

РЕЖИМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА В ПРИВОДІ ЕСКАЛАТОРА МЕТРОПОЛІТЕНУ

Дубчак Є.М., ст. викладач, Реуцький М.О., к.т.н., доцент, Бурлуцький А.Д., магістрант

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електромеханіки

Вступ. Енергозбереження – важлива проблема людства на сьогоднішній день. На прикладі електричних машин зекономити можна на етапі проектування, виготовлення та експлуатації. Сучасний світ неможливо уявити без метрополітену, особливо у великих містах. Адже метро допомагає зекономити час, уникнути багатогодинних заторів на дорогах. Основною функцією метрополітену є транспортування людей на певні відстані по місту. Доставка пасажирів з поверхні до платформи метро здійснюється за допомогою ескалаторів. Найчастіше приводами ескалаторів є асинхронні двигуни за фазним ротором. Але іноді використовуються двигуни з короткозамкненим ротором. Це пояснюється їх більшою надійністю, нижчою вартістю і кращими енергетичними показниками. При роботі таких машин приводом ескалатора навантаження дуже залежить від пасажиропотоку, який змінюється у робочому циклі дуже сильно. Найбільший ККД асинхронного двигуна – при навантаженні близько 80% від номінального. При недовантаженні асинхронної машини постійні втрати значно відрізняються від змінних втрат і ККД зменшується [1, 3].

Мета роботи. Метою роботи є визначення оптимального регулювання напруги при недовантаженні асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором згідно з графіком зміни навантаження (пасажиропотоку) для збереження електроенергії.

Матеріали і результати досліджень. При аналізі діаграми зміни пасажиропотоку та особливостей конструкції ескалаторів метрополітену було виявлено, що при значному збільшенні пасажиропотоку працівники метро просто пускають у хід третій ескалатор, зменшуючи навантаження на найбільш перевантажений ескалатор. Після зменшення пасажиропотоку зайвий ескалатор вимикають. Але при цьому протягом 2-3 годин привод ескалаторів недовантажений на (20-40)% [3].

При вивченні дисципліни “Потужні електромеханічні комплекси та енергозбереження при їх експлуатації” [1], аналізувався склад постійних та змінних втрат та їх зміни при недовантаженні асинхронного двигуна. Ця методика і була прийнята за основу дослідження. Під час роботи був проведений повірочний розрахунок асинхронного двигуна з метою перевірки його параметрів та робочих і пускових характеристик і створена математична модель у вигляді Г-подібної схеми заміщення за методикою [2].

Дослідження здійснювалося таким чином:

- 1) Задавалися кратністю навантаження $\beta = P_2/P_{2н}$;
- 2) розраховувався оптимальний коефіцієнт зміни напруги $\alpha = U/U_n$ за методикою [1], числові значення показано для $\beta = 1$:

$$\alpha = \sqrt{\beta} * \sqrt[4]{\frac{B}{A}} = 1.095$$

де змінні втрати в обмотках:

$$B = b_1 * k^2 + b_2 = 4098 \text{ Вт}$$

b_1 – електричні втрати обмотки статора;

b_2 – електричні втрати обмотки ротора;

$$A = a + b_1 * (1 - k^2) = 2855$$

$$k = \cos \varphi_n = 0.871;$$

a – втрати в сталі.

Також у програмі Mathcad розраховували суму втрат $\Sigma P_{\beta\alpha}$ і ККД:

$$\Sigma P_{\beta\alpha} = \alpha^2 * a + \left[\frac{\beta^2 * k^2}{\alpha^2} + \alpha^2 * (1 - k^2) \right] * b_1 + \left(\frac{\beta^2}{\alpha^2} \right) * b_2 + c$$

$$\eta_m = 1 - \frac{2 * \beta * \sqrt{A * B} + c}{\beta * P_2 + 2 * \beta * \sqrt{A * B} + c}$$

де c – механічні втрати.

Були проведені розрахунки для діапазону значень навантаження двигуна згідно навантажувальної діаграми ескалятора і попередні результати, наведені в таблиці 1.

В роботі проаналізований склад сумарних втрат та їх зміни при змінах навантаження без регулювання. Потім для реального двигуна за методикою [2] були розраховані реальні значення ККД, складових сумарних втрат і коефіцієнту потужності при зменшенні навантаження та оптимальному зменшенні напруги [1] за допомогою розрахунків робочих характеристик машини [2]. Отримані дані, винесені в таблицю 2 та рис. 1, трохи відрізняються від попередніх даних (таблиця 1). При номінальному навантаженні та номінальній напрузі сума втрат реальних більша від попередньо розрахованих приблизно на 500 Вт за рахунок точнішого розрахунку втрат в сталі та додаткових втрат.

