



УДК 621.31, 62-83, 621.313.33

ОПТИМИЗАЦИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИВодОВ НА ОСНОВЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО СРЕДНЕГО



OPTIMIZATION OF SPECIAL ELECTRIC DRIVES BASED ON GEOMETRIC AVERAGE

Афанасьев Виктор Леонидович

аспирант,
Кубанский государственный
технологический университет
buguvix@mail.ru

Карандей Юрий Юрьевич

ПАО «РОССЕТИ»

Afanasiev Viktor Leonidovich

Graduate student,
Kuban state technological university
buguvix@mail.ru

Karandey Yury Yuryevich

PJSC ROSSETI

Аннотация. В статье показан путь оптимизации специальных электрических приводов на основе геометрического среднего. Решение задачи позволяет получить соответствующее взвешенное геометрическое среднее. Такой подход позволяет решать задачи оптимизации специальных электрических приводов.

Ключевые слова: слова специальный электрический привод, управляемый асинхронный каскадный электропривод, методы оптимизации, геометрическое среднее электромеханическое преобразование энергии, электромагнитная система.

Annotation. The article shows the way to optimize special electric drives based on geometric average. The solution of the problem allows to obtain the corresponding weighted geometric average. This approach allows to solve problems of optimization of special electric drives.

Keywords: special electric drive, controlled asynchronous cascade electric drive, optimization methods, geometrical average, electro-mechanical transformation of energy, electromagnetic system.

Электрический привод является одним из основных потребителей электрической энергии. Для реализации технологического процесса на производстве используют различные виды электрических приводов. Для различных отраслей промышленности необходимы специальные электрические приводы [1, 2]. Проектирование и создание таких типов электроприводов является довольно сложной задачей. Необходимо создать новые модели устройств [3, 4], новых методов расчета [5, 6], определить оптимальных параметров электрического привода [7, 8], мощности и момента на валу привода [9, 10]. Такие подходы позволяют довольно точно определять искомые параметры [11, 12] и решать задачи оптимизации [13, 14].

Одним из подходов для реализации задачи оптимального проектирования специальных электрических приводов – использование геометрического среднего.

Для исследования задачи минимизации позинома используется неравенство, согласно которому арифметическое среднее не превосходит геометрического среднего. Для краткости мы назовем его геометрическим неравенством. Простейшим геометрическим неравенством является такое неравенство:

$$\frac{1}{2}U_1 + \frac{1}{2}U_2 \geq U_1^{1/2}U_2^{1/2}, \tag{1}$$

где U_1 и U_2 – неотрицательные числа. Чтобы доказать это, заметим, что:

$$(U_1 - U_2)^2 \geq 0$$

или

$$U_1^2 - 2U_1U_2 + U_2^2 \geq 0,$$

откуда:

$$U_1^2 + 2U_1U_2 + U_2^2 \geq 4U_1U_2.$$

Извлечение квадратного корня из последнего неравенства дает неравенство (1). Заметьте, что геометрическое неравенство становится равенством тогда и только тогда, когда $U_1 = U_2$. В качестве первого обобщения неравенства (1) рассмотрим арифметическое среднее четырех неотрицательных чисел U_1, U_2, U_3 и U_4 . Тогда из (1) следует, что:

$$\frac{1}{4}U_1 + \frac{1}{4}U_2 + \frac{1}{4}U_3 + \frac{1}{4}U_4 \geq \left(\frac{U_1 + U_2}{2}\right)^{1/2} \left(\frac{U_3 + U_4}{2}\right)^{1/2}.$$



Применяя (1) еще два раза, получаем:

$$\frac{1}{4}U_1 + \frac{1}{4}U_2 + \frac{1}{4}U_3 + \frac{1}{4}U_4 \geq U_1^{1/4}U_2^{1/4}U_3^{1/4}U_4^{1/4}.$$

Это другой пример геометрического неравенства. Ясно, что неравенство является строгим неравенством, если $U_1 \neq U_2$. Из соображений симметрии следует, что является равенством тогда и только тогда, когда $U_1 = U_2 = U_3 = U_4$.

Приравнивая некоторые числа U_i , можно получить взвешенное среднее. Так, предположим, что $U_2 = U_3 = U_4$. Тогда неравенство (4) можно переписать в виде:

$$\frac{1}{4}U_1 + \frac{3}{4}U_2 \geq U_1^{1/4}U_2^{3/4}. \quad (2)$$

Левая часть этого неравенства представляет собой взвешенное арифметическое среднее чисел U_1 и U_2 с весами $1/4$ и $3/4$. Правая часть дает соответствующее взвешенное геометрическое среднее.

Применение этого метода совместно с другими оптимизировать электромеханические процессы, происходящие в специальных электрических приводах и создавать программные продукты для моделирования таких систем [15, 16].

