

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГУЛИРУЕМЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С СОГЛАСУЮЩИМИ РЕДУКТОРАМИ И ТРАНСФОРМАТОРАМИ

Досліджено роботу різних асинхронних двигунів у складі регульованих електроприводів, що виконують одну і ту ж технічну задачу, з урахуванням включення таких елементів, як узгоджувальні трансформатор і редуктор. Зроблено зіставлення характеристик двигунів в статичних та динамічних режимах. Визначено енергетичні, масогабаритно-вартісні показники електроприводів. Обґрунтовано можливість вибору кращого варіанту приводу, як за вищевказаними показниками, так і за вартістю втрат активної енергії. Бібл. 12, табл. 2, рис. 10.

Ключові слова: асинхронний електропривод, редуктор, трансформатор, регульований асинхронний двигун, регульовальні характеристики, динамічні моделі, тепловий стан, діапазонні критерії, вартість втрат, обґрунтований вибір.

Исследована работа разных асинхронных двигателей в составе регулируемых электроприводов, которые выполняют одну и ту же техническую задачу, с учетом включения таких элементов, как согласующие трансформатор и редуктор. Проведено сопоставление характеристик двигателей в статических и динамических режимах. Определены энергетические, массогабаритно-стоимостные показатели электроприводов. Обоснована возможность выбора лучшего варианта привода, как по вышеуказанным показателям, так и по стоимости потерь активной энергии. Библи. 12, табл. 2, рис. 10.

Ключевые слова: асинхронный электропривод, редуктор, трансформатор, регулируемый асинхронный двигатель, регулировочные характеристики, динамические модели, тепловое состояние, диапазонные критерии, стоимость потерь, обоснованный выбор.

Введение. Разнообразие систем асинхронных регулируемых электроприводов (РЭП) характеризуется включением в них таких элементов, как согласующих редукторов и трансформаторов. Использование этих элементов значительно изменяет эксплуатационные характеристики РЭП. Большинство статей посвящено моделированию электроприводов, как в статических, так и в динамических режимах, без таких элементов [1-4] и целесообразно рассмотреть моделирование РЭП, когда применяются эти элементы.

Постановка задачи. Для формирования моделей согласующих трансформаторов и редукторов следует ввести ряд их исходных данных, определяющих как функциональные свойства, так и массогабаритно-стоимостные показатели. Последние дают возможность рассмотреть экономические аспекты РЭП. К числу функциональных относятся: для редуктора – передаточное число ($i_{ред}$), для трансформатора – коэффициент трансформации ($\kappa_{мп}$). Корректность расчета энергетического баланса электропривода требует использования КПД рассматриваемых элементов ($\eta_{ред}$, $\eta_{мп}$).

Моделируя РЭП с включением редукторов и трансформаторов в статических и динамических режимах определяются частота вращения ($n_{мех}$), момент на приводном механизме ($M_{мех}$), потребляемая приводом мощность ($P_{РЭП}$), КПД привода ($\eta_{РЭП}$), мощность нагрузочного механизма ($P_{мех}$). Кроме того, представляется возможным рассчитать массогабаритно-стоимостные показатели всего РЭП при использовании тех или иных рассматриваемых компонентов.

Выражения, учитывающие включение редуктора и трансформатора в РЭП при рассмотрении статических режимов, имеют вид:

$$\begin{aligned} n_{мех} &= \frac{n}{i_{ред}}, \quad M_{мех} = M_{дв} \cdot i_{ред} \cdot \eta_{ред}, \\ M_{мех} &= M_{дв} \cdot i_{ред} \cdot \eta_{ред}, \quad P_{мех} = P_{дв} \cdot \eta_{ред}, \\ P_{РЭП} &= P_1 + (1 - \eta_{мп}) \cdot P_1 + (1 - \eta_{ред}) \cdot P_1 + (1 - \eta_{мп}) \cdot P_1, \\ \eta_{РЭП} &= \eta_{АД} \cdot \eta_{мп} \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_{мп}, \quad U_2 = U_{ex} / \kappa_{мп}, \end{aligned}$$

где $M_{дв}$ – момент на валу двигателя; $P_{дв}$ – механическая мощность на валу двигателя; P_1 – потребляемая двигателем активная мощность; $\eta_{мп}$ – КПД преобразователя; U_{ex} – первичное напряжение трансформатора; U_2 – вторичное напряжение трансформатора.

