

Список використаних джерел:

1. Possibilities of improving the transformers and reactors on the basis of multiple counters of the rods / A. Stavinskiy et al. *Proceedings of the international conference on modern electrical and energy systems*,. 2017. P. 176–179.
2. Radial stability evaluation and cumulative test of transformer windings under short-circuit condition / Z. Li et al. *Electric power systems research*. 2023. Vol. 217. P. 109112. URL:<https://doi.org/10.1016/j.epsr.2023.109112>.
3. Research on nonlinear vibration of transformer winding based on static analysis of axial pressing process / L. Jun et al. *Scientific reports*. 2025. Vol. 15, no. 1. URL:<https://doi.org/10.1038/s41598-025-18779-0>.

Abstract: The paper considers modern approaches to increasing the efficiency and reliability of transformers and reactors by improving the design of their active part. The disadvantages of traditional electromagnetic systems with circular shape-forming contours of rods and windings are analyzed, in particular, increased material consumption, complexity of manufacturing and insufficient electrodynamic stability. The feasibility of using multifaceted (hexagonal and octagonal) contours is substantiated, which provide a reduction in bending deformations in conductors, localization of mechanical stresses and an increase in the electrical strength of insulation. It is established that the use of such structures allows to increase the filling factor of the magnetic core, reduce electricity losses and reduce material costs. It is shown that the implementation of the proposed technical solutions contributes to increasing energy efficiency and reliability of power supply, which is an important factor in the modernization of the agricultural sector of Ukraine and the sustainable development of rural areas.

Keywords: transformer, reactor, electromagnetic system, electrodynamic stability, energy efficiency, magnetic circuit, winding, multifaceted circuit, agricultural sector, power supply.

УДК. 621.316

Аналіз впливу вибору апаратів керування та захисту на ефективність роботи електродвигуна

Вахоніна Л.В., доцент

Мардзявко К.О., асистент

Миколаївський національний аграрний університет

Анотація. У цій роботі досліджується вплив правильного та неправильного вибору апаратів керування та захисту на роботу електродвигуна. Проведено математичне моделювання основних параметрів, таких як пусковий струм, втрати електроенергії, навантаження на мережу та температурний режим двигуна. Порівняно два варіанти керування: із застосуванням плавного пуску та частотного регулювання (правильний вибір) і без них (неправильний вибір). Результати розрахунків показують значні переваги використання сучасних засобів керування, що сприяє підвищенню енергоефективності та зниженню навантаження на електромережу.

Ключові слова: електродвигун, апарати керування, захист електродвигуна, пусковий струм, плавний пуск, частотне регулювання, втрати електроенергії, навантаження на мережу, енергоефективність.

Вступ. У сучасній електротехніці ефективне використання електроенергії та забезпечення надійної роботи електрообладнання є пріоритетними завданнями. Одним із ключових аспектів досягнення цих цілей є правильний вибір апаратів керування та захисту [1]. Вони дозволяють оптимізувати роботу електричних систем, запобігати

аварійним ситуаціям і знижувати енергетичні витрати. Завдяки впровадженню сучасних технологій у сфері електротехнічного керування можливо суттєво підвищити ефективність електроспоживання та продовжити термін служби обладнання.

Метою роботи є аналіз впливу правильного вибору апаратів керування та захисту на ефективність електротехнічних систем та рівень енергозбереження.

Результати дослідження. Правильний вибір апаратів керування та захисту електродвигуна забезпечує його стабільну та безпечну роботу, запобігає аваріям, продовжує термін служби обладнання та сприяє енергозбереженню [3]. Натомість неправильний вибір може призвести до серйозних наслідків, таких як перегрів, передчасний вихід з ладу, зниження ефективності та навіть аварійні ситуації.

Таблиця 1. Порівняння правильного та неправильного вибору апаратів керування та захисту для електродвигуна

Критерій	Правильний вибір	Неправильний вибір
Захист від перевантажень	Використання термічних реле або електронних пристроїв захисту, що запобігають перегріву обмоток двигуна.	Відсутність або неправильно налаштований захист призводить до перегріву і пошкодження двигуна.
Пусковий струм	Використання пристроїв плавного пуску або частотних перетворювачів, що знижують пускові струми та механічні навантаження.	Прямий пуск без обмежень спричиняє різкі струмові стрибки, що негативно впливають на обмотки та мережу.
Захист від короткого замикання	Встановлення автоматичних вимикачів або запобіжників з відповідним номіналом.	Невідповідний автоматичний вимикач або його відсутність може спричинити вихід з ладу двигуна та навіть пожежу.
Енергозбереження	Оптимальний вибір апаратури дозволяє зменшити енергетичні втрати.	Неправильний вибір призводить до зайвих витрат електроенергії та неефективної роботи.
Тривалість роботи двигуна	Правильно підібрані пристрої продовжують термін експлуатації двигуна.	Часті аварії та неправильний режим роботи скорочують ресурс двигуна.

