

ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО ПРОМІЖКУ ЧАСУ ЗНИЖЕННЯ ЖИВЛЯЧОЇ НАПРУГИ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

Єгоров О. Б.¹, Бондаренко І. О.²

¹Українська інженерно-педагогічна академія,

²Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Проаналізовано вплив зниження напруги живлячої мережі на роботу асинхронного двигуна і його здатність відновити номінальні параметри після відновлення напруги.

Постановка проблеми. Асинхронні електричні двигуни при живленні від мережі нестабільної напруги, що, на жаль, характерно для мереж АПК, піддані ризику виходу з номінального режиму роботи. При зниженні живильної напруги відбувається зменшення електромагнітного моменту на валу двигуна. Під дією моменту навантаження, що постійний за своїм значенням, відбувається зменшення обертаючого моменту, що приводить до збільшення ковзання й гальмуванню ротора.

Ковзання збільшується й велика ймовірність досягнення його критичного значення s_k . При відновленні напруги до номінального значення на валу електродвигуна відновлюється повний обертаючий момент, відбувається зниження ковзання й двигун може повернутися до своїх номінальних параметрів режиму роботи.

Природно, виникає завдання визначення межі припустимої втрати швидкості, який відповідає момент на валу двигуна (M_x) і деяке значення ковзання (s_x).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існуючий аналіз роботи асинхронних двигунів [1,2] показує, що їхні параметри розраховують так, щоб при номінальному режимі вони мали ККД й $\cos\phi$, близькі до максимальних значень. При зменшенні напруги пропорційно квадрату напруги зменшується обертаючий момент на валу двигуна й при великому моменті навантаження може відбутися порушення стійкості двигуна. Однак не приводяться рекомендації із практичного визначення критичних значень зменшення величини живлячої напруги і його тривалості цього процесу.

Мета статті. У статті пропонується алгоритм розрахунку швидкості обертання асинхронного двигуна при зниженні живлячої напруги при різних значеннях моменту інерції на валу двигуна.

Основні матеріали дослідження. Швидкість обертання ротора визначається надлишковим моментом, що обчислюється як

$$\Delta(\omega) = M_n - M_x. \quad (1)$$

При постійному опорі моменту навантаження зміна обертаючого моменту

$$\Delta(\omega) = Jd\omega/dt, \quad (2)$$

де J – сума інерційності обертової маси на валу двигуна.

Залежність часу від зміни частоти обертання має вигляд

$$t = J \int d\omega/\Delta(\omega). \quad (3)$$

У відносних одиницях одержимо

$$t = J\omega_n/M_n \int d(\omega/\omega_n)/\Delta(\omega/\omega_n), \quad (4)$$

де $J\omega_n/M_n$ – залежить від параметрів двигуна й зчеплених з ним механізмів, має розмірність часу.

Відношення $J\omega_n/M_n$ може бути представлене як постійна часу (Ta). Якщо $\omega/\omega_n = v$ – відносна швидкість обертання, тоді час знаходиться як $t = Ta \int dv/\Delta(v)$, тут Ta – постійна часу, пов'язана зі зміною частоти обертання.

Т. к. прискорення ротора дорівнює $ds/dt = -dv/dt$, те можна визначити час t , необхідне для зміни швидкості ротора або ковзання від s_n до s_x під дією позитивної різниці між моментом навантаження й корисним обертаючим моментом двигуна. Тривалість зниження напруги не повинна перевищувати цей час t , інакше двигун загальмується. Це час t визначається з виразу:

$$t = -Ta \int ds/\Delta(\omega). \quad (5)$$

Величину $\Delta(\omega) = M_n - M_x = M_n \cdot (1 - M_x/M_n)$ необхідно пов'язати з критичним моментом $M_{кр}$ та співвідношенням $M/M_{кр}$.

При зниженні напруги відношення обертаючих моментів пропорційно відношенню квадратів відповідних напруг:

$$M_x/M_n = (U_x/U_n)^2. \quad (6)$$

Тоді

$$\frac{M_x}{M_n} = \frac{M_{кр}}{M_n} \cdot \left(\frac{U_x}{U_n}\right)^2 \cdot \frac{2}{\frac{s}{s_{кр}} + \frac{s_{кр}}{s}} = \frac{2k}{\frac{s}{s_{кр}} + \frac{s_{кр}}{s}} \quad (7)$$

Величина $k = M_{кр}/M_n \cdot (U_x/U_n)^2$ означає відношення максимального моменту за умов зниженої напруги до обертаючого моменту за умов повної напруги. Підставивши ці співвідношення для визначення необхідного часу отримуємо $t = T_a \cdot \tau$, де τ – коефіцієнт, що дорівнює відносному часу втрати обертів, та залежний від k , а також від співвідношень та значень ковзання та критичного ковзання.