Математические модели (ММ), используемые для исследования переходных электромагнитных и электромеханических процессов в регулируемых асинхронных двигателях, основаны на системах нелинейных дифференциальных уравнений равновесия напряжений и токов в системе преобразованных координат [5, 6].

$$\frac{d}{dt} \Psi_{s\alpha} = u_{s\alpha}(t) - r_s d(t) [x_r \Psi_{s\alpha}(t) - x_M(t) \Psi_{s\alpha}(t)],$$

$$\frac{d}{dt} \Psi_{s\beta} = u_{s\beta}(t) - r_s d(t) [x_r \Psi_{s\beta}(t) - x_M(t) \Psi_{s\beta}(t)],$$

$$\frac{d}{dt} \Psi_{r\alpha} = (-p\omega_r \cdot i_{ред} \Psi_{s\beta}(t) - r_r(t) d(t) (x_s(t) \Psi_{r\alpha}(t) - x_M(t) \Psi_{s\alpha}(t))),$$

$$\frac{d}{dt} \Psi_{r\beta} = (p\omega_r \cdot i_{ред} \Psi_{s\beta}(t) - r_r(t) d(t) (x_s(t) \Psi_{r\beta}(t) - x_M(t) \Psi_{s\beta}(t))),$$

$$\frac{d\omega_r}{dt} = \frac{1}{J} \left\{ \frac{3p}{2} d(t) x_M(t) [\Psi_{s\beta}(t) \Psi_{s\alpha}(t) - \Psi_{s\beta}(t) \Psi_{s\alpha}(t)] - M_c(\omega_r) \cdot \eta_{ред} \right\},$$

где $\Psi_{s\alpha}(t)$, $\Psi_{s\beta}(t)$, $\Psi_{r\alpha}(t)$, и $\Psi_{r\beta}(t)$ – потокосцепления статорных и роторных обмоток по осям α и β ; ω_r – угловая частота вращения механизма; p – число пар полюсов; J – суммарный момент инерции привода, приведенный к валу двигателя; $M_c(\omega_r)$ – зависимость момента сопротивления механизма от частоты вращения; r_s , $r_r(t)$, $x_s(t)$, $x_r(t)$, $x_M(t)$ – активные и полные реактивные сопротивления обмоток статора и ротора и сопротивление взаимной индукции; $d(t)$ – вспомогательная переменная $d(t) = [x_s(t) \cdot x_r(t) - (x_M(t))^2]^{-1}$; $u_{s\alpha}(t)$ и $u_{s\beta}(t)$ – мгновенные

значения напряжений по осям α и β , которые определяются амплитудой напряжения U_m (зависящей от закона частотного управления) и угловым положением обобщенного вектора напряжения φ_1

$$u_{s\alpha}(t) = U_m(t) \cdot \cos(\varphi_1), \quad u_{s\beta}(t) = U_m(t) \cdot \sin(\varphi_1),$$

при этом система дополняется еще двумя дифференциальными уравнениями

$$\frac{d}{dt} \varphi_1 = \omega_1 \quad \text{и} \quad \frac{d}{dt} \omega_1 = \varepsilon_1(t),$$

где ω_1 – угловая частота вращения, а $\varepsilon(t)$ – график угловых ускорений обобщенного вектора напряжения, определяемый задаваемой тахограммой движения привода. Выражения, связывающие мгновенные значения токов и потокосцеплений, имеют следующий вид:

$$i_{s\alpha}(t) = d(t) \cdot [x_r(t) \Psi_{s\alpha}(t) - x_M(t) \Psi_{s\beta}(t)],$$

$$i_{s\beta}(t) = d(t) \cdot [x_r(t) \Psi_{s\beta}(t) - x_M(t) \Psi_{s\alpha}(t)],$$

где $i_{s\alpha}$, $i_{s\beta}$ – токи статора по осям α и β .

