

УДК 621.313.333.004.58

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМЕ “ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ – РАБОЧАЯ МАШИНА”

Постникова М.В., инженер,

Телюта Р.В., инженер.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619)42-32-63

Аннотация – предложена методика исследования потерь активной мощности в системе “электродвигатель – рабочая машина”.

Ключевые слова – механическая характеристика, вращающий момент, частота вращения, потери активной мощности, полезная активная мощность.

Постановка проблемы. Сегодня в поточных технологических линиях агропромышленного комплекса наблюдаются значительные потери активной мощности как в приводных электродвигателях, так и в рабочих машинах [4].

Анализ последних исследований. Вопросам потерь активной мощности в современных исследованиях уделяется большое внимание. Однако, отдельно рассматриваются как электродвигатели, так и рабочие машины.

Формулирование целей статьи. Целью статьи является комплексное исследование потерь активной мощности в системе “электродвигатель – рабочая машина”.

Основная часть. Как известно, в системе “электродвигатель – рабочая машина” кроме полезной активной мощности, расходуемой на выполнение требуемой работы по переработке продукции наблюдаются потери активной мощности как в приводном электродвигателе, так и в рабочей машине. Исследуем эти потери.

Рассмотрим эмпирическую формулу механической характеристики рабочей машины [2]

$$M_c = M_o + (M_{cн} - M_o) \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^x, \quad (1)$$

где M_c – момент сопротивления рабочей машины, Н·м;

M_o – момент трогания рабочей машины, Н·м;

$M_{с.н}$ – номинальный момент сопротивления рабочей машины, Н·м;

ω – угловая скорость вращения рабочей машины, рад/с;

ω_n – номинальная угловая скорость вращения рабочей машины, рад/с;

x – коэффициент, характеризующий тип механической характеристики.

Известно, что

при $x = 0$ механическая характеристика является независимой от скорости;

при $x = 1$ механическая характеристика является линейно-возрастающей;

при $x = 2$ механическая характеристика является нелинейно-возрастающей;

при $x = -1$ механическая характеристика является нелинейно-спадающей.

Приведём для примера линейно-возрастающую механическую характеристику (рис. 1).

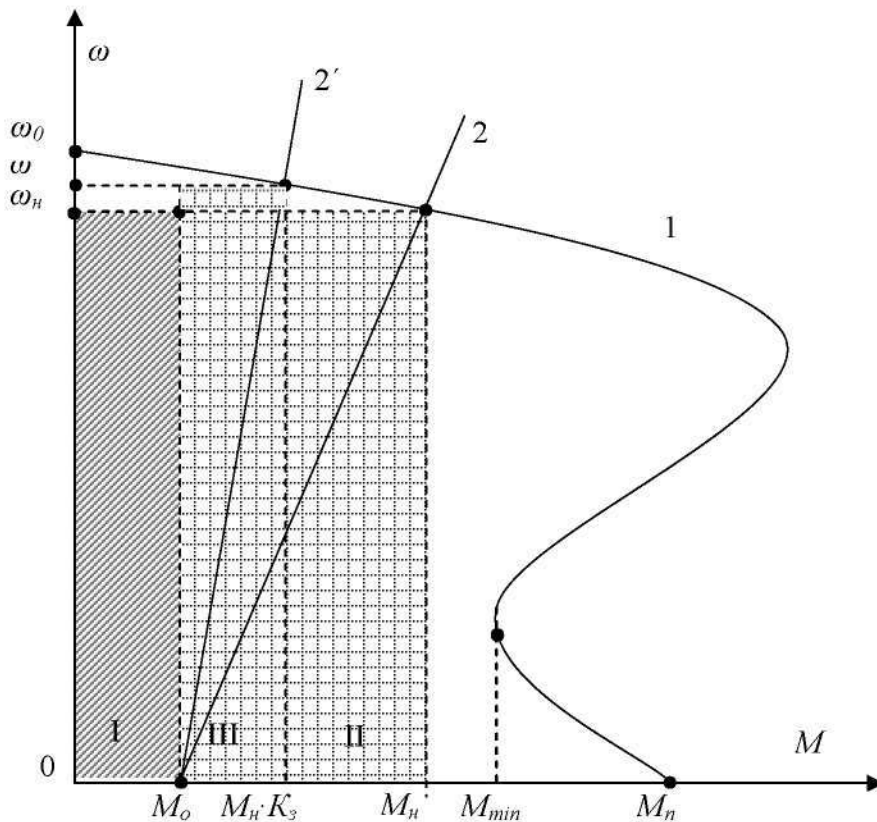


Рис. 1. Механические характеристики:
1 – электродвигателя; 2 – рабочей машины.