Якщо дорівняти M_n до моменту опору навантаження, одержимо рівняння

$$s/s_{kp} + s_{kp}/s = 2 M_{kp}/M_x \quad (8)$$

або

$$s^2 - 2M_{kp}/M_x \cdot s_{kp}s + s_{kp}^2 = 0. \quad (9)$$

Рішення квадратного рівняння має два корені s_n й s_x

$$s_{n,x} = s_{kp} \cdot \frac{M_{kp}}{M_x} \pm \sqrt{\left(s_{kp} \cdot \frac{M_{kp}}{M_x}\right)^2 - s_{kp}^2} \quad (10)$$

Аналіз співвідношення для τ показує, що відносний час втрати швидкості залежить тільки від M_{kp}/M_x і від коефіцієнта k . Значення ж k визначається величинами відносного максимального моменту при повній нарузі й відносному зменшенні напруги.

Для приклада розрахуємо припустимий час зниження живлячої напруги (0,4 кВ) для двох асинхронних двигунів (4A160S4B3 - 15 кВт, 4A225M4B3 - 55 кВт) залежно від моменту інерції мас на валу.

У розрахунку враховується момент інерції обертових мас двигуна, що розраховується за

$$J_{d,max} = k \cdot k_m \cdot P_{ном} \cdot v \cdot p^y, \quad (11)$$

де $P_{ном}$ - потужність двигуна номінальна, кВт;
 k, k_m, v, y - значення прийняті з [1];
 p - число пар полюсів;

На рис. 1 зображені залежності гранично припустимої тривалості зниження напруги від його величини й моменту інерції J на валу двигуна.

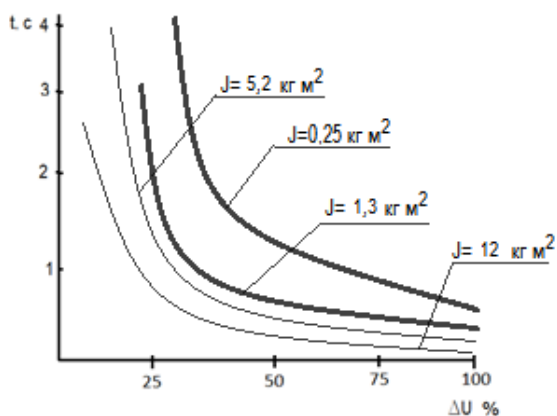


Рисунок 1 – Залежності припустимого часу зниження живлячої напруги від його величини для двигунів: — 4A160S4B3;
 — 4A225M4B3

Розрахунок проводиться в наступному порядку:

- по механічній характеристиці двигуна визначаються номінальний обертаючий момент і максимальний момент відповідному критичному ковзанню S_k ;

- розраховується критична живляча напруга (U_{kp}), при якому момент навантаження на валу двигуна буде перевищувати максимальний момент;

- при розрахованій величині моменту інерції для напруг від нуля до U_{kp} розраховується припустимий період зниження живлячої напруги;

- варіюємо моментом інерції й робимо повторний розрахунок.

Висновки. Проаналізувавши результати досліджень, можна зробити наступний висновок, що граничний час зниження живлячої напруги залежить від двох компонентів, а саме від величини провалу напруги $\Delta U\%$ величини моменту інерції обертових на валу електродвигуна мас J .

Завдяки моменту інерції J , навіть при повному зникненні живлячої напруги, припустимий час t не дорівнює нулю, тому що маса обертових тіл не допускає миттєвого зниження швидкості обертання ротора до нуля.

Список використаних джерел

1. Ершов С. В. Анализ влияния провалов напряжения на показатели работы систем электроснабжения / С. В. Ершов, А. М. Михайлов // Известия ТулГУ. Технические науки. – Тула: ТУЛГУ, 2013 – Вып. 12. – Ч. 2. – С. 62–63.
2. Суднова В. В. Влияние качества электроэнергии на работу электроприемников / ЗАО "Энергосервис". – М.: 2000. – 80 с.
3. Асинхронные двигатели серии 4А: Справ./ А. Э. Кравчик и др.- М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.

Аннотация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ПРОМЕЖУТКА ВРЕМЕНИ СНИЖЕНИЯ ПИТАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Егоров А. Б., Бондаренко И. О.

Проанализировано влияние снижения напряжения питающей сети на работу асинхронного двигателя и его способность восстановить номинальные параметры после восстановления напряжения.

Abstract

DETERMINATION OF THE MAXIMUM PERIOD OF TIME DECREASE THE BATTERY VOLTAGE ASYNCHRONOUS MOTORS

A. Yegorov, I. Bondarenko

Influence of under voltage of a power line on operation of the asynchronous engine and its ability to restore nominal parameters after restoration of tension is analyzed.