Действующее значение тока статора

$$i_1(t) = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot [i_{s\alpha}(t)^2 + i_{s\beta}(t)^2]}.$$

В каждом из уравнений имеют место нелинейные коэффициенты – параметры двигателя, изменяющиеся в каждой рабочей точке, в том числе и вследствие явлений насыщения магнитной системы и вытеснения тока в обмотке ротора [7]. При расчетах динамических режимов учитываются изменения на каждом шаге интегрирования системы, т.е. в определенных точках характеристики перехода от одной частоты вращения к другой, величин и частот питающего напряжения в соответствии с используемым законом частотного регулирования, параметров схемы замещения. При нагрузках вентиляторного и тягового характера изменяется также момент нагрузки, значение которого, соответствующее угловой частоте вращения привода, определяется по нагрузочной характеристике.

Потребляемая двигателем условная активная мощность в динамических режимах рассчитывается через действующие значения напряжений и токов

$$P_1' = \frac{3}{2} \cdot [U_{s\alpha} \cdot I_{s\alpha} + U_{s\beta} \cdot I_{s\beta}]$$

Реальная потребляемая активная мощность P_1 больше условной на величину суммы неучтенных потерь (в магнитопроводе, добавочных, механических)

$$P_1 = P_1' + \Delta P_{ст\text{ осн}} + \Delta P_{ст\text{ доб}} + \Delta P_{мех} + \Delta P_{доб}.$$

Мощность на валу двигателя может быть определена через потокосцепления и токи с использованием значения частоты вращения ротора

$$P_2 = \omega_r \frac{3p}{2} [I_{r\beta} \Psi_{r\alpha} - I_{r\alpha} \Psi_{r\beta}] - \Delta P_{мех} - \Delta P_{доб}.$$

Мгновенное значение КПД определяется отношением мгновенных значений мощности на валу двигателя P_2 к потребляемой активной мощности P_1 .

Результаты исследований. При моделировании РЭП в соответствии с принципами системного подхода необходимо совместное рассмотрение преобразователей, двигателей и нагрузок, а также редукторов и согласующих трансформаторов [8]. На кафедре элект-

рических машин Одесского национального политехнического университета разработан программный продукт DIMASDrive [9], позволяющий осуществить такое моделирование.

С целью ограничения исследований дальше рассмотрен РЭП с транзисторным преобразователем частоты с автономным инвертором напряжения и ШИМ-регулирующим. Рассматривался закон частотного управления $U/f = \text{const}$. В качестве нагрузки использовалась тяговая нагрузка, $P_{нагр} = 35$ кВт с максимальным моментом 1500 Н·м. При заданной постоянной по величине нагрузке, требуемый диапазон регулирования (30-250 об/мин) в системах РЭП может быть обеспечен разными двигателями, при условии включения редукторов и трансформаторов.

Рассмотрены три варианта РЭП при напряжении питающей сети 400 В и частоте сети 60 Гц.

Для безредукторного РЭП (рис. 1) выбран двигатель 4A355M12, работающий с частотным преобразователем (Mitsubishi FR-A 540 L-G EC, 57000 у.е., 75 кг, $\eta_{np} = 0,98$) [10].

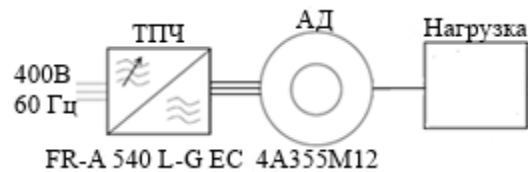


Рис. 1. Структурная схема безредукторного РЭП

Для РЭП с редуктором (рис. 2) выбран двигатель 4A250M4, работающий с частотным преобразователем (Mitsubishi FR-A 540 L-G EC, 57000 у.е., 75 кг, $\eta_{np} = 0,98$) и редуктором (1ЦУ200, 1000 у.е., 135 кг, $\eta_{ред} = 0,98$, $i_{ред} = 6,3$) [10, 11].

