

9. Деро А.Р., Большам Я.М., Зевакин А.И., Каминский Е.А. Неполадки в работе асинхронного двигателя. - Энергия, 1976- 48с.

10. Поздеев А.Д. Процессы в частотнорегулируемых частотных приводах. - Чебоксары: издательство Чуваш. ин-та.- 27с., 35с.

УДК:62-83:621.7.068

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПЕРЕМОТОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

Е.Я.Омельченко, В.О.Моисеев

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова», Россия, г. Магнитогорск
momentum2@yandex.ru, ickar@mail.ru*

Аннотация

С общих позиций закона сохранения энергии проанализированы процессы преобразования мощности в многодвигательных электроприводах перемotoчных устройств. Рассмотрено 4 типа электроприводов с разными кинематическими схемами. Выведены уравнения баланса мощностей. Определены зависимости потребляемой активной мощности с учетом рекуперации энергии. Даны рекомендации по применимости рассматриваемых электроприводов с учетом энергоэффективности и капитальных затрат.

Ключевые слова: перемotoчное устройство, диаграмма мощностей.

ENERGY THEORY OF ELECTRIC DRIVES OF MULTIMOTOR REWINDER MILLS

E.Y.Omelchenko, V.O. Moiseev

*Nosov Magnitogorsk State Technical University
Russia, Magnitogorsk
momentum2@yandex.ru, ickar@mail.ru*

Abstract

The results of the analysis of energy transformation based on the general principle of conservation of energy of the electric drives of multimotor rewinders are presented. Four types of electric drives with various kinematic diagrams are described. The power balance equations are derived. The dependences of watt consumption are described. The recommendations with the watt consumption and capital costs according to commercial applicability are given.

Key words: rewinder mills, power diagram.

Актуальность работы

Перемоточные устройства (ПУ) предназначены для перемотки длинномерных изделий с одной катушки на другую. На рис. 1 представлена обобщенная кинематическая схема типового перемоточного устройства включающего в себя размоточную катушку, технологический процесс обработки проволоки, промежуточный барабан и намоточную катушку. ПУ потребляют электрическую энергию из сети и расходуют ее на механическую работу, связанную с намоткой проволоки на пустую намоточную катушку.

Различные вариации данных устройств установлены на всех без исключения метизных производствах страны, их парк насчитывает десятки тысяч единиц, поэтому анализ и исследование их энергетических характеристик представляется актуальной научно-технической задачей. В статье с общих позиций энергетических соотношений рассмотрены вопросы управления электрической и механической мощностью и формирование потерь для типовых перемоточных устройств.

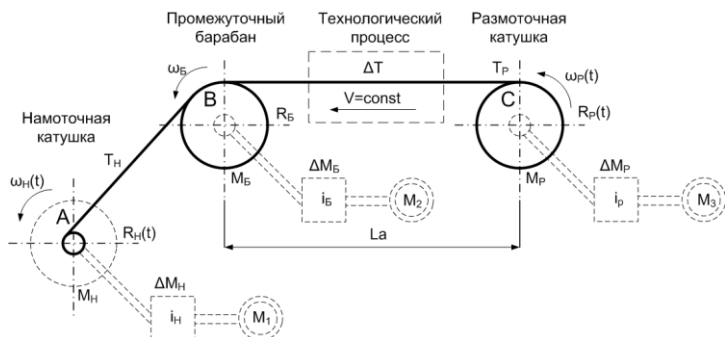


Рис. 1. Обобщенная кинематическая схема перемоточного устройства

Основные проблемы и решения

Во время работы поступающая электрическая энергия идет на создание полезной механической работы, за вычетом потерь в двигателе. Электрическая мощность, потребляемая двигателем M_1 из сети

$$P_c(t) = P_{ЭМ1}(t) + \Delta P_{M1}(t), \quad (1)$$

где $P_{ЭМ1}(t)$ – электромагнитная мощность двигателя; ΔP_{M1} – потери двигателя M_1 [1].

