



УДК 621.313.33, 62-83, 621.65

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ КАСКАДНЫХ СИСТЕМ

### PROMISING WAYS TO OPTIMIZE COMPRESSOR EQUIPMENT FOR THE OIL AND GAS INDUSTRY THROUGH THE USE OF CASCADE SYSTEMS

**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

**Махинько Владислав Сергеевич**

студент,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Ляшенко Андрей Михайлович**

студент,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Аннотация.** Компрессорная техника используется во многих отраслях промышленности, в том числе в – нефтяной и газовой. Нефтедобывающая промышленность не представляется возможным без применения компрессорного оборудования, так как оно является одним из основных видов оборудования при добыче и транспортировке газов.

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

**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

**Mahinko Vladislav Sergeevich**

Student,  
Kuban State Technological University

**Lyashenko Andrey Mikhaylovich**

Student,  
Kuban State Technological University

**Annotation.** Compressor equipment is used in many industries, including oil and gas. The oil industry is not possible without the use of compressor equipment, as it is one of the main types of equipment in the extraction and transportation of gases.

**Keywords:** controlled asynchronous cascade electric drive, electromechanical transformation of energy, electromagnetic system, pump of the horizontal design compressors.

К компрессорному оборудованию применяемому в нефтегазовой промышленности предъявляются строгие требования регламентируемые ГОСТ 54802-2011, в частности выделяются следующие основные требования к компрессорному оборудованию: высокая производительность; давление газа; минимально и максимально допустимая скорость; номинальная мощность. Различают два типа приводов применяемых в компрессорном оборудовании: Газовые двигатели с искровым зажиганием и электродвигателем, наиболее перспективным является компрессорное оборудование с электрическим приводным механизмом.

Немаловажным компонентом компрессора является приводной механизм ведь именно от него зависят многие параметры. К данному компоненту должны применяться особые требования. От электропривода требуется минимальные массогабаритные показатели [1], низкое энергопотребление, высокие технические показатели [2, 3]. Классический однодвигательный электропривод достиг пика своего развития после которого его модернизация требуется необоснованно высоких затрат, при этом придется чем-то жертвовать. Появилась необходимость в разработке новых типов электрических приводов [4, 5].

Наиболее перспективным является разработка каскадных систем электрических приводов [6, 7]. Например, управляемый каскадный электрический привод различных конструкций его компоненты [8, 9] (рис. 1).