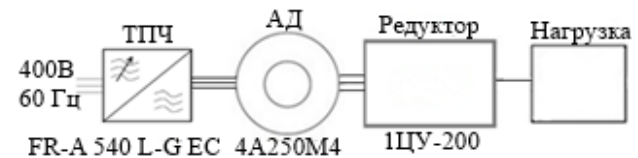


Рис. 2. Структурная схема РЭП с редуктором

Для РЭП с трансформатором и редуктором (рис. 3) выбран двигатель 4A200L4, повышающий трансформатор (1000 у.е., 510 кг, $\eta_{тр} = 0,98$, $\kappa_{тр} = 0,8$), редуктор (1ЦУ-200, 1000 у.е., 170 кг, $\eta_{ред} = 0,98$, $i_{ред} = 10$) и транзисторный преобразователь частоты (Mitsubishi FR-A 540 EC, 33468 у.е., 35 кг, $\eta_{np} = 0,98$) [10-12].

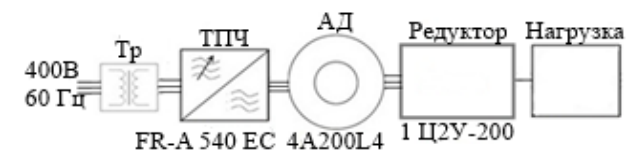


Рис. 3. Структурная схема РЭП с редуктором и трансформатором

Регулировочные характеристики, представляющие собой зависимости изменения электрических, энергетических и тепловых величин от числа оборотов, могут быть получены при использовании семейств характеристик, в том числе и механических, при различных параметрах регулирования, на которые накладываются характеристики нагрузочного

механизма. На рис. 4. представлено семейство механических характеристик двигателя и заданной нагрузки, соответствующие структурной схеме, изображенной на рис. 3.



Рис. 4. Семейство механических характеристик

На рис. 5 – 7. представлены регулировочные характеристики рассматриваемых РЭП.

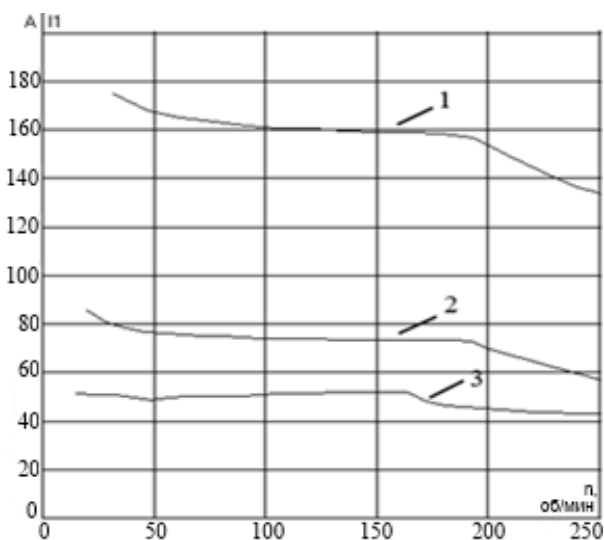


Рис. 5. Изменение потребляемых двигателями токов в диапазоне регулирования: 1 – РЭП без редуктора, 2 – РЭП с редуктором, 3 – РЭП с редуктором и трансформатором

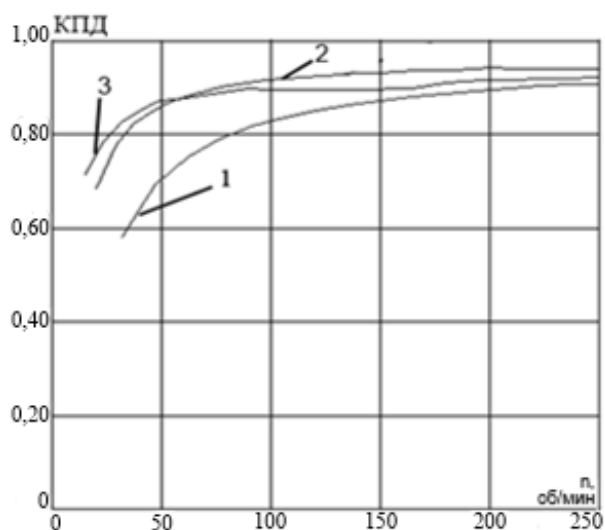


Рис. 6. Характеристики КПД двигателей в диапазоне регулирования: 1 – РЭП без редуктора, 2 – РЭП с редуктором, 3 – РЭП с редуктором и трансформатором

