

УДК 621.313.175.32

В.Б. Финкельштейн, А.Б. Егоров, А.М. Малеев

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕНТИЛЬНОГО РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ПИТАНИИ ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ И ОТ ИСТОЧНИКА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Досліджено роботу вентильного реактивного двигуна. При живленні вентильного реактивного двигуна від однофазної мережі змінного струму на виході випрямляча напруга циклічно міняється від нуля до максимального значення. Це приводить до відповідної циклічної зміни форми струму й магнітного потоку й зміни характеристик двигуна в порівнянні з характеристиками при живленні його від мережі постійного струму. Наводяться порівняльні дані, що дозволяють оцінити ці зміни. Бібл. 5, табл. 4, рис. 5.

Ключові слова: вентильний реактивний двигун, магнітний потік, однофазна мережа живлення, ємність конденсатора, потужність, джерело постійного струму, частота обертання.

Исследована работа вентильного реактивного двигателя. При питании вентильного реактивного двигателя от однофазной сети переменного тока на выходе выпрямителя напряжение циклически меняется от нуля до максимального значения. Это приводит к соответствующему циклическому изменению формы тока и магнитного потока и изменению характеристик двигателя по сравнению с характеристиками при питании его от сети постоянного тока. Приводятся сравнительные данные, позволяющие оценить эти изменения. Библ. 5, табл. 4, рис. 5.

Ключевые слова: вентильный реактивный двигатель, магнитный поток, однофазная сеть питания, емкость конденсатора, мощность, источник постоянного тока, частота вращения

Постановка задачі. В настоящее время все чаще в различных машинах и механизмах применяются вентильные реактивные двигатели. Эти двигатели питаются от сетей постоянного тока, а также через выпрямитель, как от трехфазных, так и от однофазных сетей переменного тока. При питании от однофазной сети переменного тока имеет место циклическое изменение напряжения и, соответственно, формы тока, магнитного потока и изменение характеристик двигателя по сравнению с характеристиками при питании его от сети постоянного тока. Для определения удельного момента двигателей питающихся от однофазной сети переменного тока необходимы их сравнительные характеристики с двигателями, питающимися от сети постоянного тока.

Анализ последних достижений и публикаций. Для двигателей, питающихся от сетей постоянного тока известны [1-5] величины удельного момента. Для двигателей, питающихся от однофазной сети переменного тока через выпрямитель, величины удельного момента в известных авторам источниках не представлены.

Целью работы является сравнительный анализ характеристик вентильного реактивного двигателя при его питании от однофазной сети переменного тока с характеристиками двигателя при питании от сети постоянного тока для возможности осуществления правильного выбора главных размеров при проектировании двигателей питающихся от однофазной сети переменного тока в зависимости от требований технического задания.

Изложение материала исследования. Для вентильного реактивного двигателя (данные двигателя приведены в табл. 1) с соотношением зубцов статора и ротора 8/6 при питании от однофазной сети через выпрямитель были проведены две группы численных экспериментов.

Определены мощность двигателя при постоянной частоте вращения при различной емкости конденсатора на выходе выпрямителя (табл. 2) и мощность двигателя при токе, обеспечивающем максимально допустимое превышение температуры обмотки, также при различных величинах емкости конденсатора на выходе выпрямителя (табл. 3).

сатора на выходе выпрямителя (табл. 2) и мощность двигателя при токе, обеспечивающем максимально допустимое превышение температуры обмотки, также при различных величинах емкости конденсатора на выходе выпрямителя (табл. 3).

Таблица 1

Ширина зубца статора, м	0.01502
Высота зубца статора, м	0.0192
Внутренний диаметр спинки статора, м	0.119
Высота спинки статора, м	0.00751
Высота спинки ротора, м	0.029
Высота зубца ротора, м	0.00951
Ширина зубца ротора, м	0.017
Диаметр расточки, м	0.077
Длина сердечника, м	0.135
Величина воздушного зазора, м	0.0002
Число витков обмотки	100
Диаметр обмоточного провода, мм (гол.)	1.243
Сопrotивление фазы обмотки статора, Ом	0.593

