



УДК 621.313.33, 62-83

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ

APPLICATION OF THE METHOD OF GEOMETRICAL PROGRAMMING FOR OPTIMIZATION OF SPECIAL ELECTRIC DRIVES

Карандей Владимир Юрьевич

кандидат технических наук,
доцент, заведующий кафедрой
электроснабжения промышленных предприятий,
Кубанский государственный
технологический университет
epp_kvvy@mail.ru

Попов Борис Клавдиевич

кандидат технических наук,
доцент,
Кубанский государственный
технологический университет

Попова Ольга Борисовна

кандидат технических наук,
доцент,
Кубанский государственный
технологический университет

Афанасьев Виктор Леонидович

аспирант,
Кубанский государственный
технологический университет
buguvix@mail.ru

Аннотация. Актуальность исследования определяется потребностью различных отраслей промышленности совершенствовании электроприводов, что позволяет улучшить их качество и технико-экономические показатели. В связи с этим целью нашего исследования является оптимальная разработка специальных систем электропривода на примере управляемых асинхронных каскадных электрических приводов и его компонентов для решения конкретных практических задач по проектированию и повышению эффективности их эксплуатации.

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

Karandey Vladimir Yuryevich

Candidate of technical sciences,
Associate Professor,
Head of department of Power supply
of the industrial enterprises
Kuban State Technological University
epp_kvvy@mail.ru

Popov Boris Klavdievich

Candidate of technical sciences,
Associate Professor,
Kuban State Technological University

Popova Olga Borisovna

Candidate of technical sciences,
Associate Professor
Kuban State Technological University

Afanasiev Viktor Leonidovich

Graduate student,
Kuban State Technological University
buguvix@mail.ru

Annotation. The relevance of a research is defined by requirement of different industries improvement of electric drives that allows improving their quality and technical and economic indicators. In this regard the purpose of our research is optimum development of special systems of the electric drive on the example of the managed asynchronous cascade electric drives and its components for a solution of specific practical objectives on design and increase in efficiency of their operation.

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

При моделировании [1, 2], создании и проектировании специальных электроприводов [3, 4] задачи оптимизации в решаются в основном методами математического программирования.

Общая задача математического программирования – задача нахождения экстремумов функции многих переменных при наличии ограничения на переменные – наталкивается на принципиальные трудности. Поэтому в настоящее время арсенал методов решения общей задачи математического программирования стремительно расширяется. Это обстоятельство направило развитие математического программирования по пути выделения и исследования различных подклассов задач. Использование тех или иных специфических особенностей задач выделенного подкласса создает возможности более эффективного их исследования и решения.

Примеры таких подклассов дают задачи выпуклого, квадратичного, линейного программирования, задачи транспортного типа и др. Геометрическое программирование также представляет собой



раздел математического программирования, изучающий определенный класс задач оптимизации. Однако при использовании геометрического программирования приходится применять линейное, нелинейное программирования, понятия выпуклого программирования. Поэтому при изложении курса «Методы оптимизации в электроэнергетике» за основу взято геометрическое программирование, представляющее синтез многих разделов математического программирования.

Задача геометрического программирования заключается в минимизации некоторого полинома (положительного полинома) при ограничениях, согласно которым значения некоторых других полиномов не должны превосходить единицы. Существенно используется также теория двойственности: двойственная задача строится по исходной прямой и представляет собой задачу максимизации нелинейной функции при линейных ограничениях на переменные. Как правило, решение двойственной задачи существенно легче. Согласно теории двойственности геометрического программирования, минимальное значение прямой функции равно максимальному значению двойственной функции. При этом, если известно оптимальное решение двойственной задачи, задача определения оптимальных значений переменных прямой задачи сводится к решению систем линейных уравнений.

Геометрическое программирование оказывается весьма удобным инструментом для решения целого ряда задач оптимизации. Особенно важным является тот факт, что исследование двойственной задачи дает возможность получить некоторые качественные зависимости оптимального значения целевой функции от различных параметров задачи.

Решение технических задач требует компромисса между многими альтернативами[5,6]. При этом необходимо стремиться к идеальному компромиссу, оптимизирующему некоторую определенную характеристику. Например, перед ним может стоять задача поиска конструкции с максимальной эффективностью, минимальными затратами или с минимальным весом.

Характеристики технического проекта зависят как от фиксированных, так и от регулируемых параметров. Фиксированные параметры (например, стоимость материалов, энергии, спецификация проекта) постоянны для рассматриваемой задачи, но меняются от одной задачи к другой. Регулируемые параметры (например, размеры, давление, скорость, напряжение и сила тока) могут быть установлены инженером.