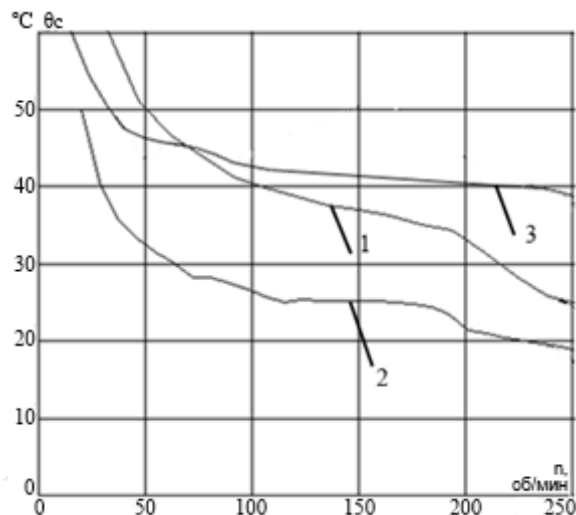


Рис. 7. Изменение температур статорных обмоток двигателя в диапазоне регулирования: 1 – РЭП без редуктора, 2 – РЭП с редуктором, 3 – РЭП с редуктором и трансформатором

При таком сочетании механических характеристик и нагрузки наблюдается трехзональность, которая проявляется на характере регулировочных характеристик. В пределах каждой зоны имеет место однообразное изменение механических характеристик двигателя и характеристики нагрузки.

В табл. 1 приведены значения показателей рассмотренных РЭП, к числу которых относятся среднедиапазонные КПД ($\eta_{ср}$) и приведенные затраты ($ПЗ_{ср}$), а также массогабаритостойкие показатели как двигателей, так и приводов.

Таблица 1

Сравнение показателей различных РЭП

Показатели и параметры	РЭП		
	Без редуктора и трансформатора	С редуктором	С редуктором и трансформатором
$\eta_{ср}$ АД, %	88	93,55	90,34
$\cos\varphi_{ср}$ АД, о.е.	0,76	0,89	0,64
$\eta_{ср}$ РЭП, %	86,31	89,9	85,23
$ПЗ_{ср}$ АД, у.е.	102926	10908	44690
$ПЗ_{ср}$ РЭП, у.е.	205991	108381	118600
Масса АД, кг	1670	560	325
Объем АД, дм ³	161,7	75,6	34
Стоимость АД, у.е.	18039	5437	3294
Масса РЭП, кг	1745	770	1040
Объем РЭП, дм ³	290,7	255,6	666
Стоимость РЭП, у.е.	75039	63437	38762

Также выполнено моделирование для каждого схемного решения РЭП при работе на заданную тахограмму (пуск 1,5 с на 150 об/мин, 1 с – 185 об/мин) с учетом переходных процессов.

На рис. 8 – 10 представлены характеристики, полученные при моделировании работы рассмотренных РЭП на заданную тахограмму.

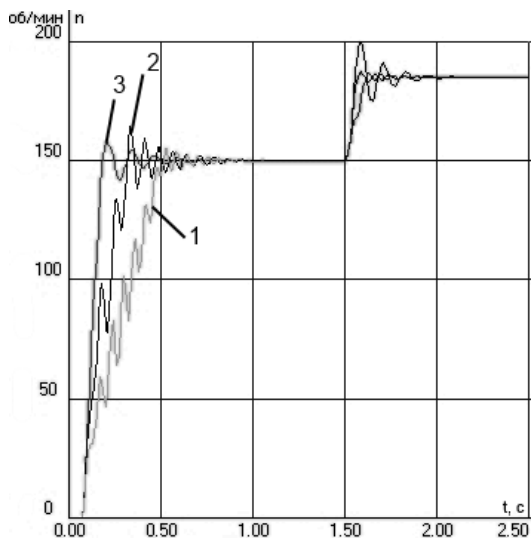


Рис. 8. Характеристики частот вращения механизма:
1 – РЭП без редуктора, 2 – РЭП с редуктором,
3 – РЭП с редуктором и трансформатором