Литература

1. Афанасьев В.Л. Управляемый каскадный электрический привод / В.Л. Афанасьев, В.Ю. Карандей, Б.К. Попов // патент на полезную модель RU 191959 U1, 28.08.2019, заявка № 2019111630 от 16.04.2019.
2. Карандей В.Ю. Mathematical modeling of special electric drives for the equipment of oil and gas branch / В.Ю. Карандей, В.Л. Афанасьев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 08 (132). – С. 926–940. – Doi: 10.21515/1990-4665-132-072.
3. Карандей В.Ю. Определение магнитных параметров модели статора компонента управляемого асинхронного каскадного электрического привода аксиальной конструкции / В.Ю. Карандей, В.Н. Кишко, В.Л. Афанасьев, В.В. Квочкин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 10 (134). – С. 1135–1151. – Doi: 10.21515/1990-4665-134-092.
4. Карандей В.Ю. Определение магнитных параметров модели статора компонента управляемого асинхронного каскадного электрического привода цилиндрической конструкции / В.Ю. Карандей, В.В. Квочкин, В.Л. Афанасьев, В.Н. Кишко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 09 (133). – С. 1231–1248. – Doi: 10.21515/1990-4665-133-105.
5. Карандей В.Ю. Разработка подхода к расчету магнитного потока одной катушечной группы обмотки статора компонента управляемого асинхронного каскадного электрического привода / В.Ю. Карандей, Ю.Ю. Карандей, В.Л. Афанасьев, В.В. Квочкин, В.Н. Кишко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар : КубГАУ, 2016. – № 06 (120). – С. 563–574. – IDA [article ID]: 1201606039. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/39.pdf>
6. Карандей В.Ю. Подход к определению магнитных параметров управляемого асинхронного каскадного электрического привода с уточненной геометрией / В.Ю. Карандей, Ю.Ю. Карандей, В.Л. Афанасьев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар : КубГАУ, 2016. – № 06 (120). – С. 575–586. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/40.pdf>
7. Karandey V.Yu. Research dynamics of change of electromagnetic parameters of controlled special electric drives / V.Yu. Karandey, O.B. Popova, B.K. Popov, V.L. Afanasyev // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon-2019) 2019. p. 8934751. Doi: 10.1109/FarEastCon.2019.8934751.
8. Karandey V.Yu. Research of change of parameters of a magnetic flux of the stator and rotor of special electric drives / V.Yu. Karandey, B.K. Popov, V.L. Afanasyev // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon) 2018. p. 8602911. Doi: 10.1109/FarEastCon.2018.8602911.
9. Karandey V.Yu. Determination of power and moment on shaft of special asynchronous electric drives / V.Yu. Karandey, B.K. Popov, O.B. Popova, V.L. Afanasyev // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol. 327, 052003, 2018. doi:10.1088/1757-899X/327/5/052003.
10. Karandey V.Yu. Research and analysis of force and moment of the cascade asynchronous electric drives / V.Yu. Karandey, B.K. Popov, O.B. Popova, V.L. Afanasyev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science electronic edition. Saint-Petersburg Mining University. Vol. 194, T. 5, 052009, 2018. doi: 10.1088/1755-1315/194/5/052009.
11. Karandey V.Yu. Research of electromagnetic parameters for improvement of efficiency of special electric drives and components / V.Yu. Karandey, B.K. Popov, O.B. Popova, V.L. Afanasyev // 5th International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies 2019, 69–74 pp., 2016. Doi: 10.1109/PGSRET.2019.8882689.
12. Карандей В.Ю. Разработка алгоритма расчета электромагнитных параметров статора компонента управляемого асинхронного каскадного электрического привода / В.Ю. Карандей, Ю.Ю. Карандей, В.Л. Афанасьев, Ф.С. Абанин, В.В. Квочкин, В.Н. Кишко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар : КубГАУ, 2016. – № 06 (120). – С. 587–605. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/41.pdf>
13. Karandey V.Yu. Research of electrical power processes for optimum modeling and design of special electric drives / V.Yu. Karandey, B.K. Popov, O.B. Popova, V.L. Afanasyev. Advances in Engineering Research conference proceedings. Vol. 157, 242–247 pp., 2018. doi: 10.2991/aime-18.2018.47.



14. Karandey V.Yu. Optimization of parameters of special asynchronous electric drives / V.Yu. Karandey, B.K. Popov, O.B. Popova, V.L. Afanasyev // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol. 327, 052002, 2018. doi: 10.1088/1757-899X/327/5/052002.
15. Попов Б.К. Программа для расчета магнитной системы ротора методом магнитных цепей / Б.К. Попов, В.Ю. Карандей // свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU № 2008614047, зарегистрировано 30.06.2008 г.
16. Попов Б.К. Программа расчета токов статора и ротора в каскадном электрическом приводе / Б.К. Попов, В.Ю. Карандей // свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU № 2008614048, зарегистрировано 30.06.2008 г.

