



УДК 621.31, 62-83, 621.313.33

## ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ НЕРАВЕНСТВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ



## APPLICATION OF GEOMETRIC INEQUALITIES TO SOLVE PROBLEM OF OPTIMIZATION OF SPECIAL ELECTRIC DRIVES

### Попов Борис Клавдиевич

кандидат технических наук, доцент,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
pbk47@mail.ru

### Афанасьев Виктор Леонидович

аспирант,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
buguvix@mail.ru

### Шаго Ярослав Юрьевич

магистрант,  
Кубанский государственный  
технологический университет

### Геккиев Мурат Магаметович

магистрант,  
Кубанский государственный  
технологический университет

### Кондратенко Сергей Евгеньевич

магистрант,  
Кубанский государственный  
технологический университет

### Губский Максим Игоревич

магистрант,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Аннотация.** В статье показано применение геометрических неравенств при решении задачи оптимизации специальных электрических приводов. Геометрические неравенства для решения задачи оптимизации используются для нахождения оценок снизу для позиномов. Это свойство позволяет решать оптимизационные задачи для специальных электрических приводов.

**Ключевые слова:** специальный электрический привод, управляемый асинхронный каскадный электропривод, методы оптимизации, геометрические неравенства, электромеханическое преобразование энергии, электромагнитная система.

### Popov Boris Klavdievich

Candidate of technical sciences,  
Associate Professor,  
Kuban state technological university  
pbk47@mail.ru

### Afanasiev Viktor Leonidovich

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

### Shago Yaroslav Yuryevich

Master's degree,  
Kuban state technological university

### Gekkiyev Murat Magametovich

Master's degree,  
Kuban state technological university

### Kondratenko Sergey Evgenyevich

Master's degree,  
Kuban state technological university

### Gubsky Maxim Igorevich

Master's degree,  
Kuban state technological university

**Annotation.** The article shows the application of geometric inequalities in solving the problem of optimization of special electric drives. Geometric inequalities to solve the optimization problem are used to find the estimates from below for positional. This property allows to solve optimization problems for special electric drives.

**Keywords:** special electric drive, controlled asynchronous cascade electric drive, optimization methods, geometric inequalities, electromechanical transformation of energy, electromagnetic system.

Предлагается применение геометрических неравенств для решения задачи оптимизации [1, 2] специальных электрических приводов [3, 4]. Использование совместных решений задач оптимизации, систем поиска новых знаний [5] и критериев поиска [6,7] позволяет более эффективно решать задачи определения параметров электрического привода [8], мощности и момента на валу привода [9, 10] и других электромагнитных [11, 12] для различных конструкций исследуемых объектов [13, 14].

Рассмотрим задачу оптимизации с применением геометрических неравенств.

Геометрическое неравенство может быть использовано для нахождения оценок снизу для позиномов. Например, рассмотрим функцию  $g(t) = 4t + 1/t$ . Применение неравенства дает:



$$g(t) \geq (8t)^{1/2} \left(\frac{2}{t}\right)^{1/2} = 4.$$

Таким образом, 4 является оценкой  $g(t)$  снизу при положительных  $t$ . Заметим, однако, что  $g(1/2) = 4$ , так что 4 в действительности является точной нижней гранью для  $g(t)$ .

В качестве второго примера рассмотрим функцию  $g(t) = 2t^3 + 6/t$ . Применение неравенства для взвешенных средних дает:

$$g(t) \geq \left(\frac{2t^3}{1/4}\right)^{1/4} \left(\frac{6}{3t/4}\right)^{3/4} = 8.$$

Таким образом, 8 является оценкой  $g(t)$  снизу для положительных  $t$ . Однако  $g(1) = 8$ , так что 8 фактически есть точная нижняя грань  $g(t)$ . Теперь рассмотрим позингом:

$$g(\bar{t}) = 4t_1 + \frac{t_1}{t_2^2} + \frac{4t^2}{t_1}$$

с двумя переменными  $t_1$  и  $t_2$ . Чтобы найти оценку снизу для  $g(t)$ , используем следующее геометрическое неравенство:

$$\frac{1}{4}U_1 + \frac{1}{4}U_2 + \frac{2}{4}U_3 \geq U_1^{1/4}U_2^{1/4}U_3^{2/4}.$$

