

УДК 621.313.333.2

**РАЗРАБОТКА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ
ПРИВОДА РЕЗАНИЯ ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА****Кукулевский Алексей Васильевич,**

Государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт взрывозащищенного и рудничного электрооборудования», заведующий отделом электрических машин

Электронная почта: niive@list.ru

Россия, г. Донецк

Горчаков Виталий Александрович,

Государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт взрывозащищенного и рудничного электрооборудования», заведующий лабораторией электрических машин

Электронная почта: niive@list.ru

Россия, г. Донецк

Варакута Виктор Владимирович,

Государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт взрывозащищенного и рудничного электрооборудования», старший научный сотрудник, кандидат технических наук

Электронная почта: niive@list.ru

Россия, г. Донецк

Аннотация

Статья посвящена разработке высокоэффективного взрывозащищенного асинхронного электродвигателя для повышения энерговооруженности угольных забоев России. Обосновывается актуальность перехода к повышенному напряжению питания 3300 В для снижения потерь в токопроводящих элементах при мощностях свыше 1000 кВт. Описана конструкция и технические характеристики, вновь разработанного ГБУ «НИИВЭ» взрывозащищенного асинхронного электродвигателя ЭКВ5,5-550В для разрабатываемого ГБУ «ДОНУГЛЕМАШ» комбайна КДК1000

Ключевые слова: привод резания, взрывозащищенный асинхронный электродвигатель, торсионный вал, система охлаждения, температурная защита

**DEVELOPMENT OF AN EXPLOSION-PROOF ELECTRIC MOTOR FOR THE
CUTTING DRIVE OF THE MINING MACHINE****Kukulevskiy Alexey Vasilevich,**

State budgetary institution scientific-research, project-designing and technological institute of explosion proof and mine electrical equipment, head of the department of electrical machines

E-mail: niive@list.ru

Russia, Donetsk

Gorchakov Vitaliy Aleksandrovich,

State budgetary institution scientific-research, project-designing and technological institute of explosion proof and mine electrical equipment, head of the laboratory of electrical machines

E-mail: niive@list.ru

Russia, Donetsk

Varakuta Viktor Vladimirovich,

State budgetary institution scientific-research, project-designing and technological institute of explosion proof and mine electrical equipment, senior researcher, candidate of technical sciences

E-mail: niive@list.ru

Russia, Donetsk

ABSTRACT

The article is devoted to the development of a highly efficient explosion-proof asynchronous electric motor to increase the energy capacity of coal faces in Russia. The relevance of the transition to an increased supply voltage of 3300 V is substantiated in order to reduce losses in conductive elements with capacities over 1000 kW. The design and technical characteristics of the newly developed GBU "NIIVE" explosion-proof asynchronous electric motor EKV5.5-550V for the KDK1000 combine harvester being developed by GBU "DONUGLEMASH" are described.

Keywords: cutting drive, explosion-proof asynchronous electric motor, torsion shaft, cooling system, temperature protection

Актуальность. Увеличение производительности угольных забоев не-возможно без повышения энерговооруженности очистных комплексов. В настоящее время на шахтах РФ широко применяются очистные комбайны компаний Caterpillar, Eickhoff Grupp, Machinery a.s. и др., суммарная мощность привода которых значительно превышает 1000 кВт. Для привода резания в данных горных машинах используются асинхронные электродвигатели мощностью не менее 500 кВт. При повышении мощности двигателей привода резания до таких величин и сохранении величины напряжения 1140 В увеличиваются токи в питающем и коммутирующем оборудовании, что приводит к повышению потерь в токопроводящих элементах по всей цепочке - от питающего трансформатора до электродвигателя. Мировой опыт показывает, что при таких мощностях эффективным способом уменьшения потерь на нагревание является не увеличение токопроводящих элементов, а повышение напряжения питания электродвигателя до 3300 В и, соответственно, уменьшение силы тока [1]. Таким образом, при создании нового энерговооруженного очистного комбайна КДК1000, разрабатываемого в настоящее время ГБУ «ДОНУГЛЕМАШ», появилась необходимость разработать совершенно новые взрывозащищенные асинхронные электродвигатели для привода резания мощностью 550 кВт под номинальное напряжение 3300 В.

