



УДК 621.31, 62-83, 621.313.33

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМИЗИРУЮЩЕЙ ТОЧКИ МЕТОДА ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИВодОВ

### DETERMINATION OF MINIMIZING POINT OF GEOMETRIC PROGRAMMING METHOD FOR OPTIMIZATION OF SPECIAL ELECTRIC DRIVES

**Карандей Владимир Юрьевич**

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой электроснабжения промышленных предприятий, Кубанский государственный технологический университет

**Karandey Vladimir Yuryevich**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department of Power Supply of the Industrial Enterprises, Kuban State Technological University

**Аннотация.** В статье показано решение задачи минимизации метода геометрического программирования для оптимизации специальных электрических приводов. Приведено решение для определения минимизирующей точки. Использование решенной задачи метода геометрического программирования по определению минимизирующей точки дает возможности решать задачи оптимизации специальных электрических приводов.

**Annotation.** The article shows the solution of the task of minimizing the method of geometric programming for optimizing special electric drives. The solution for determining the minimizing point is given. Using the solved task of the geometric programming method to determine the minimizing point makes it possible to solve problems of optimizing special electric drives.

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

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

Решение задач по разработке электрических приводов [1, 2] и исследованию параметров статике [3, 4] и динамике [5, 6] предполагает использование синтеза классических и новых методов исследования [7, 8] и подходов к определению параметров исследуемых устройств [9, 10]. В одном ряду с такими методами исследования [11, 12] находятся методы оптимизации. С использованием метода геометрического программирования решается задача исследования и проектирования электрических приводов с оптимальными массогабаритными параметрами. Решенная задача минимизации метода геометрического программирования применена для оптимизации специальных электрических приводов [13, 14].

Чтобы показать, как из решения двойственной программы определяются  $t'_j$ , достаточно рассмотреть такой частный случай. В задаче было установлено, что:

$$\delta'_1 = \frac{2}{5}, \quad \delta'_2 = \frac{1}{5}, \quad \delta'_3 = \frac{1}{5}, \quad \delta'_4 = \frac{1}{5} \quad \text{и} \quad M = 100.$$

$$u_i(t') = \sqrt{\delta'_i} \delta'_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \tag{1}$$

Поэтому из формулы (1) видно, что  $t'$  удовлетворяет системе

$$\begin{aligned} \left(\frac{2}{5}\right)100 &= u_1 = 40t_1^{-1}t_2^{-1}t_3^{-1} \\ \left(\frac{1}{5}\right)100 &= u_2 = 40t_2t_3 \\ \left(\frac{1}{5}\right)100 &= u_3 = 20t_1t_3 \\ \left(\frac{1}{5}\right)100 &= u_4 = 10t_1t_2 \end{aligned}$$

Взяв логарифм каждого из этих уравнений и полагая

$$z_1 = \ln t_1, \quad z_2 = \ln t_2, \quad z_3 = \ln t_3,$$

Видим, что  $(z'_1, z'_2, z'_3)$  удовлетворяет линейной системе



$$\begin{aligned}0 &= -z_1 - z_2 - z_3, \\ -\ln 2 &= z_2 + z_3, \\ 0 &= z_1 + z_3, \\ \ln 2 &= z_1 + z_2.\end{aligned}$$

Ясно, что эта система имеет единственное решение  $z_1' = \ln 2$ ,  $z_2' = 0$ ,  $z_3' = -\ln 2$ . Отсюда следует, что минимизирующей точкой является  $t_1' = 2$ ,  $t_2' = 1$  и  $t_3' = 1/2$ .

Применение метода геометрического программирования позволит правильно исследовать электромеханические процессы [15, 16], происходящие в специальных электрических приводах [17].