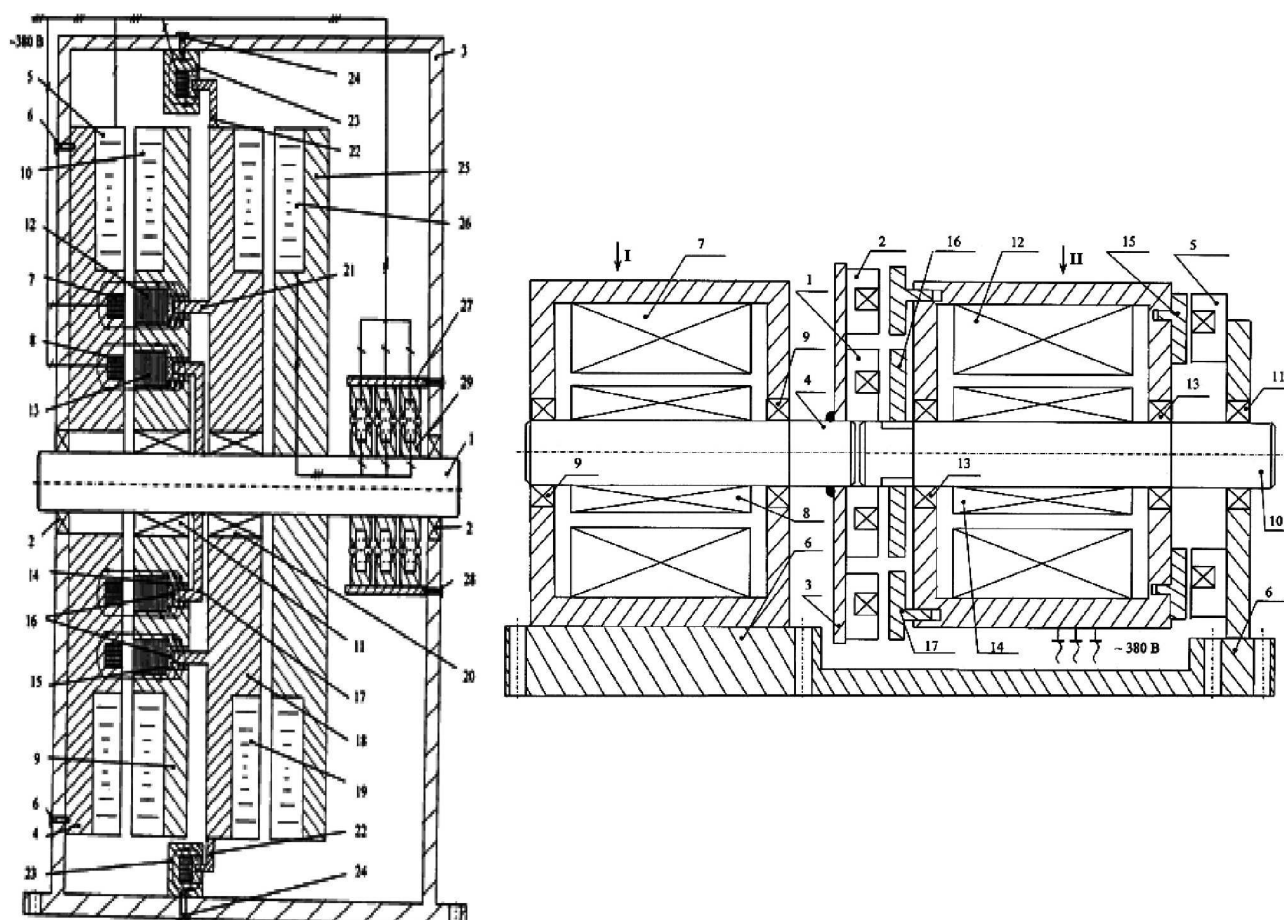


Рисунок 1 – Управляемый каскадный электрический привод

Управляемый каскадный электрический привод состоит из двух электродвигателей и обладает рядом преимуществ над однодвигательными электрическими приводами. Данный электрический привод позволяет получать удвоенное значение момента при постоянной номинальной скорости вращений, а также позволяет регулировать частоту вращения от 0 до двойной номинальной при постоянном моменте, немаловажным свойством является возможность получения номинального значения вращающего момента даже при минимальной скорости вращения.

При проектировании управляемого каскадного электрического привода немаловажную роль играет расчет электромагнитной системы, так как именно из-за него зависят основные параметры исполнительской части двигателя, такие как размеры, энергетические и механические показатели [10, 11]. Классическая теория расчета не позволяет на должном уровне точности произвести данный расчет. С этой целью разработана метода расчета магнитной системы с применением принципа наложения закона Кирхгофа и закона Ома для магнитной цепи. Данная методика позволяет рассчитать магнитную систему не как целое, а как совокупность отдельных ее элементов (ядро статора, зубцовую зону статора, воздушный зазор, зубцовую зону ротора, ядро ротора) каждый отдельный участок имеет свое магнитное сопротивление и свою магнитную индукцию, которую можно будет уточнить методом последовательных приближений. Данный метод позволит повысить точность расчета магнитной системы электрического привода по сравнению с классической теорией расчета [12, 13].

Для адаптации управляемого каскадного электрического привода к применению в компрессорных установках для конкретных целей необходимо произвести оптимизацию. Данный вопрос в нынешней экономической обстановке страны остро поставлен, точный расчет приводного привода компрессорной установки позволит уменьшить массогабаритные показатели, снизить потребление электроэнергии и количество материалов при производстве. Необходимо определить путь оптимизации [14, 15] и разработать концепцию расчета оптимизационной задачи [16] с применением разработанной методике по расчету магнитных сопротивлений электрического привода.

#### 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. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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). – P. 1135–1151. – Doi: 10.21515/1990-4665-134-092.
7. 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). – P. 1231–1248. – Doi: 10.21515/1990-4665-133-105.
8. Патент на изобретение № 2601958 от 27.07.2015. Сигнализирующее токосъемное устройство / В.Ю. Карандей, Б.К. Попов, Ю.Ю. Карандей, В.Л. Афанасьев. – Зарегистрировано 18.10.2016.
9. Патент на изобретение № 2370869 от 30.06.2008. Токосъемное устройство / В.Ю. Карандей, Б.К. – Зарегистрировано 20.10.2009.
10. 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.
11. 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 [articleID]: 1201606039. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/39.pdf>
12. Карандей В.Ю. Программа задания конструктивных параметров компонента асинхронного каскадного электропривода, статорной обмотки и визуального построения полученного потокораспределения / В.Ю. Карандей // свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS № 2015615827, зарегистрировано 27.03.2015.
13. Карандей В.Ю. Программа расчета параметров и анимационного построения потокораспределения компонента асинхронного каскадного электропривода / В.Ю. Карандей, В.Л. Афанасьев, А.В. Базык // свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS № 2015615828, зарегистрировано 27.03.2015.
14. 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.
15. Karandey V.Yu. New Methods and Evaluation Criteria of Research Efficiency / V.Yu. Karandey [et. al.] // Mediterranean journal of social sciences. – 2015. – Vol 6. – № 6 S5. – P. 212–217.
16. 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.

## 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. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.] // Political network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2017. – № 10 (134). – P. 1135–1151. – Doi: 10.21515/1990-4665-134-092.



7. 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.

8. Invention patent № 2601958 of 27.07.2015. Signalling current-carrying device / V.Yu. Karandey, B.K. Popov, Yu.Yu. Karandey, V.L. Afanasyev – Registered on 18.10.2016.

9. Invention patent № 2370869 of 30.06.2008. Current removal device / V.Yu. Karandey, B.K. Popov. – Registered on 20.10.2009.

10. 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.

11. 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.] // Polythematic 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). – С. 563–574. – IDA [articleID]: 120160606039. – URL : <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/39.pdf>

12. Karandey V.Yu. Program for setting design parameters of the asynchronous cascade electric drive component, stator winding and visual construction of the obtained flow distribution / V.Yu. Karandey // Software registration certificate for computer RUS № 2015615827, registered on 27.03.2015.

13. Karandey V.Y. Parameter calculation and animation program for the asynchronous cascade electric drive component flow distribution / V.Y. Karandey, V.L. Afanasiev, A.V. Bazyk // Software registration certificate for computer RUS № 2015615828, registered on 27.03.2015.

14. 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.

15. Karandey V.Yu. New Methods and Evaluation Criteria of Research Efficiency / V.Yu. Karandey [et. al.] // Mediterranean journal of social sciences. – 2015. – Vol 6. – № 6 S5. – P. 212–217.

16. 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.