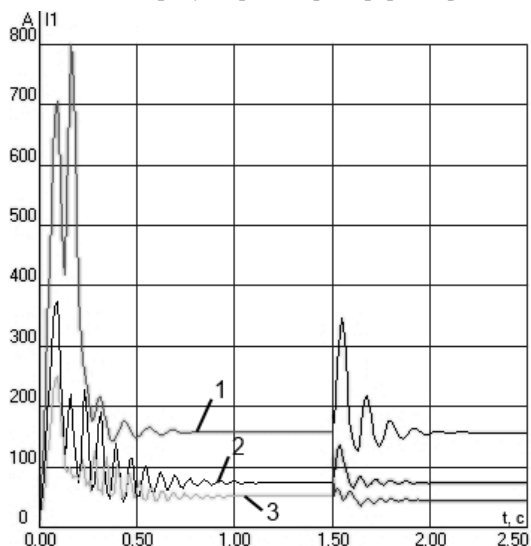


Рис. 9. Характеристики потребляемых двигателями токов:
1 – РЭП без редуктора, 2 – РЭП с редуктором,
3 – РЭП с редуктором и трансформатором

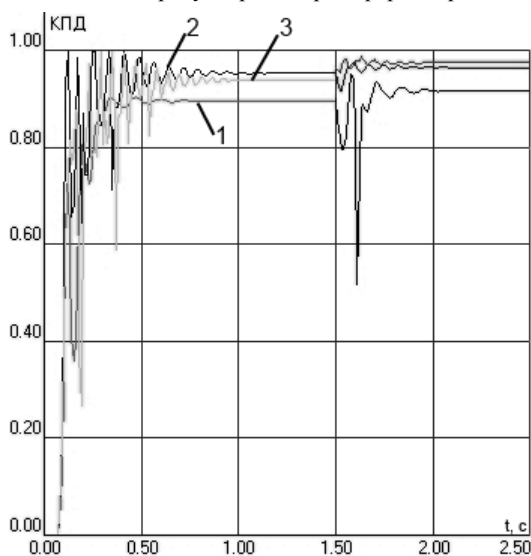


Рис. 10. Характеристики КПД двигателей:
1 – РЭП без редуктора, 2 – РЭП с редуктором,
3 – РЭП с редуктором и трансформатором

Может быть выполнен расчет стоимости потерь активной энергии за год:

$$C_a = C_a \cdot T_{\text{год}} \cdot K_3 \cdot P_{\text{мех}} \times (1 + 0,04 - \eta_{\text{РЭП}}) / \eta_{\text{РЭП}}$$

где $C_a = 0,65$ грн – цена за 1 кВт·ч; $T_{\text{год}} = 3000$ – число часов работы РЭП в году; K_3 – коэффициент загрузки (принимается равным 1,0); 0,04 – относительная величина потерь в распределительной сети потребителя.

Выполнено сопоставление рассмотренных вариантов РЭП по стоимости потерь активной энергии за год (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение стоимостей потерь активной энергии различных РЭП

Показатели и параметры	РЭП		
	Без редуктора и трансформатора	С редуктором	С редуктором и трансформатором
$\eta_{\text{ср}} \text{ РЭП, \%}$	86,3	89,9	85,2
Стоимость потерь активной энергии за год, грн	11600	8840	12480

Выводы.

1. На основании моделирования различных РЭП, в том числе включающих редуктор и согласующий трансформатор и обеспечивающих требуемый диапазон регулирования по величине и характеру нагрузки, исследована работа разных двигателей, в результате чего проведено сопоставление характеристик двигателей в статических и динамических режимах, определены энергетические, массогабаритно-стоимостные показатели электроприводов.

2. Проведенные исследования дают возможность обосновать выбор лучшего варианта привода в зависимости от выбранного критерия, в том числе и критерия стоимости потерь активной энергии.

