



УДК 621.313

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНО-ИНТЕГРИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДОМКРАТА ДЛЯ ГРУЗОВЫХ ОПЕРАЦИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА



DEVELOPMENT OF A STRUCTURALLY INTEGRATED ELECTRIC DRIVE JACKS FOR CARGO OPERATIONS AT OIL AND GAS ENTERPRISES

Попов Сергей Анатольевич

кандидат технических наук, доцент,
Кубанский государственный
технологический университет
sa_popov@inbox.ru

Асташов Максим Александрович

аспирант,
Кубанский государственный
технологический университет
i.am.jlaku@gmail.com

Попова Светлана Валентиновна

аспирант,
Кубанский государственный
технологический университет
s.sv23@mail.ru

Ивашкин Илья Ильич

аспирант,
Кубанский государственный
технологический университет
warmuru@mail.ru

Кривченков Владимир Игоревич

аспирант,
кафедры электротехники
и электрических машин,
Кубанский государственный
технологический университет
vldmrkr5@ya.ru

Черкасский Павел Андреевич

аспирант,
Кубанский государственный
технологический университет
i.am.jlaku@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена разработке конструктивно-интегрированного электропривода домкрата для грузовых операций на предприятиях нефтегазового комплекса. Разработанная конструкция подъемника, отличается повышенной грузоподъемностью, достигаемой за счет дополнительного увеличения крутящего момента передаваемого на гайку конструктивно-интегрированного электропривода домкрата за счет встроенной двухступенчатой передачи, понижающей частоту вращения, но одновременно увеличивающей вращающий момент, передаваемый от ротора к гайке. Данная конструкция позволит осуществлять плавный подъем и опускание груза при его повышенной грузоподъемности и точной фиксации исполнительного органа электропривода, что дает возможность применять его для работы в сложных климатических условиях.

Popov Sergey Anatolevich

Ph.D. in Engineering,
Associate Professor,
Kuban state technological university
sa_popov@inbox.ru

Astashov Maksim Aleksandrovich

Graduate student,
Kuban state technological university
i.am.jlaku@gmail.com

Popova Svetlana Valentinovna

Graduate student,
Kuban state technological university
s.sv23@mail.ru

Ivashkin Ilya Ilich

Graduate student,
Kuban state technological university
warmuru@mail.ru

Krivchenkov Vladimir Igorevich

Graduate student,
Department of electrical Engineering
and electrical machines,
Kuban state technological university
vldmrkr5@ya.ru

Cherkassky Pavel Andreevich

Graduate student,
Kuban state technological university
i.am.jlaku@gmail.com

Annotation. The article is devoted to the development of a structurally integrated electric Jack drive for cargo operations at oil and gas enterprises. Designed lift design provides increased capacity, achieved by an additional increase in the torque transmitted to the nut structurally integrated electric Jack for the integrated two-stage transmission, which decreases the speed but increases the torque transmitted from the rotor to the nut. This design allows for smooth lifting and lowering of the load with its increased load capacity and precise fixation of the electric drive's Executive body, which makes it possible to use it for work in difficult climatic conditions.



Ключевые слова: нефтегазовый комплекс, винтовой подъемник, домкрат, электропривод, конструктивно – интегрированный, грузоподъемность, аксиальный асинхронный электродвигатель, двухступенчатая передача, КПД.

Keywords: oil and gas complex, screw lift, Jack, electric drive, structurally integrated, load capacity, axial asynchronous electric motor, two-stage transmission, efficiency.

Подъемно-транспортные установки, в частности домкраты, применяемые для грузовых операций на предприятиях нефтегазового комплекса. К основным мероприятиям по повышению эффективности подъемно-транспортных установок относится совершенствование как энергетической части (применение новых конструкций приводных электродвигателей с улучшенными энергетическими, стоимостными и массогабаритными характеристиками), так и механической части путем применения новых типов передач [1].