### Литература:

1. Avdeev A., Osipov O. PMSM identification using genetic algorithm 26th International Workshop on Electric Drives: Improvement in Efficiency of Electric Drives, IWED 2019 – Proceedings. 26, 2019, Publisher: IEEE, doi: 10.1109/IWED.2019.8664250.
2. А.Е. Козьярук, Современные эффективные электроприводы производственных и транспортных механизмов // Электротехника. – 2019. – № 3. – С. 33–37.
3. Blyuk V., Ershov M., Komkov A. Models and algorithms for quick calculation of electromechanical transition processes of multi-machine electrotechnical systems. Proceedings – 2019 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency // SUMMA 2019. – 2019. – P. 686–689.
4. Samoseiko V.F., Saushev A.V., Belousova N.V. Asynchronous motor control algorithm with parameter identification. Proceedings – 2019 International Ural Conference on Electrical Power Engineering // UralCon. – 2019. – P. 284–289. – Publisher: IEEE, doi: 10.1109/URALCON.2019.8877625.
5. Abdulhy Al-Ali M.A., Kornilov V.Yu., Gorodnov A.G. Optimize the performance of electrical equipment in gas separation stations (degassing stations) and electrical submersible pumps of oil equipment for oil Rumaila field // Power engineering: research, equipment, technology. – 2019. – Vol. 21. – № 1–2. – P. 141–145.
6. Andreev N.K. Influence of sensitivity and specificity of measuring methods on their informativity and hardware requirements. E3S Web of Conferences // 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019. – 2019. – №. 05043. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912405043>.
7. Бабанова И.С., Жуковский Ю.Л., Королев Н.А. Управление режимами работы электроприводного агрегата на основе нейросетевого диагностирования и оценки технического состояния // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2018. – № 1–2. – С. 26–36.
8. Определение влияния способов широтно-импульсной модуляции на потери мощности в асинхронном двигателе / А.В. Гуляев [и др.] // Электротехника. – 2018. – № 9. – С. 74–76.
9. Жуковский Ю.Л., Бабанова И.С., Королёв Н.А. Способ диагностики технического состояния и оценки остаточного ресурса электромеханического агрегата с асинхронным двигателем // Патент на изобретение RU 2626231 C1, 24.07.2017. Заявка № 2016144271 от 10.11.2016.
10. Комков А.Н., Чернев М.Ю., Блюк В.В. Исследование взаимного влияния асинхронных электроприводов центробежных насосов в составе электротехнической системы // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2019. – Т. 62. – № 5. – С. 62–67.
11. Власьевский С.В., Малышева О.А., Мельниченко О.В. Сравнение расчетных сил тяги по сцеплению электровозов переменного тока с асинхронным и коллекторным приводом // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2018. – № 5. – С. 30–36.
12. V.R. Gasiyarov [et al.] Dynamic torque limitation principle in the main line of a mill stand: explanation and rationale for use // Machines. – 2019. – Vol. 7. – № 4. – P. 76. doi: 10.3390/machines7040076.
13. Афанасьев В.Л., Карандей В.Ю., Попов Б.К. Управляемый каскадный электрический привод // Патент на полезную модель RU 191959 U1, 28.08.2019, заявка № 2019111630 от 16.04.2019.
14. Попов Б.К., Карандей В.Ю., Попова О.Б. Аксиальный каскадный электрический привод с жидкостным токосъемом // Патент на изобретение RU 2483415 C1, 27.05.2013. Заявка № 2012109118/07 от 11.03.2012.
15. Research of electromagnetic parameters for improvement of efficiency of special electric drives and components / V.Yu. Karandey [et al.] // 5th International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies. – 2016. – P. 69–74. Doi: 10.1109/PGSRET.2019.8882689.
16. Research dynamics of change of electromagnetic parameters of controlled special electric drives / V.Yu. Karandey [et al.] // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon-2019). – 2019. – P. 8934751. Doi: 10.1109/FarEastCon.2019.8934751.
17. Карандей В.Ю., Карандей Ю.Ю., Базык А.В. Программа расчета параметров и самоанимационного построения потокораспределения компонента асинхронного каскадного электропривода // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2015615826 от 25 мая 2015 г.

### References:

1. Avdeev A., Osipov O. PMSM identification using genetic algorithm 26th International Workshop on Electric Drives: Improvement in Efficiency of Electric Drives, IWED 2019 – Proceedings. 26, 2019, Publisher: IEEE, doi: 10.1109/IWED.2019.8664250.
2. A.E. Koziaruk, Modern efficient electric drives of production and transport mechanisms // Electrotechnika. – 2019. – № 3. – P. 33–37.



