



УДК 621.31, 62-83, 621.313.33

## УПРАВЛЯЕМЫЙ КАСКАДНЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД КАК СПОСОБ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ ВЕРХНЕГО ПРИВОДА БУРЕНИЯ

•••••

### CONTROLLED CASCADE ELECTRIC DRIVE AS A METHOD OF MODERNIZATION OF DRILLING UPPER DRIVE SYSTEMS

**Карандей Владимир Юрьевич**

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

**Афанасьев Виктор Леонидович**

аспирант,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Афанасьева Инна Андреевна**

магистрант,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Аннотация.** Проведенные исследования буровых систем показали растущий спрос на системы верхнего привода бурения, связанный с преимуществами над другими системами бурения заключающийся в: экономии времени за счет избегания прихвата буровой колонны, безопасность проведения работ, возможность быстрой подачи бурового раствора в скважину при спуске подъемных операций и д.р. Большинство СВП представлены гидравлическими и электрическими приводами. В связи с возросшим спросом на системы верхнего привода бурения требуется разработка усовершенствованных устройств.

**Ключевые слова:** специальный электрический привод, управляемый асинхронный каскадный электропривод, система верхнего привода бурения, 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

**Afanasiev Viktor Leonidovich**

Graduate student,  
Kuban state technological university

**Afanasieva Inna Andreevna**

Master's degree,  
Kuban state technological university

**Annotation.** Research of drilling systems have shown a growing demand for top drive drilling systems associated with advantages over other drilling systems consisting in: saving time by avoiding sticking of the drill string, safety of work, the ability to quickly supply drilling fluid to the well during the launch of lifting operations, etc. R. Most SVPs are represented by hydraulic and electric drives. Due to the increased demand for top drive drilling systems, the development of advanced devices is required.

**Keywords:** special electric drive, controlled by asynchronous cascade electric drive, top drilling drive system, electromechanical energy transformation, electromagnetic system.

К буровым установкам предъявляются особые требования [1, 2], особенно к основному элементу – системе силового верхнего привода [3, 4]. К нему предъявляются особые требования: соответствие мощности [5, 6] и гибкости характеристики условиям работы исполнительных механизмов [7, 8], достаточная надежность, долговечность, небольшая масса и экономическая эффективность [9, 10]. Под гибкостью характеристики понимают способность силового привода автоматически или при участии оператора быстро приспосабливаться в процессе работы к изменениям нагрузок и частот вращения исполнительных механизмов [11, 12]. Гибкость характеристики определяется коэффициентом приспособляемости, диапазоном собственного регулирования, частотой вращения валов силового привода и приемистостью двигателей. Приемистостью называют интенсивность протекания переходных процессов, т.е. время, в течение которого двигатель и силовой привод реагируют на изменение нагрузки.

В ходе анализа конструкции системы верхнего привода бурения (рис. 1) выявлены конструктивные элементы, которые можно подвергнуть модернизации: электрический привод, трансмиссия.

Применение управляемого каскадного электрического привода взамен классического однодвигательного электрического привода позволит улучшить механические характеристики электрического привода, так как управляемый каскадный электрический привод состоит из двух электродвигателей, и может найти применение при создании приводов с регулируемой частотой вращения от 0 до двойной номинальной при постоянном моменте или приводов с удвоенным моментом при постоянной номинальной скорости вращения (рис. 2), в том числе реверсивных, а также при использовании любых других типов электрических приводов [13].