Применяемые гидравлические домкраты имеют ряд преимуществ, таких как высокий КПД и большая грузоподъемность. Однако имеется ряд существенных недостатков, а именно: отсутствие возможности работы при низких, сверхнизких температурах и точного регулирования высоты опускания груза, постоянный контроль уровня масла, герметичности сальников и клапанов, транспортировка и хранение данного оборудования должна происходить исключительно в вертикальном положении, во избежание вытекания гидравлической жидкости из резервуара. Кроме того, один цикл работы насоса соответствует относительно малой высоте подъема, в связи с чем гидравлические домкраты являются относительно малооперативным оборудованием.

В основе предлагаемой разработки принята конструкция винтового домкрата с передачей винт – гайка. Преимуществами данной конструкции являются: ее простота; высокая прочность при ударных нагрузках; возможность самоторможения и высокая кинематическая точность. Разработанная конструкция, представленная на рисунок 1, 2 позволяет повысить функциональные возможности домкрата, увеличить его грузоподъемность и расширить сферу применения [2].

Конструктивно-интегрированный электропривод (КИЭ) домкрата содержит аксиальный асинхронный двигатель (ААД), сборный корпус, состоящий из нижнего несущего щита 1 и верхнего несущего щита 2 на боковой поверхности которого расположено отверстие 3 для щёткодержателя 4, закрепленных неподвижно между собой и образующих кольцевую полость 5 электродвигателя посредством болтового соединения 6. Электродвигатель выполнен в виде асинхронного одностапорного однороторного аксиального электродвигателя, магнитопровод статора 7 с обмоткой возбуждения 8 жестко закреплен с внутренней торцевой стороны нижнего несущего щита 1, а магнитопровод ротора 9 с фазной обмоткой 10 образует с основанием 11 ротора кольцевую диск. При этом концы фаз обмотки магнитопровода ротора 9 выведены на контактные кольца 12 с расположенными на них щетками 13 находящимися в щёткодержателе 4 закрепленного на боковой стороне верхнего несущего щита 2 болтовым соединением 14. Основание 11 ротора сопряжено с гайкой 15 посредством шлицевого соединения 16. Уступ 17 выполнен в нижней части гайки 15, при этом внешний диаметр уступа 17 имеет увеличенное значение по отношению к внешнему диаметру шлицевого соединения 16.