Радиусы проволоки на намоточной и размоточной катушках изменяются по уравнениям[2]

$$R_H(t) = \sqrt{R_{H0}^2 + \frac{d_{\Pi}^2}{4 \cdot B_H \cdot K_{3H}} \cdot \int V_H(t) dt}, \quad (2)$$

$$R_P(t) = \sqrt{R_{PM}^2 - \frac{d_{\Pi}^2}{4 \cdot B_P \cdot K_{3P}} \cdot \int V_H(t) dt} \quad (3)$$

где R_{H0} – радиус пустой катушки; R_{PM} – радиус полной катушки; d_{Π} – диаметр наматываемой проволоки; K_{3H} , K_{3P} – коэффициент заполнения намоточной и размоточной катушки; $B_{H,P}$ – ширина намоточной и размоточной катушки; $V_H(t)$ – линейная скорость намотки проволоки.

В процессе перемотки радиус размоточной катушки уменьшается, а радиус намоточной – увеличивается. Это приводит к изменению угловых скоростей, моментов и мощностей размотки, намотки и сетевой.

Механическая мощность намотки

$$P_H(t) = M_H(t) \cdot \omega_H(t) = T_H(t) \cdot V_H, \quad (4)$$

где $T_H(t)$ – натяжение проволоки на намоточном барабане; $M_H(t)$ – момент на редукторе i_H ; $\omega_H(t) = V_H/R_H(t)$ – угловая скорость намоточной катушки.

Механическая мощность размотки

$$P_P(t) = M_P(t) \cdot \omega_P(t) = T_P(t) \cdot V_H, \quad (5)$$

где $T_P(t)$ – натяжение на размоточном барабане; $M_P(t)$ – момент сопротивления тормозного устройства; $M_P(t)$ – момент на редукторе i_P ; $\omega_P(t) = V_H/R_P(t)$ – угловая скорость размоточной катушки.

При пассивной размотке момент сопротивления формируется за счет фрикционных сил трения и остается неизменным при изменении угловой скорости размотки. Это при $V_H(t) = const$ приводит к росту натяжения $T_P(t)$ и мощности размотки.

Потери можно разделить на постоянные и переменные.

Постоянные потери, это потери, образующиеся во время техноло-

гической обработки и потери в механизме промежуточного барабана

$$\left. \begin{aligned} \Delta P_T &= \Delta T \cdot V_H, \\ \Delta P_B &= \Delta M_B \cdot V_H / R_B, \end{aligned} \right\}, \quad (6)$$

где ΔT – дополнительное распределенное натяжение, образующееся в технологической линии под действием сил трения; ΔM_B – момент потерь в механизме промежуточного барабана; R_B – радиус вытяжного барабана.

Переменные потери, это потери, зависящие от текущих радиусов катушек в механизмах намоточного и размоточного устройств и потери в двигателях M_1, M_2, M_3 .

$$\left. \begin{aligned} \Delta P_H(t) &= \Delta M_H \cdot V_H / R_H(t), \\ \Delta P_P(t) &= \Delta M_P \cdot V_P / R_P(t), \\ \Delta P_{Mi}(t) &= P_{ЭMi}(t) \cdot (1 - \eta_i) / \eta_i, \end{aligned} \right\}, \quad (7)$$

где $\Delta M_H, \Delta M_P$ – моменты потерь в механизмах намоточного и размоточного устройств; η_i – КПД двигателя M_i и преобразователя.

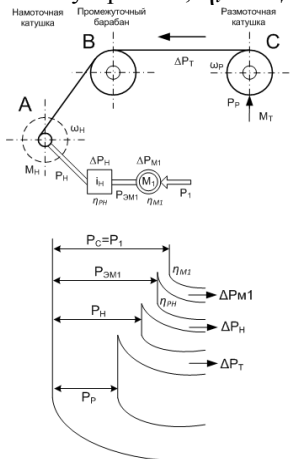


Рис.2. Кинематическая схема и диаграмма мощностей однодвигательного ПУ

намоточной катушки $T_H = M_H / R_H(t)$, ($M_H = \text{const}$).

Для регулирования этих величин применяют следующие типы перемоточных устройств:

1. Однодвигательная система с пассивной размоткой. В данном

Переменные, подлежащие контролю и регулированию: T_H – натяжение на намоточном участке АВ; V_H – линейная скорость проволоки.