3. Аналогично может быть проведено моделирование разнообразных РЭП с редукторами и трансформаторами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. – Екатеринбург: УРО РАН, 2000. – 654 с.
2. Чермалых В.М., Чермалых А.В., Майданский И.Я. Исследование динамики и энергетических показателей асинхронного электропривода с векторным управлением // Вестник НТУ «ХПИ». – 2008. – №30. – С. 41-45.
3. Мощинский Ю.А., Аунг Вин Тут. Обобщенная математическая модель частотно-регулируемого асинхронного двигателя с учетом потерь в стали // Электричество. – 2007. – №11. – С. 60-66.
4. Khezzer A., El Kamel Oumaamar M., Hadjami M., Boucherra M., Razik H. Induction motor diagnosis using line neutral voltage signatures. IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2009 (Nov.). – vol.56. – no.11. – pp. 4581-4591.
5. Шестаков А.В. Математическая модель рабочих характеристик асинхронных двигателей с частотным управлением // Электротехника. – 2011. – №2. – С. 23-29.
6. Nandi S., Toliyat H.A., Li X. Condition monitoring and fault diagnosis of electrical motors – a review. IEEE Transactions on Energy Conversion. – 2005 (Dec.). – vol.20. – no.4. – pp. 719-729.

7. Петрушин В.С., Якимец А.М. Моделирование динамических режимов асинхронных двигателей при частотном регулировании // Вісник НТУ «ХПІ». – №10. – С. 156-157.
8. Петрушин В.С. Асинхронные двигатели в регулируемом электроприводе: Учебное пособие. – Одесса: Наука и техника, 2006. – 320 с.
9. Петрушин В.С., Рябинин С.В., Якимец А.М. Программный продукт «DIMASDrive». Программа анализа работы, выбора и проектирования асинхронных короткозамкнутых двигателей систем регулируемого электропривода (свидетельство о регистрации программы ПА№4065). – К.: Государственный департамент интеллектуальной собственности, 26.03.2001.
10. Частотные преобразователи. Серия FR-A 540. – Режим доступа: <http://univolts.ru/trademap/electric/mitsubishi/invertors/fra540/>.
11. Завод приводной техники. Характеристики редукторов. Основные технические данные редукторов. – Режим доступа: <http://www.reduktor-ptp.ru/>.
12. Производство трансформаторов. Характеристики трансформаторов. Основные технические данные трансформаторов. – Режим доступа: <http://transtechno2.ru/produksiya-3/>.

REFERENCES

1. Shreiner R.T. *Matematicheskoe modelirovanie elektropriwodov peremennogo toka s poluprovodnikovymi preobrazovatelyami chastoty* [Mathematical modeling of AC drives with solid state frequency converters]. Ekaterinburg, URO RAN Publ., 2000. 654 p. (Rus).
2. Chermalykh V.M., Chermalykh A.V., Maidanskii I.Ia. Study of the dynamics and energy performance of asynchronous electric drive with vector control. *Visnyk NTU «KhPI» – Bulletin of NTU "KhPI"*, 2008, no.30, pp. 41-45. (Rus).
3. Moshchinskii Iu.A., Aung Vin Tut. Generalized mathematical model of frequency controlled induction motor considering iron loss. *Elektrichestvo – Electricity*, 2007, no.11, pp. 60-66. (Rus).
4. A. Khezzar, M. El Kamel Oumaamar, M. Hadjami, M. Boucherma, H. Razik. Induction motor diagnosis using line neutral voltage signatures. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2009 (Nov.), vol.56, no.11, pp. 4581-4591. doi: 10.1109/tie.2008.2010209.
5. Shestakov A.V. A mathematical model of the performance of asynchronous motors with frequency control]. *Elektrotehnika – Electrical Engineering*, 2011, no.2, pp. 23-29. (Rus).
6. S. Nandi, H.A. Toliyat, X. Li. Condition monitoring and fault diagnosis of electrical motors – a review. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 2005 (Dec.), vol.20, no.4, pp. 719-729. doi: 10.1109/tec.2005.847955.
7. Petrushin V.S., Yakimets A.M. Simulation of dynamic modes of induction motors with frequency regulation. *Visnyk NTU "KhPI" – Bulletin of NTU "KhPI"*, 2001, no.10, pp. 156-157. (Rus).
8. Petrushin V.S. *Asinhronnye dvigateli v reguliruemom elektropriivode: Uchebnoe posobie* [Induction motors in adjustable electric: Textbook]. Odessa, Nauka i tehnika Publ., 2006. 320 p. (Rus).
9. Petrushin V.S., Rjabinin S.V., Jakimec A.M. *Programmnyj produkt "DIMASDrive". Programma analiza raboty, vybora i proektirovaniya asinhronnyh korotkozamknytyh dvigatelej sistem reguliruemogo jelektropriivoda* [Program performance analysis, selection and design of asynchronous cage motors controlled drive systems]. Patent UA, no.4065.
10. *Chastotnye preobrazovateli. Seriya FR-A 540* (Frequency converters. Series FR-A 540) Available at: <http://univolts.ru/trademap/electric/mitsubishi/invertors/fra540/> (accessed 13 September 2012).
11. *Zavod privodnoi tekhniki. Kharakteristiki reduktorov. Osnovnye tekhnicheskie dannye reduktorov* (Plant drive technology. Features reducers. Main technical data reducers) Available at: <http://www.reduktor-ptp.ru/> (accessed 18 March 2013).