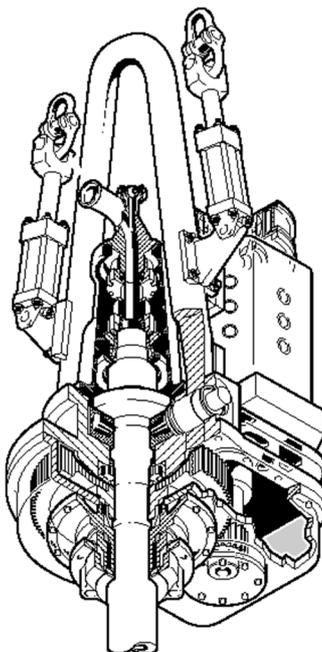


Рисунок 1 – Система СВП в разрезе

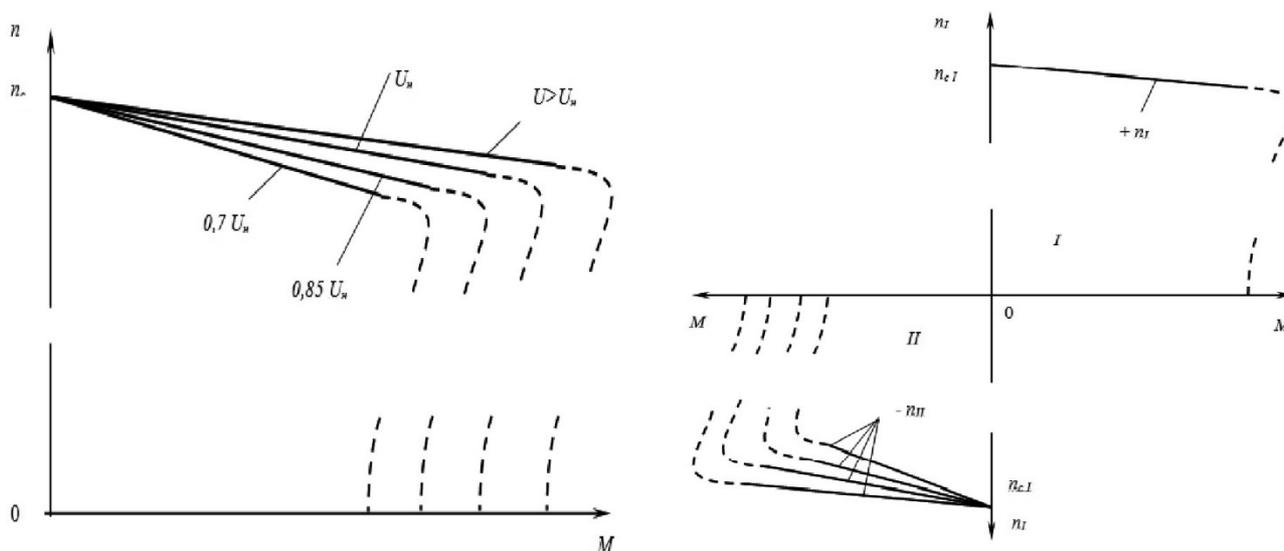


Рисунок 2 – Характеристики управляемого каскадного электрического привода

Разработаны два типа конструкции представленного электропривода: цилиндрическая и аксиальная. В ходе анализа разработанных конструкций наиболее приемлемой является аксиальная конструкция в виду своих компактных габаритов и равномерно направленных осевых усилий, что позволит снизить износ толевого троса.

Для расширения диапазона регулирования системы верхнего привода бурения необходимо разработать новые подходы к моделированию специальных электрических приводов [14, 15] и расчету электромагнитных параметров [16, 17]. Механически требуется отказаться от классического редуктора в пользу многоступенчатого планетарного редуктора, так как данный редуктор обладает рядом преимуществ: компактность; малая нагрузка, оказываемая на опоры; длительный эксплуатационный срок; повышенное передаточное отношение, большой диапазон регулирования.

Но главным преимуществом применения планетарного редуктора в связке с управляемым каскадным электрическим приводом – это способность планетарного редуктора, при взаимной блокировке звеньев превращаться впрямую передачу, что позволит в полной мере реализовать возможности управляемого каскадного электрического привода.

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



## Литература

1. Бакиров А.Т. Системы силового верхнего привода электрического и гидравлического исполнения. Основные характеристики, преимущества и недостатки : Современные проблемы нефтегазового оборудования / А.Т. Бакиров, В.Ф. Нуриахметов // *Материалы Международной научно-технической конференции*. – 2019. – С. 59–62.
2. Козярук А.Е. Энергоэффективные электромеханические комплексы горно-добывающих и транспортных машин // *Записки Горного института*. – 2016. – Т. 218. – С. 261–269.
3. Osipov O.I. Problems of implementation and adjustment of the modern electric drives // *Russian Electrical Engineering*. – 2015. – Vol. 86. – № 1. – С. 5–8.
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. 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.
6. 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.
7. Ахметгаряев Р.Т., Андреев Н.К. Прямое управление моментом в электроприводе скважинных штанговых насосных установок // *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики*. – 2011. – № 9–10. – С. 100–104.
8. Никулин О.В. Разработка алгоритма управления верхним приводом для бурения скважин с большим отклонением от вертикали / О.В. Никулин, А.А. Удовенко, В.С. Карабута // *Газовая промышленность*. – 2019. – № 1 (779). – С. 30–34.
9. 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/aim-18.2018.47.
10. 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.
11. 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.
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. 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.
14. Анучин А.С., Ханова Ю.М., Гуляев И.В. Разработка метода быстрого и точного моделирования электроприводов // *Промышленная энергетика*. – 2016. – № 4. – С. 28–33.
15. 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.
16. 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.
17. 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.

## References

1. Bakirov A.T. Power top drive systems of electric and hydraulic execution. Main characteristics, advantages and disadvantages : Modern problems of the oil and gas equipment / A.T. Bakirov, V.F. Nuriakhmetov // *Proc. of International scientific and technical conference*. – 2019. – P. 59–62.
2. Koziaruk, A.E. Energy effective electromechanical complexes of the mining and transport machines // *Notes of the Mining Institute*. – 2016. – Vol. 218. – P. 261–269.
3. Osipov O.I. Problems of the modern electric drives and adjustment / *Russian Electrical Engineering*. – 2015. – Vol. 86. – № 1. – P. 5–8.
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. 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.
6. 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.



7. Akhmetgariaev R.T., Andreev N.K. Direct torque control in the electric drive of the downhole downhole rod pumping units // *Izvestia vysokhraneniya. Problems of power engineering.* – 2011. – № 9–10. – P. 100–104.
8. Nikulin O.V. Development of the upper drive control algorithm for the wells with a large deviation from the vertical / O.V. Nikulin, A.A. Udovenko, V.S. Karabuta // *Gas Industry.* – 2019. – № 1 (779). – P. 30–34.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
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. 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.*
14. Anuchin A.S., Khanova Yu.M., Gulyaev I.V. Development of the fast and accurate modeling method for the electric power-electric drives // *Industrial power engineering.* – 2016. – № 4. – P. 28–33.
15. 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.
16. 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). – P. 1135–1151. – Doi: 10.21515/1990-4665-134-092.
17. 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). – P. 1231–1248. – Doi: 10.21515/1990-4665-133-105.