При традиционном подходе к оптимизации технической конструкции строятся параметрические кривые (для постоянных значений фиксированных параметров), а затем путем перекрестного сравнения выбирается оптимальная конструкция. Еще недавно был популярным другой подход, когда специалист слепо полагался на цифровую вычислительную машину, которая искала оптимальный проект для постоянных значений фиксированных параметров. Ни при одном из этих подходов невозможно достигнуть понимания относительной технической значимости всех параметров проекта. Попытка исправить положение вылилась в создание геометрического программирования.

Основное требование данного метода состоит в том, чтобы все технические характеристики были выражены количественно в виде обобщенных положительных полиномов от регулируемых параметров. Это требование позволяет эффективно использовать геометрическое среднее и большое количество таких геометрических понятий, как векторы, векторные пространства, подпространства, ортогональность и нормализация. Вот почему назван этот метод геометрическим программированием.

Геометрическое программирование имеет ряд преимуществ по сравнению с обычными методами. Во-первых, этот подход выявляет достаточно полную картину сравнительной значимости различных параметров проекта. Во-вторых, геометрическое программирование (особенно при наличии ограничений) более, чем обычные методы, приспособлено для цифровых вычислительных машин. В-третьих, этот метод более тесно связан с инженерной сутью задачи. В частности, требуемая методом замена ограничений, записанных в виде равенств, ограничениями-неравенствами заставляет с самого начала анализировать взаимодействие различных параметров проекта. Эти преимущества геометрического программирования можно проиллюстрировать многочисленными задачами из различных областей техники.

Математические дисциплины обычно возникают, когда появляется необходимость решения новых задач, продиктованных действительностью. Геометрическое программирование, следуя этой традиционной схеме, развилось в связи с задачами инженерного проектирования. При проектировании устройства или системы обычно имеются как фиксированные, так и регулируемые параметры. Инженер-проектировщик стремится установить регулируемые параметры так, чтобы получить оптимальный проект. Оптимальный проект может быть определен различными способами. Типичным оптимальным проектом является тот, при котором устройство или система функционирует определенным образом при минимальных затратах. Попытка разработки быстрого систематического метода составления таких оптимальных проектов по существу явилась стимулом для развития геометрического программирования.

Основой метода геометрического программирования является систематическое использование свойств неравенств. Со времени Ферма многие авторы отмечали, что некоторые неравенства помогают решать специальные задачи оптимизации. Однако они не дали общей теории, подобно развитой в геометрическом программировании.



Математическую формулировку задачи оптимизации назовём программой. Геометрическое программирование является одной из таких формулировок. Оно построено так, что является достаточно общим для рассмотрения широкого класса инженерных задач и вместе с тем достаточно конкретным, чтобы давать полезную количественную информацию. Эта формулировка выражена в терминах функций, которые назовём положительными полиномами или, для краткости, полиномами.

Задача минимизации полинома g , подчиненного ограничениям определенного вида, называется прямой программой. Пусть M – минимальное значение прямой функции g при наличии ограничений. Оказывается, существует соответствующая задача максимизации функции v , которая называется двойственной функцией. Задача максимизации двойственной функции v , подчиненной определенным линейным ограничениям, называется двойственной программой. Установлено, что M , будучи условным минимумом g , является также условным максимумом функции v .

Применение этого метода позволит правильно исследовать электромеханические процессы [7, 8], происходящие в специальных электрических приводах, получить значение механических параметров [9, 10]. Рассматриваемый метод позволяет реализовывать разработанные алгоритмы в виде программ [11, 12] или системы автоматизированного проектирования.

Литература:

