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

# THE CASCADE OPERATED ELECTRIC DRIVE AS THE WAY OF MODERNIZATION OF SYSTEMS OF THE TOP DRIVE OF DRILLING

## Карандей Владимир Юрьевич

кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения промышленных предприятий, Кубанский государственный технологический университет

## Афанасьев Виктор Леонидович

студент, Кубанский государственный технологический университет

## Бездетко Владислав Сергеевич

студент, Кубанский государственный технологический университет

## Ляшенко Андрей Михайлович

студент, Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** Нефтяная промышленность постоянно модернизируются. Предъявляются все более высокие требования к оборудованию, в том числе и системам верхнего привода бурения. Однако они обладают рядом недостатков. Применение каскадных управляемых электрических приводов позволит решить ряд данных проблем, а также улучшить характеристики оборудования.

**Ключевые слова:** гибридная система, векторное управление, управляемый асинхронный каскадный электропривод, электромагнитный момент, электромеханическое преобразование энергии, электромагнитная система.

#### Karandey Vladimir Yuryevich

Candidate of technical sciences, Associate professor of power supply industrial enterprises, Kuban state technological university

#### Afanasiev Viktor Leonidovich

Student,

Kuban state technological university

## Bezdetko Vladislav Sergeyevich

Student.

Kuban state technological university

# Lyashenko Andrey Mikhaylovich

Student,

Kuban state technological university

Annotation. The oil industry is constantly being modernized. There are increasingly higher requirements for equipment, including the top drive systems for drilling. However, they have a number of drawbacks. The use of cascaded controlled electric drives will solve a number of these problems, as well as improve the characteristics of equipment.

**Keywords:** hybrid system, vector control, controlled asynchronous cascade electric drive, electromagnetic moment, electromechanical transformation of energy, electromagnetic system.

## редложение по модернизации

■ Система верхнего привода (СВП) обладают рядом недостатков, например: несоответствие максимума мощности СВП скоростным режимам работы отечественного бурового инструмента (пик мощности смещен относительно рабочих скоростей порядка 60–100 об/мин в сторону 200...250 об/мин), существенное недоиспользование мощности привода (50–72 %) в диапазоне частот 60–100 об/мин; Необходимость применения многоступенчатых механических редукторов в приводе электродвигателей для снижения частоты вращения выходного вала, что приводит к снижению надежности, усложнению и повышению стоимости конструкции СВП.

Управляемый каскадный электрический привод позволит решить данные проблемы.

Предлагается вместо одиночных электрических двигателей применять управляемый каскадный электрический привод [1–5]. Данный тип устройств относится к каскадным электрическим приводам вращательного движения, состоящим из двух х электродвигателей преимущественно асинхронных, 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, в том числе реверсивных, что позволит отойти от использования редукторов. Также данный тип приводов обладает меньшими массогабаритными и энергетическими показателями, более гибкими характеристиками управления. Создание системы расчета и проектирования таких устройств позволяет довольно точно подбирать устройства для систем верхнего привода бурения [6–20].

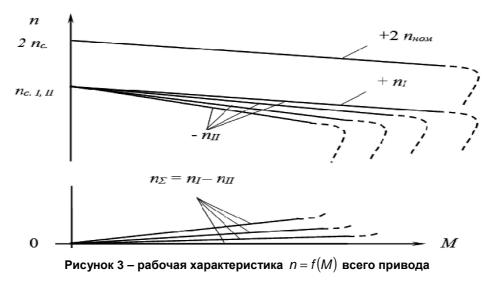
Для расширение диапазона регулирования каскадного электрического привода необходимо обеспечить получение больших скоростей вращения, близких к двойной номинальной, при постоянном значении величины момента или получение удвоенного момента при постоянной скорости вращения.

### Принцип работы разрабатываемого устройства

Для получения удвоенного значения скорости вращения при одинаковой величине вращающего момента необходимо произвести управление фрикционными муфтами

Получение плавных изменений, а также малых значений скорости и реверс. При изменении напряжение питания U на каждом из двигателей привода, можно изменять наклон характеристики каждого двигателя n=f(M,U). Соответственно, возможно управлять наклоном рабочей характеристики n=f(M) всего привода. При одинаковой синхронной частоте вращения двигателей эта характеристика проходит через точку M=0, n=0, (рис. 3). При различных значениях синхронных частот вращения двигателей характеристика проходит через точку M=0,  $n=n_{cl}-n_{cll}$ , (рис. 3)

На (рис. 3) показаны стандартные характеристики асинхронного двигателя в зависимости от относительной величины питающего напряжения.