Тогда:

$$g(\bar{t}) \geq \left(\frac{4t_1}{1/4}\right)^{1/4} \left(\frac{t_1}{t_2^2/4}\right)^{1/4} \left(\frac{4t_2}{2t_1/4}\right)^{2/4} = 8.$$

Таким образом, 8 является оценкой снизу для  $g(t)$  при положительных  $t_1$  и  $t_2$ . Более того, 8 является точной нижней гранью для  $g(t)$ , так как  $g(1/2, 1/2) = 8$ .

Применение изложенных методов и разработанных программных продуктов [15, 16] позволяет правильно решать задачи оптимизации специальных электрических приводов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям, договор № 14695ГУ/201.

### Литература

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Popova O.B. Theoretical propositions and practical implementation of the formalization of structured knowledge of the subject area for exploratory research / O.B. Popova, B.K. Popov, V.Yu. Karandey, Yu.D. Shevtsov, V.I. Klyuchko // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Vol. 722, 432–437 pp., 2018. Doi: 10.1007/978-3-319-73888-8\_67.
6. Popova O.B. New Methods and Evaluation Criteria of Research Efficiency / O.B. Popova, B.K. Popov, V.Yu. Karandey, D.A. Romanov, S.A. Kobzeva & M.A. Evseeva (2015) // *Mediterranean journal of social sciences*, Vol 6, № 6 S5, pp. 212–217.
7. Popova O.B. Analysis of forecasting methods as a tool for information structuring in science research / O.B. Popova, B.K. Popov, V.Yu. Karandey, M.A. Evseeva // *British Journal of Applied Science & Technology*. Vol. 17, T.2, 9–19 pp., 2016. Doi: 10.9734/BJAST/2016/26353.
8. 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.
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 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.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

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.

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.

## References

1. 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. Afanasyev // Advances in Engineering Research conference proceedings. Vol. 157, 242–247 pp., 2018. doi:10.2991/aime-18.2018.47.

2. 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.

3. 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 No. 2019111630 of 16.04.2019.

4. 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.

5. Popova O.B. Theoretical propositions and practical implementation of the formalization of structured knowledge of the subject area for exploratory research / O.B. Popova, B.K. Popov, V.Yu. Karandey, Yu.D. Shevtsov, V.I. Klyuchko // Advances in Intelligent Systems and Computing. V.I. Klyuchko // Advances in Intelligent Systems and Computing. 722, 432–437 pp., 2018. Doi: 10.1007/978-3-319-73888-8\_67.

6. Popova O.B. New Methods and Evaluation Criteria of Research Efficiency / O.B. Popova, B.K. Popov, V.Yu. Karandey, D.A. Romanov, S.A. Kobzeva & M.A. Evseeva (2015) // Mediterranean Journal of Social Sciences, Vol 6, № 6 S5, pp. 212–217.

7. Popova O.B. Analysis of forecasting methods as a tool for information structuring in scientific research / O.B. Popova, B.K. Popov, V.Yu. Karandey, M.A. Evseeva // British Journal of Applied Science & Technology. Vol. 17, T.2, 9–19 pp., 2016. Doi: 10.9734/BJAST/2016/26353.

8. Karandey V.Yu. Research of electromagnetic parameters for improvement 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.

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 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.

12. 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.

13. 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). – С. 1135–1151. – Doi: 10.21515/1990-4665-134-092.

14. 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. Kvochkin, V.L. Afanas'ev, V.N. Kishko // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2017. – № 09 (133). – С. 1231–1248. – Doi: 10.21515/1990-4665-133-105.

15. Попов Б.К. Program for the rotor magnetic system calculation by a method of the magnetic circuits / Б.К. Попов, В.Ю. Карандей // 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 / Б.К. Попов, В.Ю. Карандей // Program registration certificate for Computer RU № 2008614048, registered 30.06.2008.