1. 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.
2. Karandey V.Yu. Optimization of parameters of special asynchronous electric drives / V.Yu. Karandey [et. al.] // IOP Conf. – 2018. – Series: Materials Science and Engineering. – Vol. 327, 052002. – Doi: 10.1088/1757-899X/327/5/052002.
3. Karandey V.Yu. Research of electrical power processes for optimum modeling and design of special electric drives / V.Yu. Karandey [et. al.] // Advances in Engineering Research conference proceedings. – 2018. – Vol. 157. – P. 242–247. – Doi: 10.2991/aim-18.2018.47.
4. 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.
5. Popova O.B. Analysis of forecasting methods as a tool for information structuring in science research / O.B. Popova [et. al.] // British Journal of Applied Science & Technology. – 2016. – Vol. 17. – Т. 2. – P. 9–19. – Doi: 10.9734/BJAST/2016/26353.
6. Popova O.B. Theoretical propositions and practical implementation of the formalization of structured knowledge of the subject area for exploratory research / O.B. Popova [et. al.] // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2018. – Vol. 722. – P. 432–437. – Doi: 10.1007/978-3-319-73888-8_67.
7. Карандей В.Ю. Определение магнитных параметров модели статора компонента управляемого асинхронного каскадного электрического привода аксиальной конструкции / В.Ю. Карандей [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 10 (134). – С. 1135–1151. – Doi: 10.21515/1990-4665-134-092.
8. Карандей В.Ю. Определение магнитных параметров модели статора компонента управляемого асинхронного каскадного электрического привода цилиндрической конструкции / В.Ю. Карандей [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 09 (133). – С. 1231–1248. – Doi: 10.21515/1990-4665-133-105.
9. Karandey V.Yu. Determination of power and moment on shaft of special asynchronous electric drives / V.Yu. Karandey [et. al.] // IOP Conf. – 2018. – Series: Materials Science and Engineering. – Vol. 327, 052003. – 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 [et. al.] // IOP Conference Saint-Petersburg Mining University. – 2018. – Series: Earth and Environmental Science electronic edition. – Vol. 194. – Т. 5, 052009. – Doi: 10.1088/1755-1315/194/5/052009.
11. Карандей В.Ю. Программа для расчета магнитной системы ротора методом магнитных цепей / В.Ю. Карандей, Б.К. Попов // свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS № 2008614047, зарегистрировано 30.06.2008.
12. Карандей В.Ю. Программа расчета токов статора и ротора в каскадном электрическом приводе / В.Ю. Карандей, Б.К. Попов // свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS № 2008614048, зарегистрировано 30.06.2008.

References:

1. Karandey V.Y. Mathematical modeling of special electric drives for the equipment of oil and gas branch / V.Y. Karandey, V.L. Afanasyev // Political network electronic scientific journal of the Kuban State Agricultural University. – 2017. – № 08 (132). – P. 926–940. – Doi: 10.21515/1990-4665-132-072.
2. Karandey V.Yu. Optimization of parameters of special asynchronous electric drives / V.Yu. Karandey [et. al.] // IOP Conf. – 2018. – Series: Materials Science and Engineering. – Vol. 327, 052002. – Doi: 10.1088/1757-899X/327/5/052002.
3. Karandey V.Yu. Research of electrical power processes for optimum modeling and design of special electric drives / V.Yu. Karandey [et. al.] // Advances in Engineering Research conference proceedings. – 2018. – Vol. 157. – P. 242–247. – Doi: 10.2991/aim-18.2018.47.



4. 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.
5. Popova O.B. Analysis of forecasting methods as a tool for information structuring in science research / O.B. Popova [et. al.] // British Journal of Applied Science&Technology. – 2016. – Vol. 17. – T. 2. – P. 9–19. – Doi: 10.9734/BJAST/2016/26353.
6. Popova O.B. Theoretical propositions and practical implementation of the formalization of structured knowledge of the subject area for exploratory research / O.B. Popova [et. al.] // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2018. – Vol. 722. – P. 432–437. – Doi: 10.1007/978-3-319-73888-8_67.
7. Karandey V.Yu. Determination of the magnetic parameters of the stator model of the controlled asynchronous cascade electric drive component of the axial construction // V.Yu. Karandey [et al.] // Polythema-ethic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2017. – № 10 (134). – P. 1135–1151. – Doi: 10.21515/1990-4665-134-092.
8. Karandey V.Yu. Determination of the magnetic parameters of the stator model of the controlled asynchronous cascade electric drive component of the cylindrical construction // V.Yu. Karandey [et al.] // Political network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2017. – № 09 (133). – P. 1231–1248. – Doi: 10.21515/1990-4665-133-105.
9. Karandey V.Yu. Determination of power and moment on shaft of special asynchronous electric drives / V.Yu. Karandey [et. al.] // IOP Conf. – 2018. – Series: Materials Science and Engineering. – Vol. 327, 052003. – 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 [et. al.] // IOP Conference Saint-Petersburg Mining University. – 2018. – Series: Earth and Environmental Science electronic edition. – Vol. 194. – T. 5, 052009. – Doi: 10.1088/1755-1315/194/5/052009.
11. Karandey V.Yu. Program for calculating the magnetic rotor system by the magnetic circuits method (in Russian) / V.Yu. Karandey, B.K. Popov // Certificate of registration of the program for computer RUS № 2008614047, registered on 30.06.2008.
12. Karandey V.Yu. Program for calculating stator and rotor currents in the cascade electric drive / V.Yu. Karandey, B.K. Popov // Certificate of program registration for computer RUS № 2008614048, registered 30.06.2008.