Таблица 2

P_2 , Вт	I , А	n , об/мин	η , %	C , мкФ
1413	5.226	6002	51.7	110
2321	6.057	6001	63.3	500
2749	6.424	6003	66.9	1000
2988	6.643	6004	68.6	1500
3129	6.784	6002	69.5	2000
3222	6.864	6001	70.1	2500
3291	6.93	6000	70.5	3000

Таблица 3

P_2 , Вт	I , А	n , об/мин	η , %	C , мкФ
2254	7.381	5057	55.9	110
2999	7.396	5344	64.5	500
3306	7.397	5570	68.1	1000
3473	7.382	5682	69.7	1500
3528	7.394	5737	70.2	2000
3579	7.397	5782	70.9	2500
3638	7.399	5802	71.4	3000

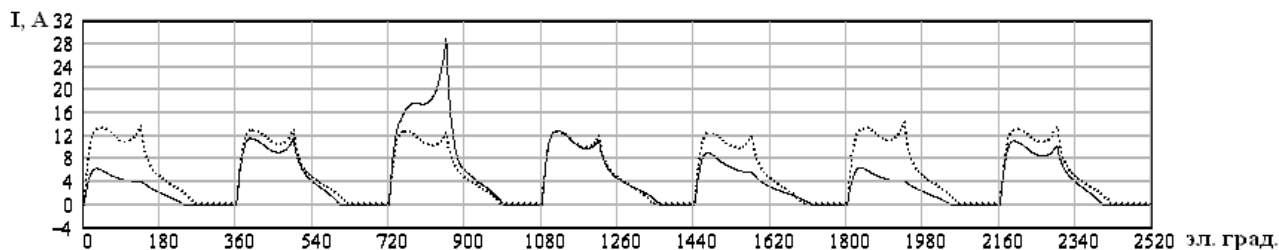
В табл. 4 приведены данные двигателя при питании его через выпрямитель от трехфазной цепи переменного тока.

Таблица 4

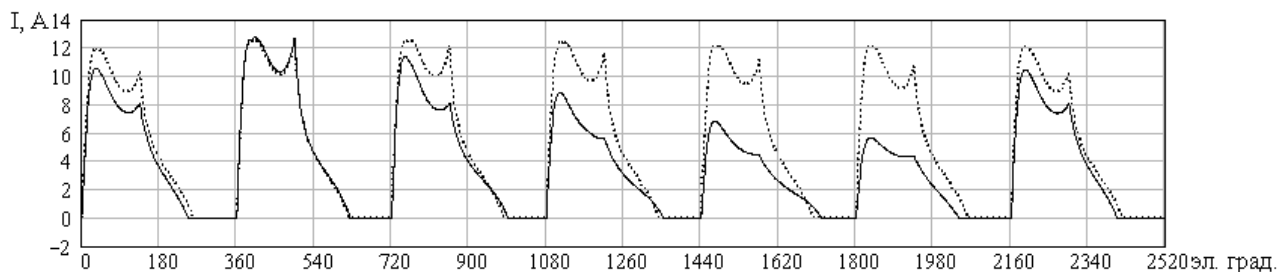
P_2 , Вт	I , А	n , об/мин	η , %	C , мкФ
3802	7.399	6000	73	110

Рассчитаны при неизменной частоте вращения и изменяющемся токе, а также при неизменном действующем значении тока и изменяющейся частоте вращения кривые фазного тока и суммарного тока (рис. 1);