Для приведенной механической характеристики принято

$$M_{с.н} = M_n, \quad (2)$$

где M_n – номинальный момент электродвигателя, Н·м.

На рисунке 1 представлены потери активной мощности в рабочей машине на трение (заштрихованная площадь I)

$$P_o = M_o \cdot \omega_n. \quad (3)$$

Активная мощность, потребляемая рабочей машиной на выполнение работы при номинальной загрузке, представляется заштрихованной площадью II

$$P_n = (M_n - M_o) \cdot \omega_n. \quad (4)$$

Активная мощность, потребляемая рабочей машиной на выполнение полезной работы при неполной загрузке (механическая характеристика 2'), представлена заштрихованной площадью III

$$P = (M_n \cdot \kappa_3 - M_o) \cdot \omega, \quad (5)$$

где κ_3 – коэффициент загрузки рабочей машины;

ω – угловая скорость вращения рабочей машины при неполной загрузке, рад/с.

Под коэффициентом загрузки рабочей машины будем понимать отношение фактической её производительности к номинальной, то есть

$$\kappa_3 = \frac{Q}{Q_n}, \quad (6)$$

где Q – фактическая производительность рабочей машины, кг/с;

Q_n – номинальная производительность рабочей машины, кг/с.

При недогрузке рабочей машины коэффициент загрузки

$$\kappa_3 < 1, \quad (7)$$

при перегрузке

$$\kappa_3 > 1, \quad (8)$$

при номинальной загрузке

$$\kappa_3 = 1. \quad (9)$$

Активная мощность, потребляемая рабочей машиной на трение при неполной загрузке рабочей машины

$$P_o = M_o \cdot \omega. \quad (10)$$

Таким образом, в общем случае активная мощность, потребляемая рабочей машиной, равна

$$P_c = P_o + P, \quad (11)$$

то есть состоит из постоянной составляющей активной мощности P_o , расходуемой на трение, и переменной составляющей активной мощности P , расходуемой на выполнение полезной работы.

Запишем выражение коэффициента загрузки работающего электродвигателя

$$\kappa_{зэд} = \frac{P_o + P}{P_{2н}}, \quad (12)$$

где $P_{2н}$ – номинальная активная мощность электродвигателя, Вт.

Перепишем выражение (12) с учётом (5) и (10), введя скольжение электродвигателя

$$\kappa_{зэд} = \frac{\omega_o \cdot (1 - s) \cdot (M_o + (M_n \cdot \kappa_3 - M_o))}{P_{2н}}, \quad (13)$$

где ω_o – синхронная угловая скорость электродвигателя, рад/с;

s – скольжение электродвигателя.

Перепишем выражение (13), используя угловую скорость вращения электродвигателя

$$\kappa_{зэд} = \frac{\omega \cdot (M_o + (M_n \cdot \kappa_3 - M_o))}{P_{2н}}, \quad (14)$$

Величина $(M_n \cdot \kappa_3 - M_o) \cdot \omega$ представляет собой, как было показано ранее (5), полезную активную мощность, а величина $M_o \cdot \omega$ представляет собой, как было показано ранее (10), активную мощность, расходуемую на трение.

Таким образом, измеряя угловую скорость вращения либо скольжение электродвигателя, можно определить, с одной стороны – потери активной мощности в рабочей машине, а с другой – полезную активную мощность, потребляемую рабочей машиной.

По этим данным можно рассчитать коэффициент загрузки электродвигателя и потери активной мощности в электродвигателе.

Зная коэффициент загрузки электродвигателя, пользуясь справочными данными [3], можно определить коэффициент полезного действия электродвигателя и потери активной мощности в нём

$$\Delta P_{\text{эд}} = \frac{\kappa_{\text{эд}} \cdot P_{2\text{н}}}{\eta} - \kappa_{\text{эд}} \cdot P_{2\text{н}}, \quad (15)$$

где η – коэффициент полезного действия электродвигателя при заданном коэффициенте загрузки.

Проведём исследование потерь активной мощности в системе “электродвигатель – рабочая машина” на примере привода ковшевого элеватора (нории).

Активная мощность, потребляемая ковшевым элеватором (норией) [1]

$$P_c = \frac{g \cdot \kappa_3 \cdot Q_n \cdot H}{\eta_n}, \quad (16)$$

где κ_3 – коэффициент загрузки норией;

Q_n – номинальная производительность норией, кг/с;

H – высота подъёма материала, м;

η_n – номинальный коэффициент полезного действия норией.

Полезная активная мощность, потребляемая норией

$$P = g \cdot \kappa_3 \cdot Q_n \cdot H. \quad (17)$$

Потери активной мощности в норией

$$P_0 = \frac{g \cdot \kappa_3 \cdot Q_n \cdot H}{\eta_n} - g \cdot \kappa_3 \cdot Q_n \cdot H. \quad (18)$$

Таким образом, нами получена зависимость потерь активной мощности в норией в функции производительности норией при заданных значениях высоты подъёма продукта и номинального коэффициента полезного действия норией.