На практике используют два закона регулирования натяжения на участке АВ [3]:

1. Поддержание заданного натяжения намотки $T_H = \text{const}$, ($M_H = T_H / R_H(t)$);

2. Регулирование натяжения намотки обратно пропорционально радиусу

типе контролируется или натяжение на участке намоточном участке АВ, или линейная скорость проволоки;

2. Двухдвигательная система с пассивной размоткой. Регулируются натяжение на намоточной катушке и либо скорость, либо натяжение на линии размотки ВС;

3. Двухдвигательная система с активной размоткой. Регулирование величин аналогично системе с пассивной размоткой;

4. Трехдвигательная система с регулированием натяжения на участке намотки АВ, регулированием скорости линии и натяжения на участке ВС.

В однодвигательной системе (рис.2) приводным является двигатель намоточной катушки М1, а натяжение создается за счет фрикционного устройства, установленного на валу размоточной катушки.

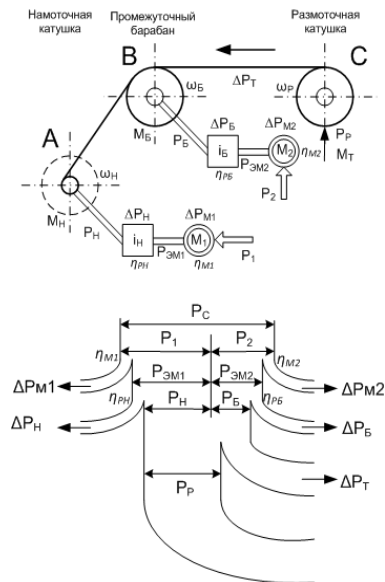


Рис.3. Кинематическая схема и диаграмма мощностей двухдвигательного ПУ с пассивной размоткой

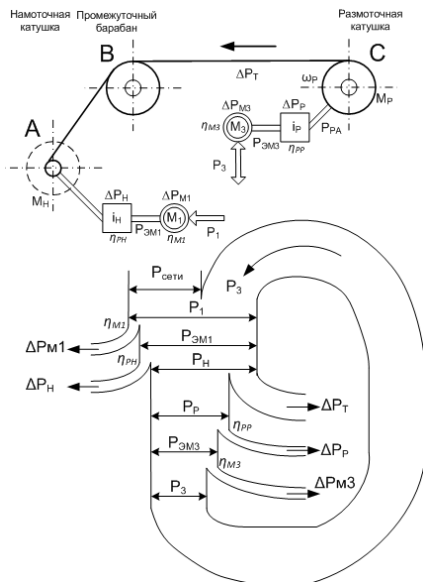


Рис.4. Кинематическая схема и диаграмма мощностей двухдвигательного ПУ с активной размоткой

Уравнение баланса мощностей

$$P_H(t) = P_C(t) - \Delta P_{M1}(t) - \Delta P_H(t),$$

$$P_H(t) = P_P(t) + \Delta P_T.$$
(8)

Таким образом, мощность катушки определяется мощностью размотки и потерями на технологической линии и не может быть регулируемой. Мощность, потребляемая из сети, больше мощности катушки на величину мощности потерь в двигателе и намоточном устройстве. В двухдвигательной системе с пассивной размоткой (рис. 3), приводными являются двигатели намоточной катушки M_1 и промежуточного барабана M_2 . Заданный закон натяжения формируется приводом намоточной катушки, а скорость проволоки на линии регулируется за счет привода промежуточного барабана. Баланс мощностей для двухдвигательной системы с пассивной размоткой

$$\left. \begin{aligned} P_H(t) &= P_P(t) + \Delta P_T - P_B(t), \\ P_C(t) &= P_H(t) + P_B(t) + \Delta P_H(t) + \\ &+ \Delta P_B(t) + \Delta P_{M1}(t) + \Delta P_{M2}(t). \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

