



ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

ELECTRIC EQUIPMENT IN OIL AND GAS BRANCH

УДК 621.313.33, 62-83

ОБЗОР МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЯЕМОГО КАСКАДНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРИВОДА

OVERVIEW OF OPTIMIZED CASCADE ELECTRIC DRIVE OPTIMIZATION TECHNIQUES

Афанасьев Виктор Леонидович

аспирант,
Кубанский государственный
технологический университет
buguvix@mail.ru

Afanasiev Viktor Leonidovich

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

Аннотация. Вопрос оптимального проектирования в нынешней экономической обстановке очень актуален. В данный момент как никогда раньше все чаще задаются вопросом экономии расходного материала при производстве, и электроэнергии при работе электрического привода.

Annotation. The question of optimal design in the current economic environment is very relevant. At the moment, more than ever before, they are increasingly asking themselves to save on consumable material in production, and electricity when an electric drive is in operation.

Ключевые слова: управляемый асинхронный каскадный электропривод, электромеханическое преобразование энергии, электромагнитная система.

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

Выходные параметры электрического привода во многом зависят от расчета электромагнитной системы исполнительного механизма – электрического двигателя [1, 2]. Классическая методика расчета была разработана в прошлом веке и имеет много допущений и уточняющих коэффициентов, что не позволяет произвести расчет с точностью необходимой для соблюдения современных требований к точности расчетов. Разработана методика расчета основанная на применении принципа наложения и метода магнитных цепей [3, 4]. Данная методика позволит рассмотреть магнитную систему не как единое целое, а как отдельные составные части такие как: ярма статора, зубцовая зона статора, воздушный зазор, зубцовую зону ротора ярма ротора. Каждый участок имеет свои магнитные сопротивления и свою магнитную индукцию которую можно уточнить методом последовательных приближений [5, 6].

При проектировании управляемого каскадного электрического привода под определенные требования, например, для приводов насосов, компрессоров и т.д. требуется применение методов оптимизации [7, 8], это позволит наиболее точно спроектировать управляемый каскадный электрический при заданных требованиях при минимальном расходе расходных материалов при производстве [9]. Для применения оптимизации необходимо задаться исходными данными, при проектировании электроприводов являются ими являются: номинальный вращающий момент, Н·м; максимальный вращающий момент, Н·м; частота вращения, об./мин; напряжение питания U_n , В; коэффициент полезного действия, %. По предоставленным данным можно спроектировать большое количество разнообразных электрических приводов, соответствующим этим исходным данным, с разными техническим и экономическими показателями (объемом, энергопотреблением, массой, стоимостью). Чтобы найти наилучшее оптимизированное решение необходимо определенным критерием оптимальности и выбрать электропривод, удовлетворяющий требуемым параметрам и выбранному критерию [10, 11]. Существенную роль играет также метод, которым осуществляется оптимизация.

В соответствии с особенностями подходов к проведению оптимизации необходимо задаться критерием оптимальности, а также выбрать метод оптимизации наиболее подходящий при проектировании управляемых каскадных электрических приводов.

Наиболее распространенные критерии оптимальности это: минимальный объем (минимальный суммарный объем активных материалов магнитопровода и материалов обмотки); минимальная масса



(объем умноженный на коэффициент заполнения и плотность применяемого материала); минимальная потребляемая мощность в длительном режиме и др.

Самым незатейным и в тоже время самым медленным методом оптимизации является метод сканирования. Он применяется для не сложных функций, которые зависят от малого числа переменных. Метод заключается в последовательном переборе всех значений в заданном интервале с определенным шагом и вычислением критерия оптимизации в каждой точке. Путем выбора самого большого из всех определенных значений критерия оптимизации и находится решение исходной задачи. Достоинство метода заключается в возможности найти глобальный максимум критерия, если исходная функция является многоэкстремальной. К недостаткам данного метода относится значительное число повторных вычислений исходной функции, что в случае сложной функции требует существенных затрат времени.

Метод неопределенности Лагранжа применяется, когда исключение зависимых переменных осложнено и на них наложены ограничения в виде равенств, данный метод как и метод сканирования применим при небольшом количестве независимых переменных.

Перспективным путем решения задач оптимизации является применение методов математического программирования. Наиболее приемлемым является метод геометрического программирования, так как данный метод является частным случаем нелинейного программирования и наиболее эффективен при решении технических задач.