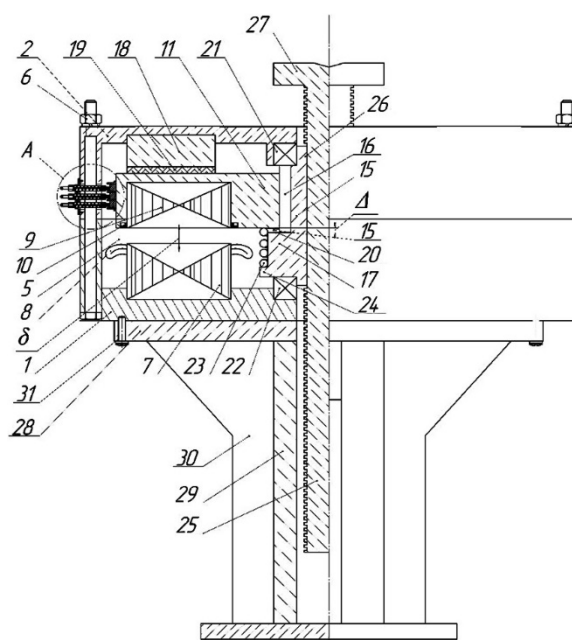


Рисунок 1 – Конструктивно-интегрированный электропривод домкрата

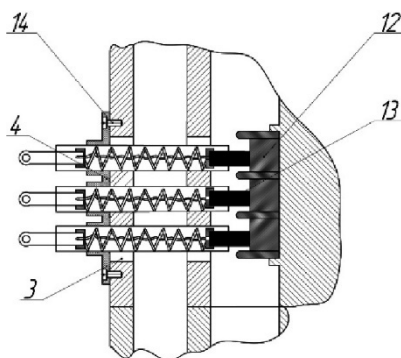


Рисунок 2 – Щеточно-контактный блок домкрата

С внутренней торцевой стороны верхнего несущего щита 2 неподвижно установлен тормозной диск 18 тормозного устройства, на котором жестко закреплена тормозная накладка 19. Кольцевой диск ротора расположен между уступом 17 и тормозной накладкой 19 и имеет возможность аксиального перемещения по шлицевому соединению 16 между внутренней торцевой поверхностью 20 уступа 17 и тормозной накладкой 19.

Гайка 15 расположена в нижнем несущем щите 1 и верхнем несущем щите 2 при помощи радиально-упорных подшипников 21, 22. На внешней части уступа 17 установлена тормозная пружина 23, расположенная между нижней торцевой стороной основания 11 кольцевого диска ротора и буртом 24, выполненным в нижней части уступа 17. Тормозная пружина 23 опираясь на бурт 24, при отсутствии питания на обмотке возбуждения 8 магнитопровода статора 7, прижимает кольцевой диск ротора к тормозной накладке 19 и тем самым предотвращает вращение кольцевого диска ротора и сопряженной с ним посредством шлицевого соединения 11 гайки 10. При этом уступ 17 на гайке 15 изготовлен с учетом того, чтобы в собранной конструкции, при отсутствии питания на обмотке возбуждения 8 магнитопровода статора 7, аксиальное расстояние между магнитопроводом статора 7 и магнитопроводом ротора 9 было равно суммарной величине рабочего воздушного зазора δ и аксиального перемещения Δ кольцевого диска ротора вдоль шлицевого соединения 11. Винт 25 сопряжен с внутренней полостью гайки 15 посредством резьбового соединения 26. В верхней части винта 25 изготовлена головка 27 для приятия нагрузки.

Нижний несущий щит 1 и верхний несущий щит 2 образуют сборную конструкцию, в которой кольцевая полость 5 электродвигателя расположена на площадке 28 жестко связанной с цилиндрической полый стойкой 29 и радиальными кронштейнами 30 и присоединена при помощи винтов 31. Радиальные кронштейны 30 усиливают как цилиндрическую полую стойку 29, так и площадку 28. При отсоединении от площадки 28 с цилиндрической полый стойкой 29, усиленной радиальными кронштейнами 30 от нижнего щита 1 и использовании винта 25 с головкой 27 уменьшенной высоты, появляется возможность использовать домкрат при минимальной высоте, соизмеримой с высотой сборного корпуса электродвигателя.

Работает домкрат следующим образом.

В качестве источника питания домкрата может служить как источник синусоидального напряжения промышленной частоты, так и частотно-регулируемый источник (целесообразен при необходимости регулирования скорости подъема или опускания груза и использовании винта 25 малой высоты).

При подключении переменного синусоидального напряжения на обмотку возбуждения 8 магнитопровода статора 7 расположенном в нижнем несущем щите 1 возникает пусковой ток, превышающий номинальный ток рабочего режима машины, вследствие чего возникает электромагнитное поле, под воздействием аксиального электромагнитного усилия которого кольцевой диск ротора с находящимся там магнитопроводом ротора 9 и основанием 11 совершает аксиальное смещение по шлицевому соединению 14 вдоль гайки 15 расположенной в нижнем несущем щите 1 и верхнем несущем щите 2 при помощи радиально-упорных подшипников 21, 22. В это к контактным кольцам 12 с присоединенными к ней концами фазам обмотки ротора 9 подсоединены щетки 13 находящиеся в щеткодержателе 4 закрепленного в отверстии 3 на боковой стороне верхнего несущего щита 2 болтовым соединением 14 причем к щеткам 13 подключается добавочное сопротивление причем регулирование величины этого сопротивления дает возможность изменения пускового момента и работы с перегрузом при постоянной частоте вращения. При этом тормозная пружина 23 опираясь на бурт 24 получает дополнительное сжатие, а зазор Δ расположенный в кольцевой полости 5 между нижней торцевой стороной основания 11 кольцевого диска ротора и внутренней торцевой поверхностью 20 уступа 17 уменьшается. Между тормозной накладкой 19 установленной на тормозном диске 18 и верхней торцевой поверхностью кольцевого диска ротора образуется зазор, равный величине Δ , а между аксиальными рабочими поверхностями магнитопровода статора 7 и магнитопровода ротора 9 устанавливается рабочий зазор δ ,