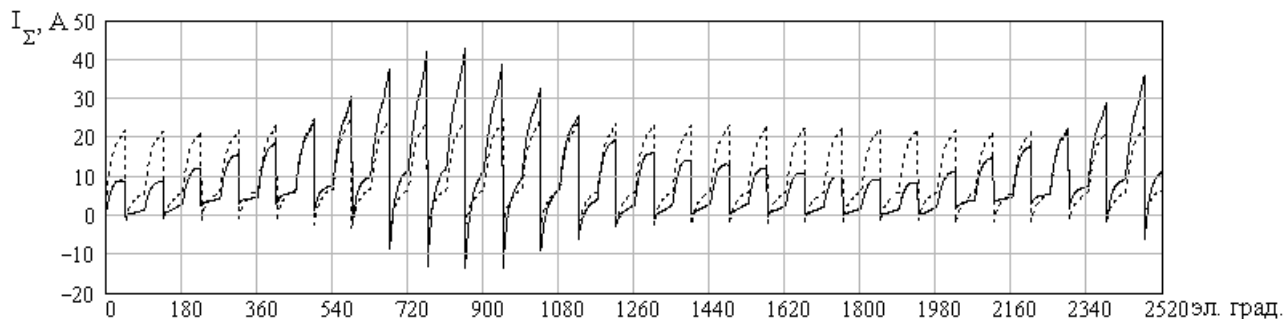
момента, создаваемого одной фазой, и суммарного момента, создаваемого всеми фазами (рис. 2); потокосцепления фазы (рис. 4) и изменения во времени напряжения на выходе выпрямителя и на конденсаторе при различной величине его емкости (рис. 3). Получены зависимости полезной мощности от величины емкости на выходе выпрямителя при постоянной частоте вращения, а также при неизменном токе. Для каждого из указанных вариантов приведены кривые (рис. 5) по которым при заданной мощности может быть определен КПД.



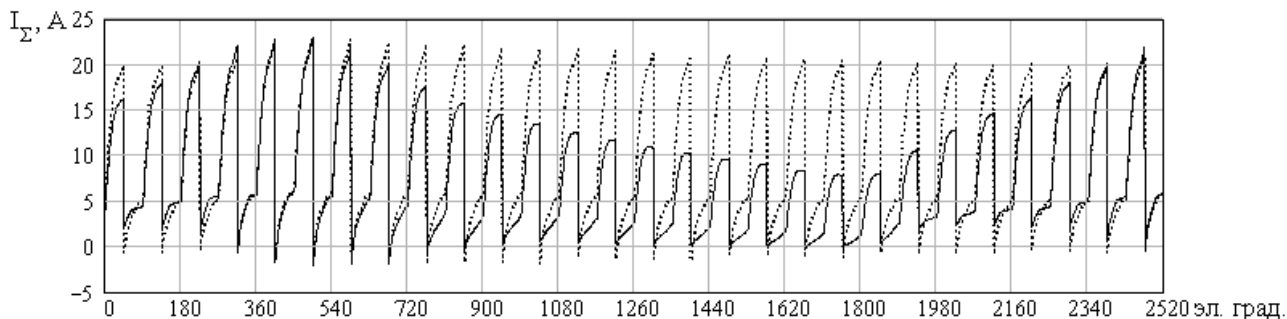
а



б



в



з

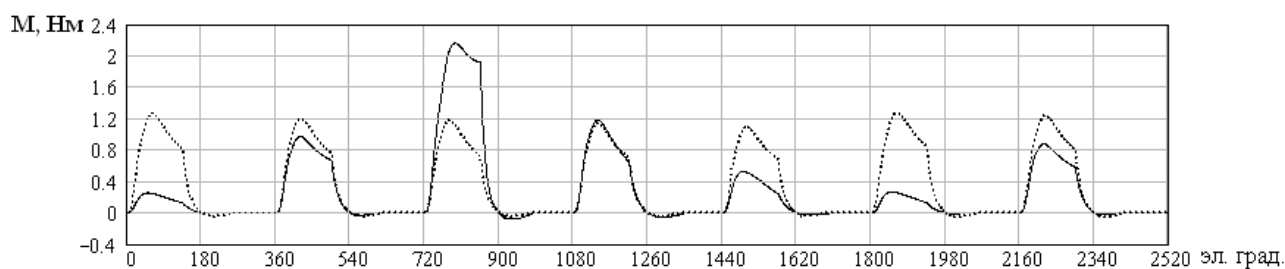
Рис. 1. Кривые изменения за $\frac{1}{6}$ оборота ротора с емкостью 110 мкФ (сплошная линия) и с емкостью 3000 мкФ (пунктирная линия):

а – тока фазы при неизменной частоте вращения 6000 об/мин;