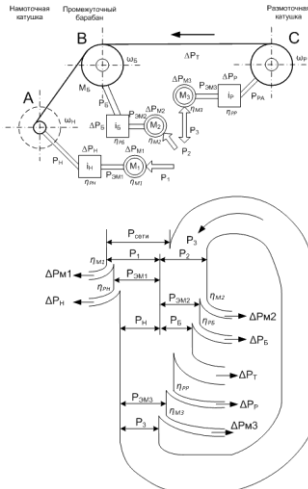


Рис. 5. Кинематическая схема и диаграмма мощностей трехдвигательного ПУ

M_1 , а натяжение на участке АВ регулируется приводом размоточной катушки M_3

В соответствии с системой уравнений (9) мощностью катушки можно управлять за счет регулирования мощности промежуточного барабана, а мощность, потребляемая из сети больше мощности P_H и P_B на мощность потерь в электроприводах.

Двухдвигательная система с пассивной размоткой может создавать существенное натяжение на участке BC при заданном натяжении на участке AB.

В двухдвигательной системе с активной размоткой (рис.4) скорость линии регулируется приводом намоточной катушки

Баланс мощностей для активной размотки

$$\left. \begin{aligned} P_C(t) + P_3(t) &= P_H(t) + \Delta P_H(t) + \Delta P_{M1}(t), \\ P_H(t) &= \Delta P_T + \Delta P_P(t) + \Delta P_{M3}(t) + P_3(t) \end{aligned} \right\}, \quad (10)$$

Двигатель M_3 , стоящий на размотке, работает в генераторном режиме, и энергия, затрачиваемая на размотку, рекуперирована в сеть.

Анализ системы уравнений (10) показывает, что мощность размотки меньше мощности намотки только на величину потерь в технологии, т.е. при заданной величине натяжения намотки, натяжение размотки будет меньше. Сетевая мощность меньше мощности намотки из-за рекуперации энергии двигателем M_3 .

В трехдвигательной системе (рис. 5) натяжение на участке АВ регулируется приводом M_1 , на участке ВС приводом M_3 , а скорости линии приводом M_2 .

Баланс мощностей для трехдвигательной системы.

$$\begin{aligned} P_H(t) &= P_3(t) + \Delta P_{M3}(t) + \Delta P_P(t) + \Delta P_T - \Delta P_B, \\ P_C(t) + P_3(t) &= P_H(t) + P_B + \Delta P_H(t) + \Delta P_{M1}(t) + \\ &+ \Delta P_B + \Delta P_{M2}(t). \end{aligned} \quad (11)$$

В соответствии с системой уравнений (11) мощностью размотки можно управлять за счет мощности промежуточного барабана, причем мощность размотки и натяжения размотки могут быть больше мощности намотки и натяжения намотки. Мощность, потребляемая из сети, уменьшена за счет рекуперации энергии двигателя M_3 .

Графики мощностей двигателей по всем вариантам перемоточных устройств представлены на рис.6. Для анализа мощности намотки и потребляемой мощности, воспользуемся данными, указанными в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные для сравнения систем ПУ

| $V, \text{м/с}$ | $d_{\Gamma}, \text{мм}$ | i_H | i_B | i_P | $T_H, \text{Н}$ | $\Delta T, \text{Н}$ | $T_T, \text{Н}$ | $R_T, \text{м}$ | $R_0, \text{м}$ | $R_M, \text{м}$ | $R_B, \text{м}$ |
|-----------------|-------------------------|-------|-------|-------|-----------------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1,7 | 1 | 18 | 43 | 17 | 200 | 100 | 100 | 0,195 | 0,213 | 0,375 | 0,52 |

