізоляції від струму та опору витоку) $M_{m,n} = P_B(|I_{Bm}|, P_{Bm})$ наведений на рис. 6.

Рис. 6. Залежність активних втрат в ізоляції від струму та R_B .

Із наведеної вище системи графічно наведемо залежність струму статора електродвигуна від ковзання, яка подана на рис. 7.

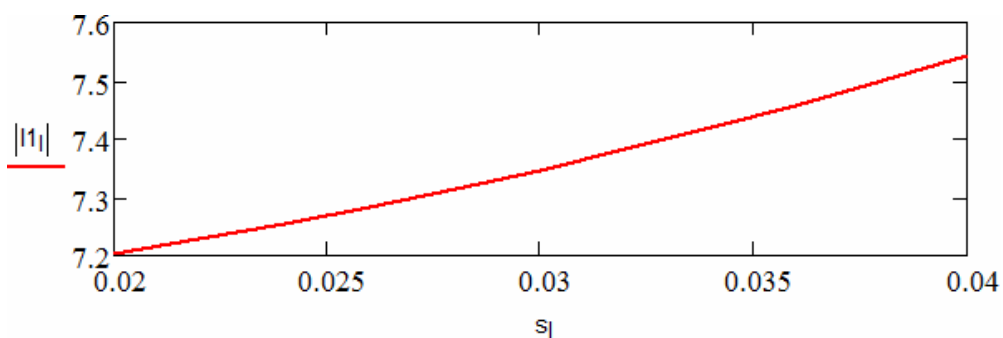


Рис. 7. Залежність струму статора електродвигуна від ковзання.

Зобразимо графік залежності струму витоку від струму статора (рис. 8).

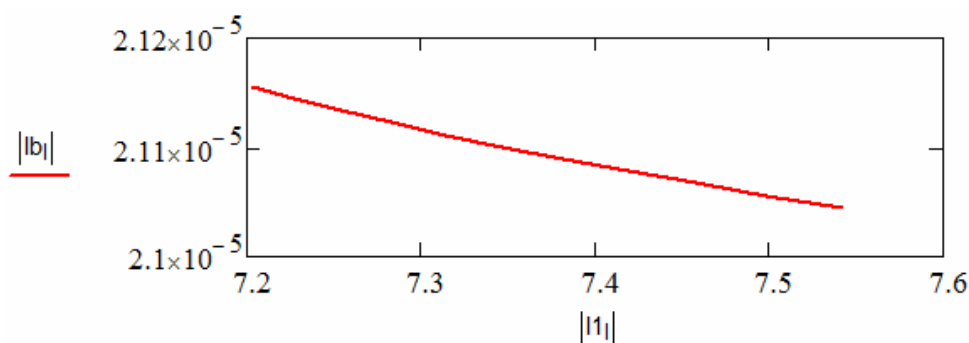


Рис. 8. Залежності струму витоків від струму статора.

Зобразимо графік залежності струму витоків від напруги електродвигуна (рис. 9).

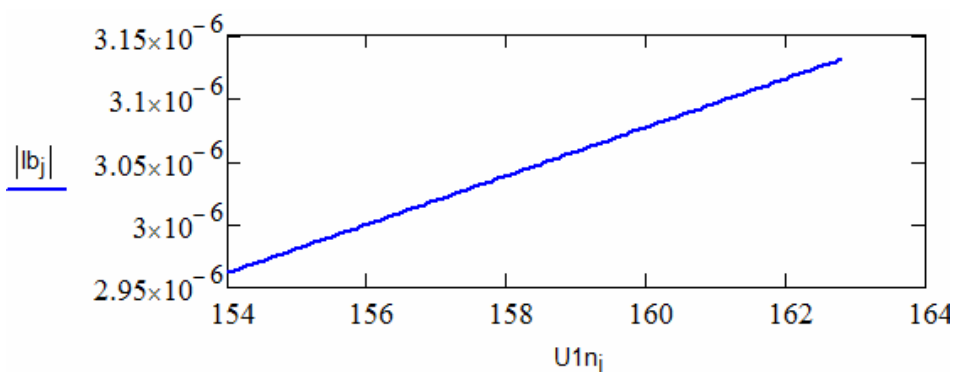


Рис. 9. Залежності струму витоків від напруги електродвигуна.

Висновки. За допомогою розробленої математичної моделі аналізу режимів роботи асинхронного двигуна із врахуванням струмів витоків та зміщення через ізоляцію можна дослідити:

1. Залежність відповідно струму витоків через активний опір витоків та реактивний опір зміщення ізоляції електродвигунів різних марок та конструктивних виконань.

2. Залежність струмів витоків від навантаження та напруги електродвигуна при різних параметрах ізоляції електродвигуна.

3. Залежність струму витоків при одночасній зміні напруги і ковзання електродвигуна (швидкий процес), або зміні вологості і температури ізоляції спільно в різних взаємопоєднаннях (повільний процес).

4. Залежність струмів витоків від окремих факторів режиму роботи електродвигуна та параметрів ізоляції.

Література

1. Козирський В.В. Способи і засоби підвищення надійності захисту та попередження появи небезпечних струмів в мережах 0,38 кВ /В.В. Козирський, В.П. Герасименко, О.В. Ковальов // Праці ТДАТУ.– Мелітополь, 2012. – Т. 2, № 12. – С.59-65.

2. *Козирський В.В.* Підвищення надійності захисту від струмів витоку в мережах 0,38 кВ/ *В.В. Козирський, В.П. Герасименко, Н.В. Майбородина* // Техніка і технології АПК.– 2012, № 2(29). – С.22-24.

3. *Масорский В.И.* Контроль изоляции в сетях с заземленной нейтралью / *В.И. Масорский* // Автоматизация и электрификация предприятий.– М.: Энергоатомиздат, 1983. – 185 с.

4. Охрана труда в электроустановках: учебник для вузов / Под ред. *Б.А. Князевского*.– 3-е. изд. – М.: Энергоатомиздат, 1983.–226 с.

5. *Якобс А.И.* Электробезопасность в сельском хозяйстве / *А.И.Якобс, А.В.Луковников*. – М.: Колос. 1981. –239с.

6. *Брускин Д.Э.* Электрические машины. Ч.1: учебник для вузов / *Д.Э. Брускин*. – М.: Высш. школа, 1979.–288 с.

7. *Корчемный Н.А.* Повышение надежности электрооборудования в сельском хозяйстве / *Н.А.Корчемный, В.П.Машевский*. – К.: Урожай, 1988.–176 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОКА УТЕЧКИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА РАБОТЫ И СОПРО ТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ

Козирский В.В., Герасименко В.П., Майбородина Н.В.

Аннотация

Предложено для моделирования тока утечки взять за основу Т-образную схему замещения асинхронного электродвигателя, которая дополнена ветками с током утечки и емкостным током смещения через изоляцию.

MODELING LEAKAGE CURRENT INDUCTION MOTOR DEPENDING ON THE PARAMETERS MODE AND INSULATION RESISTANCE

V.Kozyrsky, V.Gerasimenko, N.Mayborodina

Summary

It is a proposed for modeling leakage current to base the T-shaped equivalent circuit of induction motor, which is supplemented by branches of the leakage current and capacitive displacement current through the insulation.