На (рис. 3, 4, 5) показан принцип формирования суммарной характеристики привода. Следует отметить, что активное сопротивление ротора влияют на жёсткость характеристик, т.е. на их наклон.

Если частоты вращения двигателей привода одинаковы, то результирующие характеристики привода проходят через точку M=0, n=0 с любым наклоном (рис. 3). Если наклон нулевой, то привод собственно превращается в упор, препятствующий повороту приводимого устройства под действием внешнего момента.

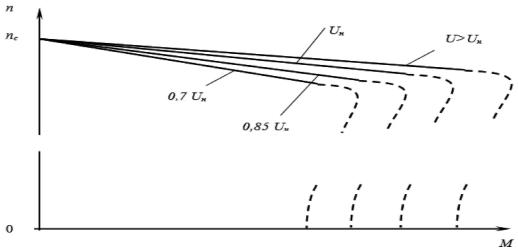


Рисунок 4 – типовые характеристики асинхронного двигателя

Если значения частот двигателей привода различны, то результирующая характеристика проходит через точку M=0,  $n=n_{cl}-n_{cll}$ , а наклон суммарной характеристики определяется наклоном характеристик двигателей. Результирующая характеристика может быть с положительным наклоном, отрицательным (падающая характеристика) или с нулевым наклоном (абсолютно жесткая характеристика), в последнем случае привод вращается с частотой  $n_c=n_{cl}-n_{cll}$ .

Из графиков на (рис. 4, 5) видно, что привод может развивать максимальный крутящий момент при малых частотах вращения. Следует заметить, что этот момент близок к моменту, развиваемому двигателями при номинальных значениях напряжения.

Привод допускает осуществление реверса без переключения фаз. Это можно сделать путем соответствующего изменения величин напряжений на двигателях I и II.

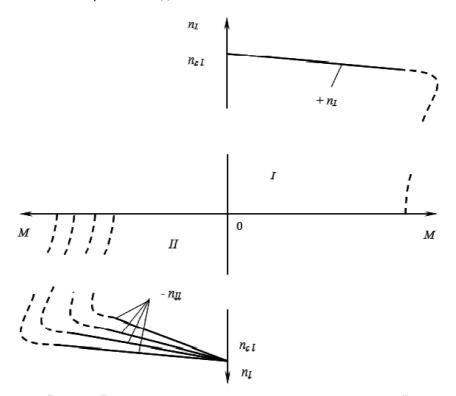


Рисунок 5 – характеристика для каскада из двух двигателей

## Литература:

- 1. Пат. № 2402857. Управляемый каскадный электрический привод / В.Ю. Карандей, Б.К. Попов Опубл. 27.10.2010 г.
- 2. Пат. № 2461947. Управляемый каскадный электрический привод с жидкостным токосъемом / В.Ю. Карандей, Б.К. Попов Опубл. 20.09.2012 г.
- 3. Пат. № 2483415. Аксиальный каскадный электрический привод с жидкостным токосъемом / В.Ю. Карандей, Б.К. Попов, О.Б. Попова Опубл. 11.03.2013 г.
  - 4. Пат. № 2370869. Токосъемное устройство / В.Ю. Карандей, Б.К. Попов Опубл. 30.06.2008 г.
- 5. Пат. № 2601958. Сигнализирующее токосъемное устройство / В.Ю. Карандей, Б.К. Попов, Ю.Ю. Карандей, В.Л. Афанасьев Опубл. 18.10.2016 г.
- 6. Попов Б.К., Карандей Ю.Ю., Карандей В.Ю., Афанасьев В.Л., Абанин Ф.С. Подход к определению магнитных параметров компонента управляемого каскадного асинхронного электрического привода // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) Краснодар: КубГАУ, 2015. № 10 (114). IDA: 1141510014. URL: http://ej.kubagro.ru/2015/10/pdf/14.pdf, 1,188 у.п.л.
- 7. Определение электромагнитной энергии и мо-мента в каскадном электрическом приводе / В.Ю. Карандей, Б.К. Попов, А.В. Базык, Ю.Ю. Карандей // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) Краснодар : КубГАУ, 2014. № 03 (097). IDA : 0971401039. URL : http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/39.pdf , 0,625 у.п.л.
- 8. Карандей В.Ю. Концепция расчета магнитной системы асин-хронного двигателя специального электропривода / В.Ю. Карандей, Б.К. Попов, // Известия высших учебных заведений; Пищевая технология. Научнотехнический журнал. 2008. № 1. С. 101–103.
- 9. Карандей В.Ю. Определение токов статора и ротора в каскадном электрическом приводе / Карандей В.Ю., Попов Б.К. // Известия высших учебных заведений, Северо-Кавказский регион. Технические науки. − 2008. − № 4. − С. 91−96.
- 10. Карандей В.Ю. Математическое моделирование каскадных асинхронных электроприводов в 3 т.: монография. ФГБОУ ВПО «КубГТУ». Краснодар: Издательский Дом Юг. Т. 1: Математическое моделирование магнитных систем электропривода. 2014. 142 с.
- 11. Intelligence amplification in distance learning through the bina-ry tree of question-answer system / V.Yu. Karandey, O.B. Popova, B.K. Popov // Procedia-social and behavioral science. Vol. : 214, 2015, P. 711–719.
- 12. Intelligence amplification via language of choice description as a mathematical object (binary tree of question-answer system) / V.Yu. Karandey, O.B. Popova, B.K. Popov, M.A. Evseeva // Procedia-social and behavioral science. Vol. : 214, 2015, P. 897–905.