В геометрическом программировании состоит в том, что целевые функции, которые описывают критерии качества проектируемого объекта и выражаются в виде положительных полиномов (полиномов) от регулируемых параметров. Главной особенностью геометрического программирования является то, что при создании программы на ЭВМ на основе данного метода расчета возможно его применение и для решения других задач без изменения самой программы, при этом не увеличивается временные затраты машинного времени [12, 13]. Это свойство отличает данный метод от других нелинейных методов программирования в лучшую сторону.

Стоит отметить, что при решении задач геометрического программирования используется теория двойственности.

Перечисленные особенности метода геометрического программирования позволяют сказать о его эффективности по сравнению с другими методами нелинейного программирования. Следует сделать вывод что метод геометрического программирования будет наиболее эффективен при исследовании энергетических характеристик [14, 15] оптимизации управляемого каскадного электрического привода [16].

Литература:

1. Karandey V.Yu. Research of change of parameters of a magnetic flux of the stator and rotor of special electric drives / V.Yu. Karandey, V.K. Popov, V.L. Afanasyev // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). – 2018. – P. 8602911.
2. Карандей В.Ю. Разработка подхода к расчету магнитного потока одной катушечной группы обмотки статора компонента управляемого асинхронного каскадного электрического привода / В.Ю. Карандей [и др.] // 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>
3. 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>
4. Карандей В.Ю. Разработка алгоритма расчета электромагнитных параметров статора компонента управляемого асинхронного каскадного электрического привода / В.Ю. Карандей [и др.] // 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>
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. Karandei V.Yu. New Methods and Evaluation Criteria of Research Efficiency / V.Yu. Karandei [et al.] // Mediterranean journal of social sciences. – Vol 6. – № 6 S5. – P. 212–217.



9. 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.
10. 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.
11. 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/aime-18.2018.47.
12. 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.
13. 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.
14. Karandey V.Yu. Determination of power and moment on shaft of special asynchronous electric drives / V.Yu. Karandey [et al.] // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, – 2018. – Vol. 327, 052003. – Doi: 10.1088/1757-899X/327/5/052003.
15. 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.
16. 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.

References:

1. 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.
2. Karandey V.Yu. Development of the approach to the calculation of the magnetic flux of one coil group of the stator winding of the controlled asynchronous cascade electric drive component / V.Yu. Karandey [et al.] // *Political network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University (Scientific journal of Kuban State Agrarian University)*. – Krasnodar : Kuban State Agrarian University, 2016. – № 06 (120). – P. 563–574. – IDA [article ID]: 120160606039. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/39.pdf>
3. Karandey V.Y. Approach to determination of the magnetic parameters of the controlled asynchronous cascade electric drive with the refined geometry / V.Y. Karandey, Yu. Karandey, V.L. Afanasiev // *Political 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. 575–586. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/40.pdf>
4. Karandey V.Yu. Development of the electromagnetic parameters calculation algorithm for the stator component of the controlled asynchronous cascade electric drive (in Russian) / V.Yu. Karandey [et al.] // *Political network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University (Scientific journal of Kuban State Agrarian University)*. – Krasnodar : Kuban State Agrarian University, 2016. – № 06 (120). – P. 587–605. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/41.pdf>
5. 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.] // *The political network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. – 2017. – № 10 (134). – P. 1135–1151. – Doi: 10.21515/1990-4665-134-092.
6. 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.] // *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. – 2017. – № 09 (133). – P. 1231–1248. – Doi: 10.21515/1990-4665-133-105.
7. 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.
8. Karandey V.Yu. New Methods and Evaluation Criteria of Research Efficiency / V.Yu. Karandey [et al.] // *Mediterranean journal of social sciences*. – Vol 6. – № 6 S5. – P. 212–217.
9. 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.
10. 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.
11. 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/aime-18.2018.47.
12. Karandey V.Yu. Program for calculation of the rotor magnetic system by the magnetic circuits method / V.Yu. Karandey, B.K. Popov // Certificate of program registration for computer RUS № 2008614047, registered on 30.06.2008.
13. Karandey V.Y. 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.
14. Karandey V.Yu. Determination of power and moment on shaft of special asynchronous electric drives / V.Yu. Karandey [et al.] // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, – 2018. – Vol. 327, 052003. – Doi: 10.1088/1757-899X/327/5/052003.



15. 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.

16. Karandey V.Y. Mathematical modeling of special electric drives for the equipment of oil and gas branch / V.Y. Karandey, V.L. Afanasiev Political network electronic scientific journal of the Kuban State Agricultural University. – 2017. – № 08 (132). – P. 926–940. – Doi: 10.21515/1990-4665-132-072.