сохраняющийся в процессе вращения кольцевого диска ротора, который он получает в результате действия вращающегося магнитного поля. Так как кольцевой диск ротора сопряжен с гайкой 15 посредством шлицевого соединения 16, то момент будет вращать гайку 15 в радиально-упорных подшипниках 21, 22. При этом гайка 15 связана с винтом 25 посредством резьбового соединения 26 и при заторможенном винте 25 или нахождении груза на головке винта 27, домкрат будет поднимать или опускать винт 25.

При отключении электропитания от обмотки возбуждения 6 исчезает магнитный поток, удерживающий кольцевой диск ротора в рабочем положении. Вследствие этого тормозная пружина 23 вызывает обратное аксиальное смещение его по шлицевому соединению 16 вдоль винта 25. При этом кольцевой диск ротора входит в контакт с тормозной накладкой 19, а между нижней торцевой стороной основания 11 и внутренней торцевой поверхностью 20 уступа 17 образуется зазор равный величине Δ .

Увеличение грузоподъемности КИЭ домкрата (по сравнению с данными источника [3]) при установившейся мощности приводного электродвигателя достигается за счет дополнительного увеличения крутящего момента, передаваемого на гайку. Это реализуется за счет встроенной двухступенчатой передачи, понижающей частоту вращения и одновременно увеличивающей вращающий момент, передаваемый от ротора к гайке. Усовершенствован механизм и предложен конструктивно-интегрированный электропривод винтового домкрата, позволяющий осуществлять плавный подъем и опускание груза при его повышенной грузоподъемности и точной фиксации исполнительного органа электропривода, что позволяет применять его без использования дополнительного монтажного и дорогостоящего оборудования в любых температурных режимах.

Литература

1. Разработка конструктивно-интегрированного электропривода домкрата для грузовых операций на береговых объектах / С.А. Попов, В.Е. Нечесов, С.В. Попова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2019. – Т. 11. – № 5. – С. 920–931.
2. Патент № 2702475 (РФ) Самотормозящийся винтовой домкрат с аксиальным электродвигателем / С.А. Попов, В.Е. Нечесов, М.А. Асташов, С.В. Попова, Ю.С. Попова. – Оpubл. 10.08.2019. г. – Бюл. № 28.
3. Пат. 2601996 (РФ) Самотормозящийся винтовой домкрат с аксиальным электродвигателем / С.А. Попов, Т.Б. Гайтова, Н.В. Ладенко, П.Ю. Пономарев, В.С. Спичак. – Оpubл. 10.11.2016. – Бюл. № 31.

References

1. Development of the design-integrated electric jack drive for the cargo operations at the shore objects / S.A. Popov, V.E. Nechesov, S.V. Popova // Vestnik of the Admiral S.O. Makarov State University of Sea and River Navy. – 2019. – Vol. 11. – № 5. – P. 920–931.
2. Patent № 2702475 (RF) Self-braking screw jack with an axial electric motor / S.A. Popov, V.E. Nechesov, M.A. Astashov, S.V. Popova, Yu.S. Popova. – Opublik. 10.08.2019. – Bulletin. № 28.
3. Patent № 2601996 (RF) Self-braking screw jack with axial electric motor / S.A. Popov, T.B. Gaitova, N.V. Ladenko, P.Yu. Ponomarev, V.S. Spichak. – Opublik. 10.11.2016. – Bul. № 31.