- 13. New Methods and Evaluation Criteria of Research Efficiency / O.B. Popova, B.K. Popov, V.Yu. Karandei, D.A. Romanov, S.A. Kobzeva, M.A. Evseeva // Mediterranean journal of social sciences. 2015. Vol. 6, No 6 S 5. P. 212–217.
- 14. Analysis of forecasting methods as a tool for information structuring in science research / O.B. Popova, B.K. Popov, V.Yu. Karandei, M.A. Evseeva // British journal of applied science & technology. 2016. Vol. 17. No 2. P 9–19
- 15. Разработка алгоритма расчета электромагнитных параметров статора компонента управляемого асинхронного каскадного электрического привода / В.Ю. Карандей, В.Л. Афанасьев, Ю.Ю. Карандей, Ф.С. Абанин, В.Н. Кишко, В.В. Квочкин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). Краснодар : КубГАУ, 2016. № 6 (120). IDA : 1201606041. URL : http://ei.kubagro.ru/2016/06/pdf/41.pdf
- 16. Подход к определению магнитных параметров управляемого асинхронного каскадного электрического привода с уточненной геометрией / В.Ю. Карандей, В.Л. Афанасьев, Ю.Ю. Карандей // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал Куб-ГАУ). Краснодар: КубГАУ, 2016. № 6 (120). IDA: 1201606040. URL: http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/40.pdf
- 17. Разработка подхода к расчету магнитного потока одной катушечной группы обмотки статора компонента управляемого асинхронного каскадного электрического привода / В.Ю. Карандей, В.Л. Афанасьев, Ю.Ю. Карандей, В.Н. Кишко, В.В. Квочкин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). Краснодар : КубГАУ, 2016. № 6 (120). IDA : 1201606039. URL : http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/39.pdf
- 18. Свидетельство № 2015615828. Программа расчета параметров и анимационного построения потокораспределения компонента асинхронного каскадного электропривода / В.Ю. Карандей, А.В. Базык, В.Л. Афанасьев Опуб. 25 мая 2015 г.
- 19. Свидетельство № 2015615826. Программа расчета параметров и самоанимационного построения потокораспределения компонента асинхронного каскадного электропривода / В.Ю. Карандей, Ю.Ю. Карандей, А.В. Базык Опубл. 25 мая 2015 г.
- 20. Свидетельство № 2015615827. Карандей В.Ю. Программа задания конструктивных параметров компонента асинхронного каскадного электропривода, статорной обмотки и визуального построения полученного потокаспределения. Опубл. 25 мая 2015 г.