References

1. Afanasiev V.L. Controlled cascade electric drive / V.L. Afanasiev, V.Yu. Karandey, B.K. Popov // Patent for useful model RU 191959 U1, 28.08.2019, application number 2019111630 of 16.04.2019.
2. Karandey V.Yu. Mathematical modeling of special electric drives for the equipment of oil and gas branch / V.Yu. Karandey, V.L. Afanas'ev // Polythematic network electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University. – 2017. – № 08 (132). – P. 926–940. – Doi: 10.21515/1990-4665-132-072.
3. Karandey V.Yu. Determination of the magnetic parameters of the stator model of the controlled asynchronous cascade electric drive component of the axial design / V.Yu. Karandey, V.N. Kishko, V.L. Afanasiev, V.V. Kvochkin // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban state agrarian university. – 2017. – № 10 (134). – P. 1135–1151. – Doi: 10.21515/1990-4665-134-092.
4. Karandey V.Yu. Determination of the magnetic parameters of the stator model of the controlled asynchronous cascade electric drive component of the cylindrical design / V.Yu. Karandey, V.V. Kvochkin, V.L. Afanasiev, V.N. Kishko // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2017. – № 09 (133). – P. 1231–1248. – Doi: 10.21515/1990-4665-133-105.
5. Karandey V.Yu. Development of the approach to the magnetic flux calculation of a single coil group of the winding stator of the controlled asynchronous cascade electric drive component / V.Yu. Karandey, Yu.Yu. Karandey, V.L. Afanasiev, V.V. Kvochkin, V.N. Kishko // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University (Kuban State Agrarian University Scientific Journal). – Krasnodar : Kuban State Agrarian University, 2016. – № 06 (120). – P. 563–574. – IDA [article ID]: 1201606039. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/39.pdf>
6. Karandey V.Yu. Approach to determination of the magnetic parameters of the controlled asynchronous cascade electric drive with the specified geometry / V.Yu. Karandey, Yu.Yu. Karandey, V.L. Afanasiev. – Krasnodar : Kuban State Agrarian University, 2016. – № 06 (120). – P. 575–586. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/40.pdf>.
7. Karandey V.Yu. Research dynamics of change of electromagnetic parameters of controlled special electric drives / V.Yu. Karandey, O.B. Popova, B.K. Popov, V.L. Afanasiev // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon-2019) 2019. p. 8934751. Doi: 10.1109/FarEastCon.2019.8934751.
8. Karandey V.Yu. Research of change of parameters of a magnetic flux of the stator and rotor of special electric drives / V.Yu. Karandey, B.K. Popov, V.L. Afanasiev // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon) 2018. p. 8602911. Doi: 10.1109/FarEastCon.2018.8602911.
9. Karandey V.Yu. Determination of power and moment on shaft of special asynchronous electric drives / V.Yu. Karandey, B.K. Popov, O.B. Popova, V.L. Afanasiev // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol. 327, 052003, 2018. doi:10.1088/1757-899X/327/5/052003.
10. Karandey V.Yu. Research and analysis of force and moment of the cascade asynchronous electric drives / V.Yu. Karandey, B.K. Popov, O.B. Popova, V.L. Afanasiev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science electronic edition. Saint-Petersburg Mining University. Vol. 194, T. 5, 052009, 2018. doi: 10.1088/1755-1315/194/5/052009.
11. Karandey V.Yu. Research of electromagnetic parameters for improvement of efficiency of special electric drives and components / V.Yu. Karandey, B.K. Popov, O.B. Popova, V.L. Afanasiev // 5th International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies 2019, 69–74 pp., 2016. Doi: 10.1109/PGSRET.2019.8882689.
12. Karandey V.Yu. Development of the electromagnetic parameters calculation algorithm for the controlled asynchronous cascade electric drive component stator / V.Yu. Karandey, Yu.Yu. Karandey, V.L. Afanasiev, F.S. Abanin, V.V. Kvochkin, V.N. Kishko // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban state agrarian university (Kuban scientific journal). – Krasnodar : Kuban State Agrarian University, 2016. – № 06 (120). – P. 587–605. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/41.pdf>.
13. Karandey V.Yu. Research of electrical power processes for optimal modeling and design of special electric drives / V.Yu. Karandey, B.K. Popov, O.B. Popova, V.L. Afanasiev. Advances in Engineering Research conference proceedings. Vol. 157, 242–247 pp., 2018. doi: 10.2991/aime-18.2018.47.
14. Karandey V.Yu. Optimization of parameters of special asynchronous electric drives / V.Yu. Karandey, B.K. Popov, O.B. Popova, V.L. Afanasiev // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol. 327, 052002, 2018. doi: 10.1088/1757-899X/327/5/052002.
15. Попов, Б.К. Program for the rotor magnetic system calculation by the magnetic circuits method / B.K. Popov, V.Yu. Karandey // Registration certificate for computer RU № 2008614047, registered 30.06.2008.
16. Попов, Б.К. Program for the stator and rotor current calculation in a cascade electric drive / B.K. Popov, V.Yu. Karandey // Program registration certificate for Computer RU № 2008614048, registered 30.06.2008.