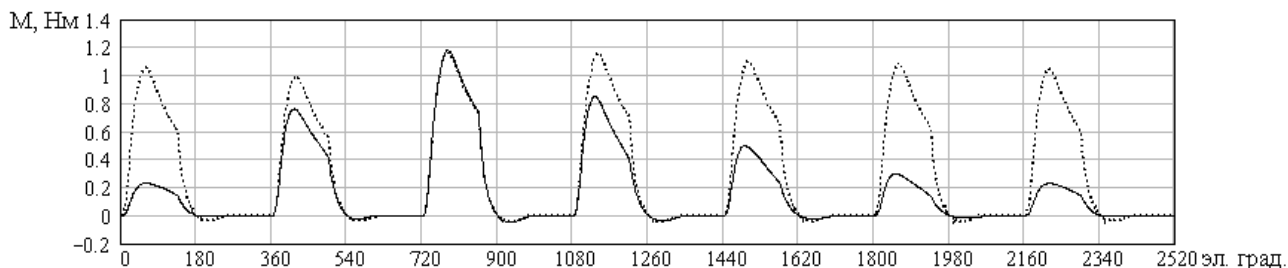
б – тока фазы при неизменном действующем значении тока 7.39 А;

в – суммарного тока коммутатора при неизменной частоте вращения;

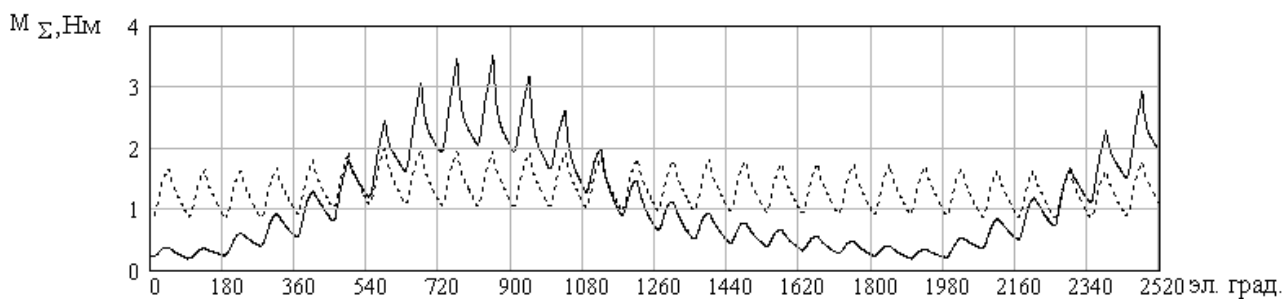
з – суммарного тока коммутатора при неизменном действующем значении тока фазы



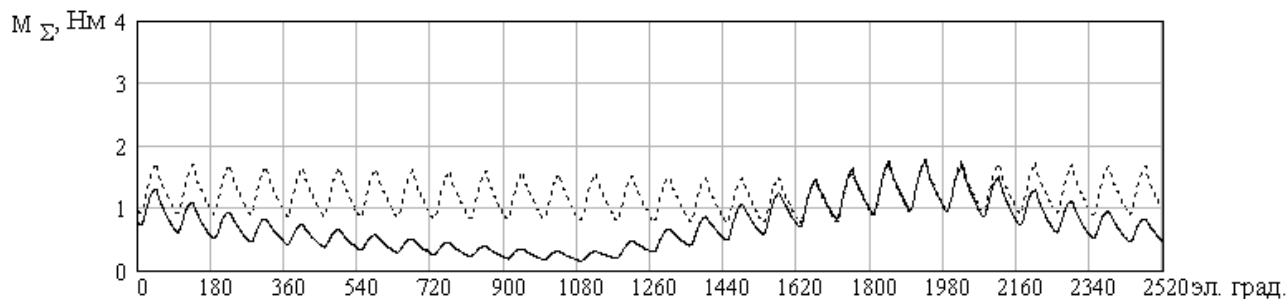
a



б



в



г

Рис. 2. Кривые изменения за $\frac{1}{6}$ оборота ротора с емкостью 110 мкФ (сплошная линия) и с емкостью 3000 мкФ (пунктирная линия):

a – момента создаваемого одной фазой двигателя при неизменной частоте вращения двигателя 6000об/мин;

б – момента создаваемого одной фазой двигателя при неизменном действующем значении тока 7.39 А;

в – результирующего момента от действия всех четырех фаз двигателя при неизменной частоте вращения;