Таким чином, вибір якісних та відповідних за параметрами апаратів керування та захисту є запорукою безпечної, економічної та надійної роботи електродвигуна.

Щоб промоделювати математично вплив правильного та неправильного вибору апаратів керування та захисту на роботу електродвигуна, розглянемо ключові параметри: струм при пуску, втрати електроенергії, температурний режим двигуна, навантаження на мережу.

Розрахуємо їх для двох випадків [3]: з плавним пуском і частотним регулюванням (правильний вибір) та без них (неправильний вибір).

Проведемо розрахунки, в середовищі MATLAB (рис. 1).

Результати запишемо таким чином:

Пусковий струм:

Без плавного пуску (неправильний вибір): $I_{\text{пуск}} = 169.8 \text{ А}$;

З плавним пуском (правильний вибір): $I_{\text{пуск}} = 56.6 \text{ А}$.

Втрати електроенергії через пусковий струм:

Без плавного пуску: $W_{\text{втрати}} = 8650.5 \text{ Дж}$;

З плавним пуском: $W_{\text{втрати}} = 961.2 \text{ Дж}$;

Додаткове навантаження на мережу під час пуску:

Без плавного пуску: $S = 117.65 \text{ кВА}$

З плавним пуском: $S = 39.22 \text{ кВА}$

Відповідно до отриманих результатів побудуємо діаграми впливу неправильного вибору електричних апаратів (рис. 2).

```
>> % Вихідні дані
P = 15e3; % Потужність двигуна, Вт
U = 400; % Напруга мережі, В
cos_phi = 0.85; % Коефіцієнт потужності
efficiency = 0.9; % ККД двигуна
R = 0.1; % Опір обмотки, Ом
t_pusk = 3; % Час пуску, с

% 1. Номінальний струм двигуна
I_nom = P / (sqrt(3) * U * cos_phi * efficiency);

% 2. Пусковий струм
K_pusk_wrong = 6; % Кратність пускового струму без плавного пуску
K_pusk_right = 2; % Кратність пускового струму з плавним пуском

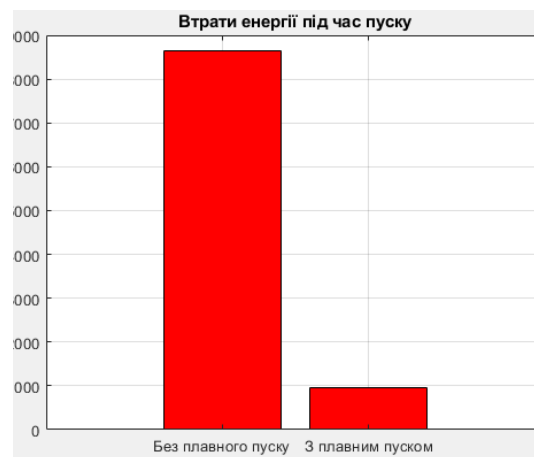
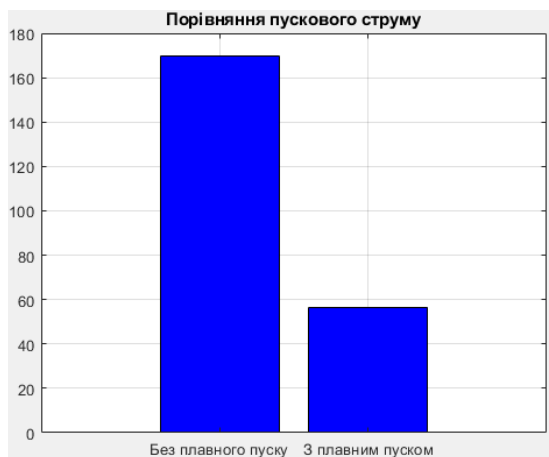
I_pusk_wrong = K_pusk_wrong * I_nom; % Пусковий струм без плавного пуску
I_pusk_right = K_pusk_right * I_nom; % Пусковий струм з плавним пуском

% 3. Втрати енергії через пусковий струм
W_loss_wrong = R * I_pusk_wrong^2 * t_pusk; % Втрати енергії (неправильний вибір)
W_loss_right = R * I_pusk_right^2 * t_pusk; % Втрати енергії (правильний вибір)

% 4. Додаткове навантаження на мережу
S_wrong = sqrt(3) * U * I_pusk_wrong; % Повна потужність при пуску (неправильний вибір)
S_right = sqrt(3) * U * I_pusk_right; % Повна потужність при пуску (правильний вибір)

% Вивід результатів
fprintf('Номінальний струм двигуна: %.2f А\n', I_nom);
fprintf('Пусковий струм без плавного пуску: %.2f А\n', I_pusk_wrong);
fprintf('Пусковий струм з плавним пуском: %.2f А\n', I_pusk_right);
fprintf('Втрати енергії без плавного пуску: %.2f Дж\n', W_loss_wrong);
fprintf('Втрати енергії з плавним пуском: %.2f Дж\n', W_loss_right);
fprintf('Повна потужність при пуску (без плавного пуску): %.2f кВА\n', S_wrong / 1000);
fprintf('Повна потужність при пуску (з плавним пуском): %.2f кВА\n', S_right / 1000);
Номінальний струм двигуна: 28.30 А
Пусковий струм без плавного пуску: 169.81 А
Пусковий струм з плавним пуском: 56.60 А
Втрати енергії без плавного пуску: 8650.52 Дж
Втрати енергії з плавним пуском: 961.17 Дж
Повна потужність при пуску (без плавного пуску): 117.65 кВА
Повна потужність при пуску (з плавним пуском): 39.22 кВА
```