Исследуем потери активной мощности в норией типа НЗ-20 с приводным электродвигателем типоразмера 4А100S4У3 с номинальной мощностью 3 кВт.

Введём понятие коэффициента потерь активной мощности в системе “электродвигатель - рабочая машина”, под которым будем пони-

мать отношение потерь активной мощности в системе к активной мощности, потребляемой рабочей машиной, то есть

$$\kappa_n = \frac{\Delta P}{P_c}, \quad (19)$$

где ΔP – потери активной мощности в системе, Вт.

Последние определяем следующим образом:

$$\Delta P = P_o + \Delta P_{\text{эд}}; \quad (20)$$

$$P_o = P_c - P. \quad (21)$$

Введём понятие удельных потерь энергии в системе, расходуемой на единицу перерабатываемой продукции

$$w_{\text{уд}} = \frac{\Delta P}{Q}, \quad (22)$$

где $w_{\text{уд}}$ – удельные потери энергии, Дж/кг.

Расчётные данные заносим в табл. 1.

Таблица 1

κ_3	0,1	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,25
P_c , Вт	575	650	687	725	800	875	950	1025	1100	1175	1250	1437
P , Вт	75	150	187	225	300	375	450	525	600	675	750	938
P_o , Вт	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
$\kappa_{\text{эд}}$	0,19	0,22	0,23	0,24	0,27	0,29	0,32	0,34	0,37	0,39	0,42	0,48
$\Delta P_{\text{эд}}$, Вт	126	143	151	159	176	192	209	225	241	258	274	316
ΔP , Вт	626	643	651	659	676	692	709	725	741	758	774	816
$\kappa_{\text{п}}$	1,09	0,99	0,95	0,91	0,85	0,79	0,75	0,71	0,68	0,65	0,62	0,57
Q , кг/с	0,56	1,11	1,39	1,67	2,22	2,78	3,34	3,89	4,45	5,00	5,56	6,95
$w_{\text{уд}}$, Дж/кг	1126	578	468	395	304	249	212	186	167	151	139	117

На рис. 2 и 3 приведены зависимости коэффициента потерь активной мощности в системе “электродвигатель – рабочая машина” в функции активной мощности, потребляемой рабочей машиной и удельных потерь энергии в системе в функции производительности рабочей машины.

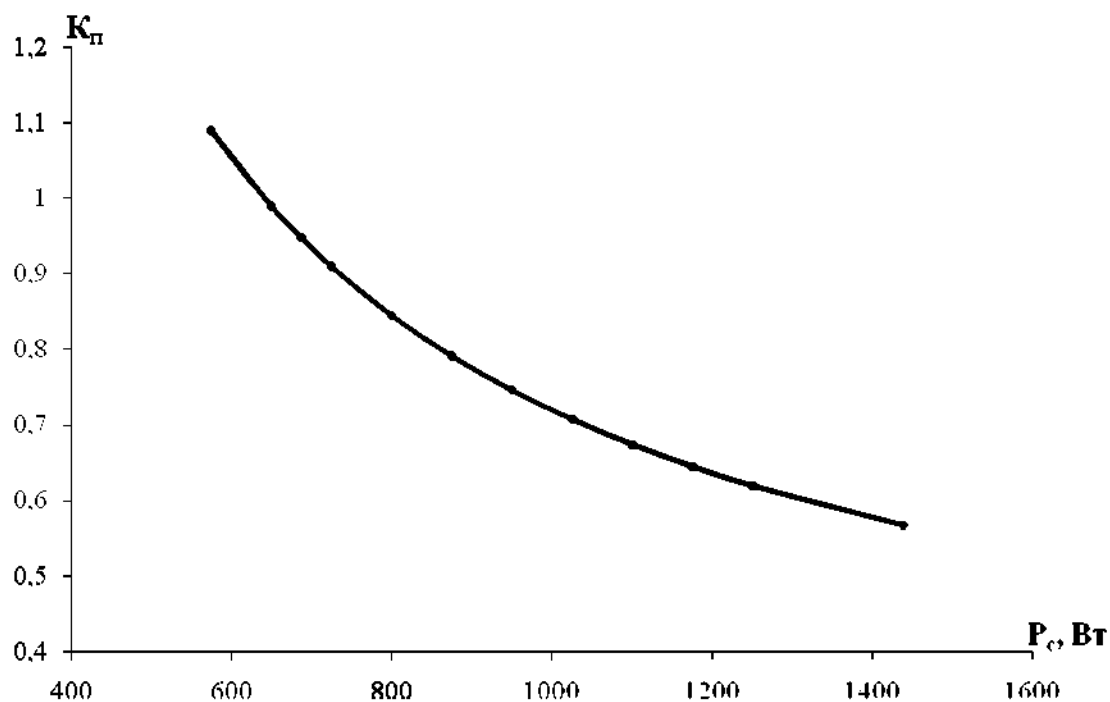


Рис. 2. Зависимость коэффициента потерь активной мощности в системе “электродвигатель – рабочая машина” в функции активной мощности, потребляемой рабочей машиной.