г – результирующего момента от действия всех четырех фаз двигателя при неизменном действующем значении тока

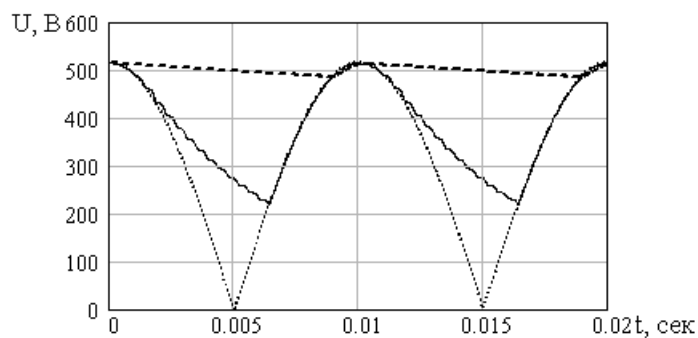


Рис. 3. Кривые изменения во времени: напряжения на выходе выпрямителя (пунктирная кривая); напряжения на конденсаторе емкостью 110 мкФ (сплошная кривая); напряжения на конденсаторе емкостью 3000 мкФ (штриховая кривая)

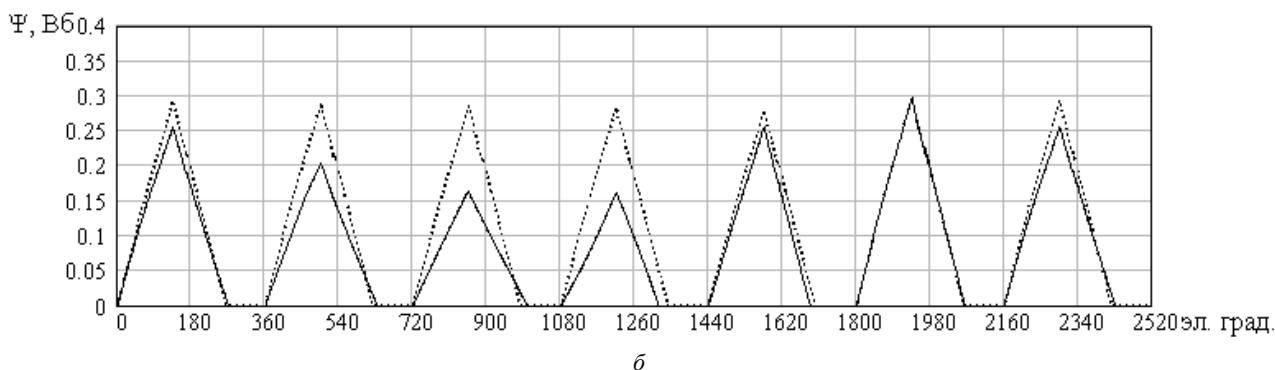
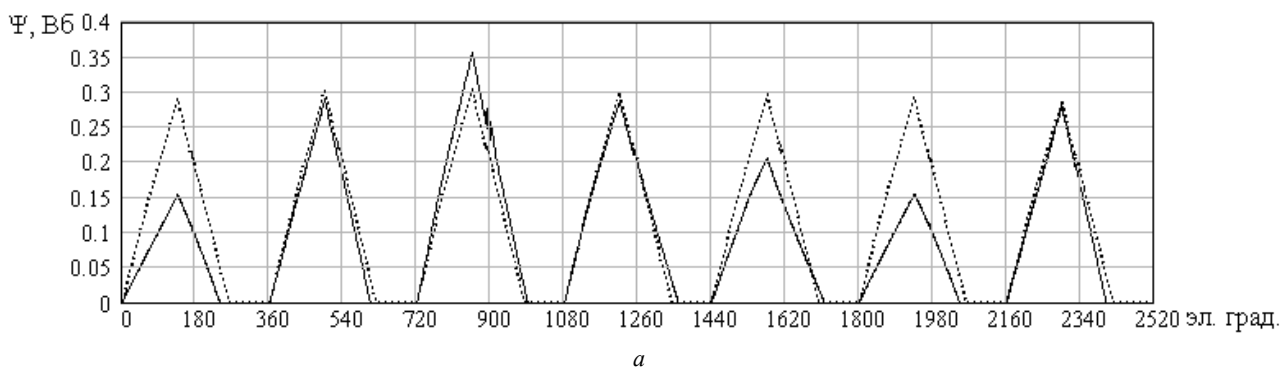