#### References:

- 1. Patent № 2402857. Managed cascaded electric drive / V.Yu. Karandey, B.K. Popov. Publ. october 27, 2010.
- 2. Patent № 2461947. Controllable cascade electric drive with a liquid current collector / V.Yu. Karandey, B.K. Popov. Publ. september 20, 2012.
- 3. Patent № 2483415. Axial cascade electric drive with a liquid current collector / V.Yu. Karandey, B.K. Popov, O.B. Popova. Publ. march 11, 2013.
  - 4. Patent № 2370869. Current collector device / V.Yu. Karandey, B.K. Popov. Publ. 30.06.2008.
- 5. Patent № 2601958. Signaling current collector device / V.Yu. Karandey, B.K. Popov, Yu.Yu. Karandey, V.L. Afanasyev. Publ. october 18, 2016.
- 6. Popov BK, Karandey Yu.Yu., Karandey V.Yu., Afanasiev V.L, Abanin F.S. Approach to the determination of the magnetic parameters of the component of the controlled cascaded asynchronous electric drive // Poly-thematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University (Scientific journal KubSAU). Krasnodar: KubGAU, 2015. № 10 (114). IDA: 1141510014. URL: http://ej.kubagro.ru/2015/10/pdf/14.pdf, 1,188 у.п.л.
- 7. Determination of electromagnetic energy and mo ment in a cascade electric drive / V.Yu. Karandey, B.K. Popov, A.V. Bazyk, Yu.Yu. Karandey // Polytematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University (Scientific Journal of KubSAU). Krasnodar: KubGAU, 2014. № 03 (097). IDA: 0971401039. URL: http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/39.pdf, 0,625 у.п.л.
- 8. Karandey V.Y. The concept of calculating the magnetic system of the asynchronous motor of a special electric drive / V.Yu. Karandey, B.K. Popov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Food technology. Scientific and technical journal. 2008. No. 1. P. 101–103.
- 9. Karandey V.Y. Determination of stator and rotor currents in a cascade electric drive / V.Yu. Karandey, B.K. Popov // News of Higher Educational Institutions, North-Caucasian Region. Technical science. 2008. No. 4. P. 91–96.
- 10. Karandey V.Y. Mathematical modeling of cascaded asynchronous electric drives in 3 t: monograph. FGBOU HPE «KubGTU». Krasnodar: Publishing House South. T. 1: Mathematical modeling of magnetic systems of the electric drive. 2014. 142 p.
- 11. Intelligence amplification in distance learning through the bina-ry tree of the question-answer system / V.Yu. Karandey, O.B. Popova, B.K. Popov // Procedia-social and behavioral science. Vol. : 214, 2015, P. 711–719.
- 12. Intelligence amplification via language of choice description as a mathematical object (binary tree of question-answer system) / V.Yu. Karandey, O.B. Popova, B.K. Popov, M.A. Evseeva // Procedural-social and behavioral science. Vol.: 214,2015, P. 897–905.
- 13. New Methods and Evaluation Criteria of Research Efficiency / O.B. Popova, B.K. Popov, V.Yu. Karandei, D.A. Romanov, S.A. Kobzeva, M.A. Evseeva // Mediterranean journal of social sciences. 2015. Vol. 6. No 6 S 5. P. 212–217.
- 14. Analysis of forecasting methods as a tool for information structuring in science research / O.B. Popova, B.K. Popov, V.Yu. Karandei, M.A. Evseeva // British journal of applied science & technology. 2016. Vol. 17. No 2. P. 9–19.
- 15. Development of the algorithm for calculating the electromagnetic parameters of the stator of a component of a controlled asynchronous cascade electric drive / V.Yu. Karandey, V.L. Afanasyev, Yu.Yu. Karandey, F.S. Abanin, V.N. Kishko, V.V. Kvochkin // The Political Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University (Scientific Journal of KubSAU). − Krasnodar: KubGAU, 2016. − № 6 (120). − IDA: 1201606041. − URL: http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/41.pdf

- 16. Approach to the determination of the magnetic parameters of a controlled asynchronous cascade electric drive with a specified geometry / V.Yu. Karandey, V.L. Afanasyev, Yu.Yu. Karandey // The Political Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University (KubSAU Scientific Journal). − Krasnodar: KubGAU, 2016. − № 6 (120). − IDA: 1201606040. − URL: http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/40.pdf
- 17. Development of the approach to the calculation of the magnetic flux of a single coil group of the stator winding of a component of a controlled asynchronous cascade electric drive / V.Yu. Karandey, V.L. Afanasyev, Yu.Yu. Karandey, V.N. Kishko, V.V. Kvochkin // Polytechnical Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University (KubSAU Scientific Journal). − Krasnodar : KubGAU, 2016. − № 6 (120). − IDA : 1201606039. − URL : http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/39.pdf
- 18. Certificate No. 2015615828. Program for calculating the parameters and the animation construction of the flow distribution of the component of an asynchronous cascade electric drive / V.Yu. Karandey, A.V. Bazyk, V.L. Afanasyev Publ. may 25, 2015.
- 19. Certificate No. 20115615826. Program for calculating parameters and self-animation construction of the flow distribution of the component of an asynchronous cascade electric drive / V.Yu. Karandey, Yu.Yu. Karandey, A.V. Bazyk. Publ. may 25, 2015.
- 20. Certificate No. 20115615827. Karandey V.Yu. The program for specifying the design parameters of the component of an asynchronous cascade electric drive, a stator winding, and visual construction of the obtained flow distribution. Publ. may 25, 2015.