12. *Proizvodstvo transformatorov. Kharakteristiki transformatorov. Osnovnye tekhnicheskie dannye transformatorov* (Production of transformers. Characteristics of transformers. Main technical data transformers) Available at: <http://transtechno2.ru/produksiya-3/> (accessed 08 April 2013).

Поступила (received) 21.01.2015

Петрушин Виктор Сергеевич¹, д.т.н., проф.,
Якимец Андрей Миронович¹, к.т.н., доц.,
Еноктаев Ростислав Николаевич¹, магистр,
¹Одесский национальный политехнический университет,
65044, Одесса, пр. Шевченко, 1,
тел/phone +38 048 7058494,
e-mail: victor_petrushin@ukr.net, yakimets_andriy@ukr.net,
rostik-enok@inbox.ru

V.S. Petrushin¹, A.M. Yakimets¹, R.N. Jenoktajev¹
¹Odessa National Polytechnic University,
1, Shevchenko Avenue, Odessa, 65044, Ukraine.

Modeling controlled asynchronous electric drives with matching reducers and transformers.

Purpose. Working out of mathematical models of the speed-controlled induction electric drives ensuring joint consideration of transformers, motors and loadings, and also matching reducers and transformers, both in static, and in dynamic regimes for the analysis of their operating characteristics. **Methodology.** At mathematical modelling are considered functional, mass, dimensional and cost indexes of reducers and transformers that allows observing engineering and economic aspects of speed-controlled induction electric drives. The mathematical models used for examination of the transitive electromagnet and electromechanical processes, are grounded on systems of nonlinear differential equations with nonlinear coefficients (parameters of equivalent circuits of motors), varying in each operating point, including owing to appearances of saturation of magnetic system and current displacement in a winding of a rotor of an induction motor. For the purpose of raise of level of adequacy of models a magnetic circuit iron, additional and mechanical losses are considered. **Results.** Modelling of the several speed-controlled induction electric drives, different by components, but working on a loading equal on character, magnitude and a demanded control range is executed. At use of characteristic families including mechanical, at various parameters of regulating on which performances of the load mechanism are superimposed, the adjusting characteristics representing dependences of a modification of electrical, energy and thermal magnitudes from an angular speed of motors are gained. **Originality.** The offered complex models of speed-controlled induction electric drives with matching reducers and transformers, give the chance to realize well-founded sampling of components of drives. They also can be used as the design models by working out of speed-controlled induction motors. **Practical value.** Operating characteristics of various speed-controlled induction electric drives are observed and depending on the chosen measure including measure of cost of losses of active energy, sampling of the best alternative of the drive is realized. References 12, tables 2, figures 10.

Key words: induction electric drive, reducer, transformer, an speed-controlled induction motor, adjusting characteristics, dynamic models, thermal state, band measure, cost of losses, well-founded sampling.