Рис. 1 – Скрипт розрахунку неправильного вибору апаратів керування, з плавним пуском і частотним регулюванням (правильний вибір) та без них (неправильний вибір)



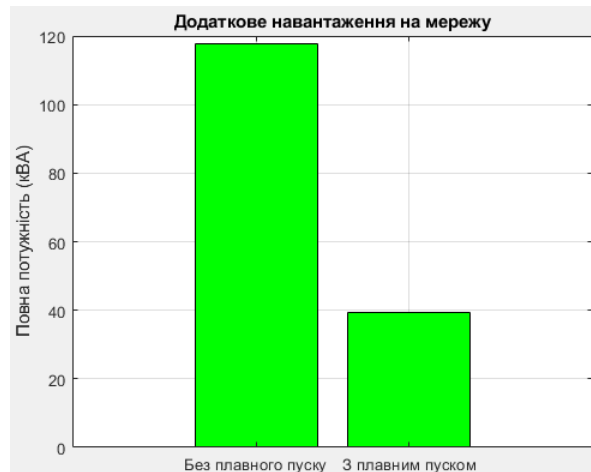


Рис. 2 – Результати моделювання

Висновок. Результати математичного моделювання підтвердили важливість правильного вибору апаратів керування та захисту електродвигуна. Використання засобів плавного пуску дозволяє значно зменшити пусковий струм, що запобігає перевантаженню електромережі та знижує втрати електроенергії. При неправильному виборі апаратури пусковий струм у 3 рази вищий, що створює ризик перегріву проводки, спрацювання захисту та нестабільності мережі. Втрати енергії при пуску у 9 разів більші, що призводить до зайвих витрат електроенергії та зниження ефективності роботи системи. Навантаження на мережу значно вище, що може спричинити просідання напруги та негативно вплинути на роботу інших електропристроїв. Отже, правильний вибір апаратів керування та захисту не тільки підвищує енергоефективність, але й сприяє стабільності роботи електромережі, зменшує експлуатаційні витрати та збільшує ресурс роботи електродвигуна.

Список використаних джерел

1. Кучеренко В. І. Електропривод та системи керування. – Київ: Техніка, 2019. 320 с.
2. Тарасов О. П. Електромеханічні системи автоматичного керування. Харків: Видавництво ХНУРЕ, 2017. 280 с.
3. Корольов А. В., Журавльов С. О. Частотне регулювання електроприводів: теорія та практика. Львів: Видавництво ЛНТУ, 2020. 350 с.

Abstract. This paper investigates the influence of the correct and incorrect selection of control and protection devices on the operation of an electric motor. Mathematical modeling of the main parameters, such as starting current, power losses, network load and engine temperature, is carried out. Two control options are compared: with the use of soft start and frequency control (correct choice) and without them (incorrect choice). The results of the calculations show significant advantages of using modern control devices, which contributes to increasing energy efficiency and reducing the load on the power grid.

Keywords: electric motor, control devices, electric motor protection, starting current, soft start, frequency control, electricity losses, network load, energy efficiency.