3. Blyuk V., Ershov M., Komkov A. Models and algorithms for quick calculation of electromechanical transition processes of multi-machine electrotechnical systems. Proceedings – 2019 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency // SUMMA 2019. – 2019. – P. 686–689.
4. Samoseiko V.F., Saushev A.V., Belousova N.V. Asynchronous motor control algorithm with parameter identification. Proceedings – 2019 International Ural Conference on Electrical Power Engineering // UralCon. – 2019. – P. 284–289. – Publisher: IEEE, doi: 10.1109/URALCON.2019.8877625.
5. Abdulhy Al-Ali M.A., Kornilov V.Yu., Gorodnov A.G. Optimize the performance of electrical equipment in gas separation stations (degassing stations) and electrical submersible pumps of oil equipment for oil Rumaila field // Power engineering: research, equipment, technology. – 2019. – Vol. 21. – № 1–2. – P. 141–145.
6. Abdulhy Al-Ali M.A., Kornilov V.Yu., Gorodnov A.G. Optimize the performance of electrical equipment in gas separation stations (degassing stations) and electrical submersible pumps of oil equipment for oil Rumaila field // Power engineering: research, equipment, technology. – 2019. – Vol. 21. – № 1–2. – P. 141–145.
7. Babanova I.S., Zhukovsky Y.L., Korolev N.A. Management of operation modes of electric drive unit based on neural network diagnostics and assessment of technical condition // Electrical Equipment: Operation and Repair. – 2018. – № 1–2. – P. 26–36.
8. Determination of the influence of pulse-width modulation methods on power losses in an asynchronous motor / A.V. Gulyaev [et al.] // Electrotehnika. – 2018. – № 9. – P. 74–76.
9. Zhukovsky Y.L., Babanova I.S., Korolev N.A. Method for diagnosing the technical condition and evaluating the residual life of an electromechanical unit with an induction motor // Patent for the invention RU 2626231 C1, 24.07.2017. Application № 2016144271 of 10.11.2016.
10. Komkov A.N., Chernev M.Y., Bluk V.V. Study of mutual influence of asynchronous electric drives of centrifugal pumps as a part of electrical system // Proceedings of higher educational institutions. Electromechanics. – 2019. – Vol. 62. – № 5. – P. 62–67.
11. Vlasievsky S.V., Malysheva O.A., Melnichenko O.V. Comparison of calculated traction forces on AC electric locomotive coupling with asynchronous and collector drive // Electronics and electrical equipment of transport. – 2018. – № 5. – P. 30–36.
12. V.R. Gasiyarov [et al.] Dynamic torque limitation principle in the main line of a mill stand: explanation and rationale for use // Machines. – 2019. – Vol. 7. – № 4. – P. 76. Doi: 10.3390/machines7040076.
13. Afanasiev V.L., Karandey V.Y., Popov B.K. Controllable cascade electric drive // Useful model patent RU 191959 U1, 28.08.2019, application number 2019111630 of 16.04.2019.
14. Popov B.K., Karandey V.Yu., Popova O.B. Axial cascade electric actuator with fluid current draw // Patent for the invention RU 2483415 C1, 27.05.2013. Application № 2012109118/07 of 11.03.2012.
15. Research of electromagnetic parameters for improvement of efficiency of special electric drives and components / V.Yu. Karandey [et al.] // 5th International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies. – 2016. – P. 69–74. Doi: 10.1109/PGSRET.2019.8882689.
16. Research dynamics of change of electromagnetic parameters of controlled special electric drives / V.Yu. Karandey [et al.] // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon-2019). – 2019. – P. 8934751. Doi: 10.1109/FarEastCon.2019.8934751.
17. Karandey V., Karandey Yu., Bazyk A.V. Program for calculating parameters and self-animated construction of the flux distribution of the asynchronous cascade electric drive component // Certificate of official registration of computer software № 2015615826 from May 25, 2015.