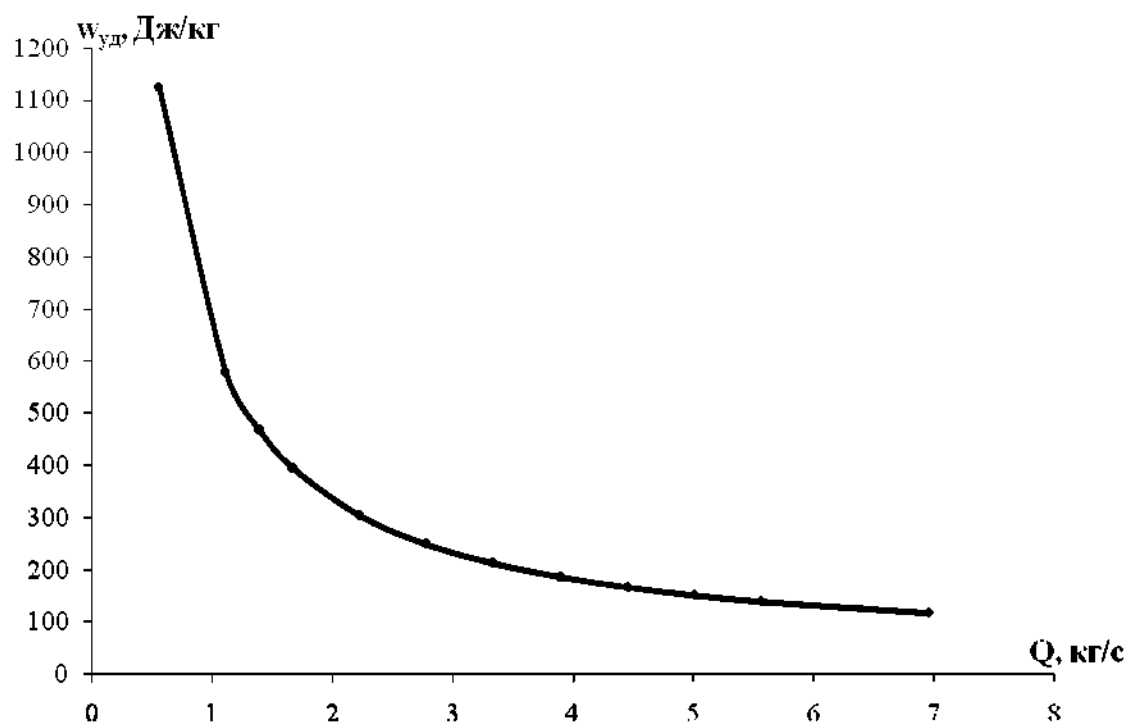


Рис. 3. Зависимость удельных потерь энергии в системе “электродвигатель – рабочая машина” в функции производительности рабочей машины.

Выводы. Как показывают результаты исследования, зависимость удельных потерь энергии в системе “электродвигатель – рабочая машина” в функции производительности носит убывающий характер, и поэтому, возможно создание оптимизационной системы загрузки рабочей машины.

Литература

1. *Кожуховский И.Е.* Механизация очистки и сушки зерна / *И.Е. Кожуховский, Г.Т. Павловский.* – М.: Колос, 1968. – 439 с.
2. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та поточкових ліній: Підручник / [Є.Л. Жуляй, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лаврінченко та інш.]; за ред. Є.Л. Жуляя. – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.
3. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник / [А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболевская]; под. ред. А.Э. Кравчика. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.
4. *Корчемний М.* Енергозбереження в агропромисловому комплексі / *М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань.* – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В СИСТЕМІ “ЕЛЕКТРОДВИГУН – РОБОЧА МАШИНА”

Постнікова М.В., Телюта Р.В.

Анотація

Запропонована методика дослідження втрат активної потужності в системі “електродвигун – робоча машина”.

STUDY OF THE LOSSES TO ACTIVE POWER IN SYSTEM “ELEKTRODVIGATELI-A WORKER MACHINE”

M. Postnikova, R. Telyuta

Summary

The research of active power losses in system “electric motor – a worker machine” is offered.