Таблиця 1– Попередні розрахунки суми втрат, ККД та коефіцієнту потужності при оптимальному регулюванні напруги недовантаженого двигуна

β	α	$\Sigma p_{\beta\alpha}$, кВт	η_m	$\cos\varphi$
0	0	2.831	0	0
0.1	0.346	3.273	0.883	0.175
0.2	0.49	3.715	0.912	0.334
0.3	0.6	4.157	0.922	0.47
0.4	0.692	4.599	0.927	0.579
0.5	0.774	5.041	0.93	0.664
0.6	0.848	5.482	0.932	0.729
0.7	0.916	5.924	0.934	0.779
0.8	0.979	6.366	0.935	0.817
0.9	1.038	6.808	0.936	0.848
1	1.095	7,250	0.937	0.871

Таблиця 2– Уточнені розрахунки суми втрат, ККД та коефіцієнту потужності при оптимальному регулюванні напруги недовантаженого двигуна

β	α	U_1 , В	Σp , кВт	η_{max}	$\cos\varphi$	$\cos\varphi * \eta$
1	1	220	7,762	0,936	0,871	0,815
0,7	0,916	200,964	6,644	0,934	0,873	0,816
0,6	0,848	186,045	5,805	0,933	0,875	0,816
0,5	0,774	169,81	4,968	0,931	0,876	0,816
0,3	0,6	131,636	3,306	0,924	0,878	0,811

Для мінімізації втрат в номінальному режимі оптимальним було значення $\alpha = 1,095$, а в реальному робочому режимі $\alpha = 1$. Це також призводить до часткового збільшення суми втрат. Оптимальне управління напругою дозволяє стабілізувати ККД на ділянці максимального значення. При зменшенні навантаження та напруги коефіцієнт потужності трохи зростає за рахунок зменшення реактивної складової струму та зменшення насичення магнітопроводу.

Висновки. Враховуючі зміни діаграми пасажиропотоку метрополітену протягом доби, що впливає на навантаження приводу ескалаторів, для економії енергії потрібно регулювати напругу при недовантаженні асинхронного двигуна приводу ескалатора, адже покращуються енергетичні показники, мінімізуються втрати і економляться значні кошти. Звичайно, на придбання

пристрою для регулювання напруги необхідно витратити деякі кошти, але з часом вони окупляться.

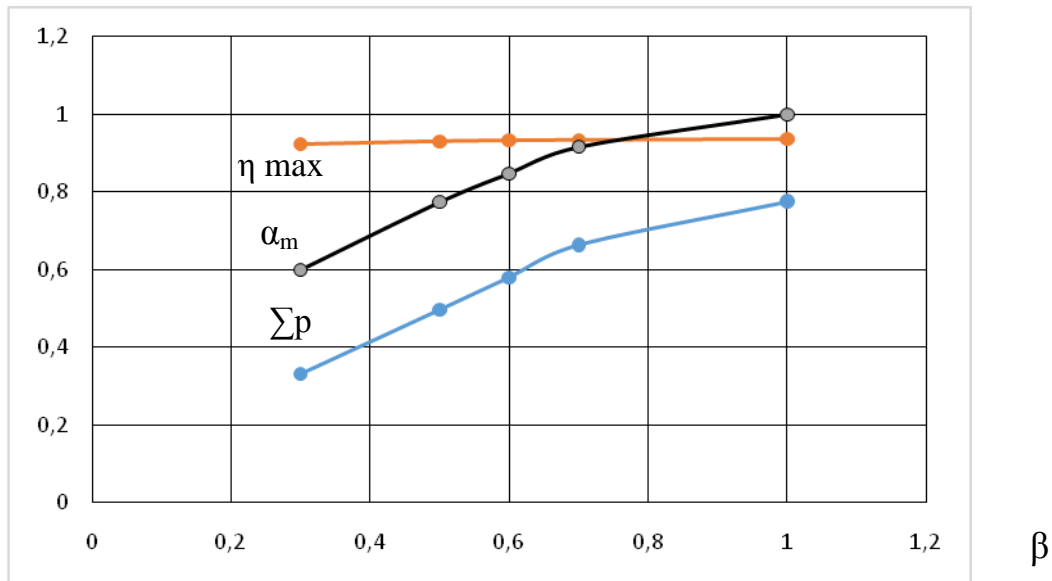


Рисунок 1– Уточнені залежності ККД, суми втрат та оптимального коефіцієнту регулювання напруги в залежності від зміни навантаження

Перелік посилань

1. Виробничі електромеханічні комплекси: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл./ В.М.Красніков, М.Г.Анпілогов, М.О.Реуцький; За заг. ред. В.М.Красніков, - К.: Норіта-плюс, 2007,- 184 с.:іл.-Бібліогр.: С. 180.
2. Копылов И.П. «Проектирование электрических машин» - Москва: Энергия, 1980г.
3. Олейник А.М., Поминов И.Н. Эскалаторы. М., 1973 Технические характеристики эскалаторов метрополитенов. М., 1985 .