Рис. 4. Кривые изменения за $\frac{1}{6}$ оборота ротора с емкостью 110 мкФ (сплошная линия) и с емкостью 3000 мкФ (пунктирная линия):
 а – потокосцепления создаваемого одной фазой двигателя при неизменной частоте вращения двигателя 6000 об/мин;
 б – потокосцепления создаваемого одной фазой двигателя при неизменном действующем значении тока 7.39 А

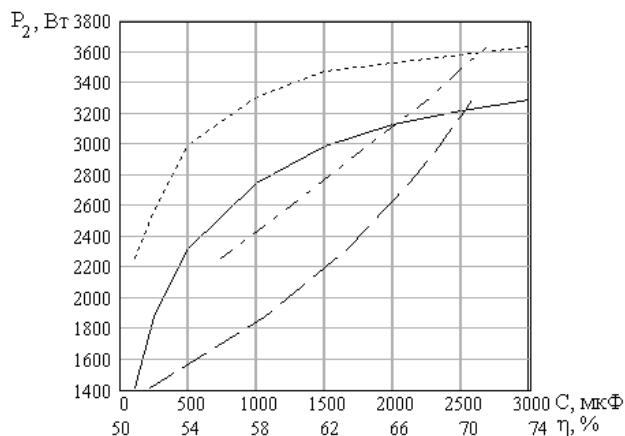


Рис. 5. Зависимость полезной мощности от емкости конденсатора на выходе выпрямителя: при неизменном токе (пунктирная кривая); при неизменной частоте вращения (сплошная кривая); кривая для определения КПД при заданной мощности и неизменной скорости вращения (штриховая кривая); кривая для определения КПД при заданной мощности и неизменном токе (штрихпунктирная кривая)

ВЫВОДЫ

На основании проведенного численного эксперимента можно заключить, что за счет колебания напряжения (от 0 до 100%) на выходе выпрямителя при питании вентильного реактивного двигателя от однофазной сети переменного тока по сравнению с соответствующими величинами при питании от источника постоянного тока:

- мощность двигателя при сохранении емкости конденсатора на выходе выпрямителя и частоты вращения снижается на 60 – 63 %;

- при практически приемлемом увеличении емкости конденсатора (примерно вдвое) мощность следует снизить на 50 %;

- снижение мощности при сохранении той величины тока двигателя, какая имела место при его питании от источника постоянного тока составляет 40 % при сохранении величины емкости конденсатора на выходе выпрямителя и 32 % при её удвоении, частота вращения снижается примерно на 13 – 15 %;

- при многократном увеличении емкости мощность и характеристики двигателя приближаются к таковым при его питании от источника постоянного тока, но при этом габариты и стоимость батареи конденсаторов становятся неприемлемыми;

- токи потокосцепления и моменты модулируются колебанием напряжения сети, при этом формы кривых меняются в зависимости от того какое напряжение подано на обмотку двигателя;

- по величинам мощности при однофазном питании, частоте вращения и объему ротора может быть определен удельный момент, при неизменной частоте вращения он снижается по сравнению с удельным моментом при питании двигателя от источника постоянного тока на 50 – 63 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов В.А., Садовский Л.А., Виноградов В.Л., Лопатин В.В. Особенности расчета индукторных двигателей для вентильного электропривода // Электротехника. – 1998. – №6. – С. 35-43.
2. Голландцев Ю.А. Вентильные индукторно-реактивные двигатели. Санкт-Петербург, 2003. – 149 с.
3. Ткачук В.І. Електромеханотроніка. – Львів: Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2006. – 440 с.

4. Miller T.J.E. Optimal design of switched reluctance motors // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2002. – vol.49. – no.1. – pp. 15-27.
5. Зинченко Е.Е. Математическая модель вентильного индукторно-реактивного двигателя питающегося от выпрямителя // Технічна електродинаміка. – 2009. – №4. – С. 23-28.