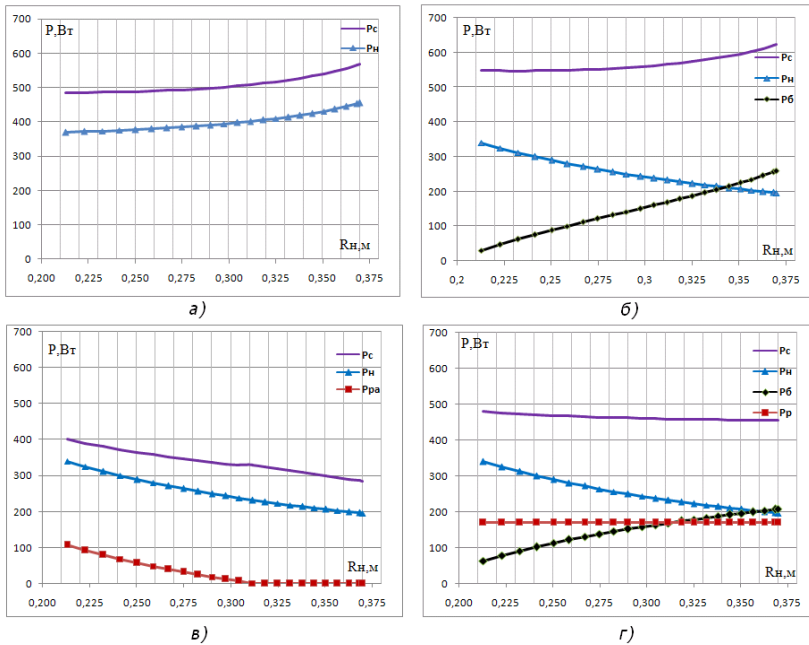


Рис. 6. Мощности двигателей в функции времени для разных типов ПУ а) однодвигательная система; б) двухдвигательная система с пассивной размоткой при $M_H = const$; в) двухдвигательная система с активной размоткой при $M_H = const$ г) трехдвигательная система при $M_H = const$.

Выводы

1. Однодвигательная система перемотки является самой простой, однако мощность намотки определяется мощностью размотки и потерями на технологической линии и не может быть регулируемой. Мощность, потребляемая из сети, больше мощности намотки на величину мощности потерь в двигателе и намоточном устройстве.

2. В двухдвигательной системе перемотки с пассивной размоткой мощностью намотки можно управлять за счет регулирования мощности промежуточного барабана, а мощность, потребляемая из сети, больше мощности P_н и P_б на мощность потерь в электроприводах.

3. В двухдвигательной системе перемотки с активной размоткой мощность размотки меньше мощности намотки только на потери в технологии, т.е. при заданной величине натяжения намотки натяжение размотки будет меньше. Сетевая мощность меньше мощности намотки из-за рекуперации энергии двигателем МЗ.

4. Трехдвигательная система перемотки является самой сложной из рассматриваемых, но в ней мощностью размотки можно управлять за счет дополнительной мощности промежуточного барабана, причем мощность размотки и натяжения размотки могут быть больше мощности намотки и натяжения намотки. Мощность, потребляемая из сети, уменьшена за счет рекуперации энергии двигателем МЗ.

5. На основе энергетической теории дополнительно можно выполнить анализ поведения усилий натяжения, моментов и потребляемых токов для приведенных типов перемоточных устройств.

Список литературы

1. Селиванов И.А., Омельченко Е.Я. Электромеханические свойства асинхронных двигателей // Вестник. Магнитогорск: МГТУ.- 2011.- №3(35). -С. 35-38.

2. Омельченко Е.Я., Моисеев В.О. Исследование характеристик электропривода намоточного устройства агрегата бронзирования стальной проволоки: ФГБОУ ВПО «Магнитогорск. гос. техн. ун-т». – Магнитогорск, 2012. 8 с. – Деп. в ВИНТИ 21.03.2012, № 98-В2012.

3. Радионов А.А. Автоматизированный электропривод станков для производства стальной проволоки. – Магнитогорск ГОУ ВПО «МГТУ», 2007.-311 с.

УДК 621.3

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПО СИСТЕМЕ ПЧ-АД ДЛЯ СТАНОВ ТОНКОГО ВОЛОЧЕНИЯ СТАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКИ

Е.Я.Омельченко, В.А.Бондаренко

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия, г. Магнитогорск
momentum2@yandex.ru, vva.bonda@gmail.com*

Аннотация

При реконструкции группового электропривода стана тонкого волочения UDZWGT 160/21 на индивидуальный электропривод по системе ПЧ-АД главного электропривода и намоточного устройства рассмотрены комплексные вопросы проектирования силовой электрической схемы, локальной сети и алгоритмов управления в зависимости от технологических требований к электроприводам.

Ключевые слова: стан тонкого волочения, индивидуальный электро-