REFERENCES

1. Kuznetsov V.A., Sadovsky L.A., Vinogradov V.L., Lopatin V.V. Features of calculation of inductor engines for the valve electric drive. *Elektrotekhnika – Electrical engineering*, 1998, no.6, pp. 35-43. (Rus).
2. Gollandtsev Y.A. *Ventil'nye induktorno-reaktivnye dvigateli* [Valve inductor and jet engines]. St. Petersburg, 2003. 149 p. (Rus).
3. Tkachuk V.I. *Elektromekhanotronika* [Electrical mechatronics]. Lviv, Lviv Polytechnic National University Publ., 2006. 440 p. (Ukr).
4. Miller T.J.E. Optimal design of switched reluctance motors. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2002, vol.49, no.1, pp. 15-27. doi: 10.1109/41.982244.
5. Zinchenko E.E. A mathematical model of a rectifier feeding valve inductor-jet engine. *Tekhnichna elektrodynamika – Technical electrodynamic*, 2009, no.4, pp. 23-28. (Rus).

Поступила (received) 26.06.2015

Финкельштейн Владимир Борисович¹, д.т.н., проф.,
Егоров Алексей Борисович², к.т.н., доц.,
Малеев Алексей Михайлович³

¹ Харьковський національний університет
городского хозяйства им. А.Н. Бекетова,
61002, Харьков, ул. Революции, 12,
тел/phone +38 057 7319528, e-mail: finalvb@gmail.com

² Украинская инженерно-педагогическая академия,
61003, Харьков, ул. Университетская, 16,
тел/phone +38 066 7228206, e-mail: diaskk@yandex.ru

³ АО «МЭА «ЭЛТА»,
61082, Харьков, Стадионный проезд 14/3, а/я 911,
тел/phone +38 057 3920045, e-mail: elta@elta.kharkov.ua

V.B. Finkelshtein¹, A.B. Yegorov², A.M. Maleev³

¹ O.M. Beketov Kharkiv National University of Municipal
Economy,
12, Revolution Str., Kharkiv, 61002, Ukraine.

² Ukrainian Engineering Pedagogics Academy,
16, Universitetskaya Str., Kharkiv, 61003, Ukraine.

³ JSC MEA of ELTA,
14/3, Stadionny Drive, p.o. box 911, Kharkiv, 61082, Ukraine.

Comparison of characteristics of the converter-fed motor at supply from the single-phase network and from the source of the direct current.

Purpose. Now even more often in various cars and mechanisms converter-fed motors are used. Their comparative characteristics with motors which are supplied from a network of a direct current are necessary for definition of the specific moment of motors which are supplied from the single-phase alternating current main. **Methodology.** For the converter-fed motor with a ratio of teeth of the stator and a rotor 8/6 at supply from a single-phase network via the rectifier two groups of numerical experiments were carried out. Motor capacity with a constant frequency of rotation at various capacity of the capacitor at the exit of the rectifier and motor capacity at the current providing the most admissible excess of temperature of a winding are determined. Dependences of useful power on capacity size at the rectifier exit are received with a constant frequency of rotation, and also at invariable current. **Results.** On the basis of the made numerical experiment it is possible to conclude that due to fluctuation of tension (from 0 to 100 %) at the rectifier exit at power supply of the converter-fed motor from the single-phase alternating current main in comparison with the corresponding sizes at supply from a source of a direct current: • motor capacity at preservation of capacity of the capacitor at the exit of the rectifier and frequency of rotation decreases on 60 – 63 %; • at almost acceptable increase in capacity of the capacitor (approximately twice) power should be reduced by 50 %; • power deceleration at preservation of that size of current of the motor what took place at its food from a source of a direct current makes 40 % at preservation of size of capacity of the capacitor at the exit of the rectifier and 32 % at its doubling, the frequency of rotation decreases approximately on 13 – 15 %. **Practical value.** The specific moment can be determined by power sizes at single-phase supply, frequency of rotation and to the volume of a rotor, with an invariable frequency of rotation it decreases in comparison with the specific moment at power supply of the motor from a source of a direct current by 50 – 63 %. References 5, tables 4, figures 5.

Key words: converter-fed motor, magnetic flux, single-phase network of supply, capacity, power, source of direct current, rotation frequency.