Цель работы. Представить результаты проектирования высокоэффективного взрывозащищённого водоохлаждаемого асинхронного электродвигателя мощностью 550

кВт, на номинальное напряжение $U_n=3300$ В с торсионным валом и механизмом вывода из зацепления торсионного вала, коробкой выводов с тремя кабельными вводами для подключения силового и контрольного кабелей, спроектированного для использования в электроприводе блоков резания комбайна КДК1000.

Разработка направлена на создание нового двигателя, эксплуатация которого в комплексе с очистным комбайном позволит повысить производительность очистных работ добычного участка. При проектировании асинхронного электродвигателя ЭКВ5,5-550В (именуемого в дальнейшем «двигатель») были выполнены электромагнитные и механические расчеты, на основании которых разработана обмоточная записка и система изоляции двигателя. Конструкция двигателя разрабатывается в среде системы автоматизированного проектирования КОМПАС с использованием методов интенсификации.

Двигатель предназначен для работы в подземных выработках угольных шахт при следующих условиях:

а) номинальные значения климатических факторов У5 – по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543.1-89, но при этом во время эксплуатации ниже значение температуры окружающего воздуха принято плюс 1°C , верхнее - плюс 35°C ;

б) высота над уровнем моря – не более 1000 м;

в) степень защиты от внешних воздействий – IP54 по ГОСТ 14254-2015.

Двигатель имеет взрывозащищённое исполнение с уровнем взрывозащиты Mb, вид взрывозащиты: «взрывонепроницаемые оболочки «d» по ГОСТ IEC 60079-1-2013. Маркировка взрывозащиты по ГОСТ 31610.0-2019 - Pв Ex db I Mb, $+1^\circ\text{C} \leq T_a \leq +35^\circ\text{C}$ (где T_a -температура окружающей среды при эксплуатации).

Оболочка двигателя должна иметь параметры взрывонепроницаемых соединений в соответствии с ГОСТ IEC 60079-1-2013, выдерживать давление взрыва внутри неё и быть ударостойкой при 20 Дж (пригодна для применения в условиях высокой опасности механических повреждений по ГОСТ 31610.0-2019).

Исполнение двигателя по способу монтажа – IM4209 по ГОСТ 2479-79 (без лап с фланцем, размещенным на станине, ближе к щиту, на котором расположено вводное устройство). Корпус – стальной сварной цилиндрический, с устройствами для перевода охлаждающей воды в подшипниковые щиты.

3D модель двигателя ЭКВ5,5-550В представлена на рисунке 1.

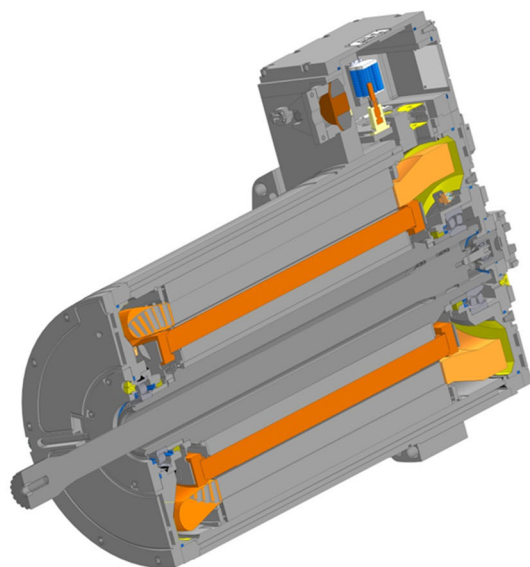


Рисунок 1 - 3D модель двигателя ЭКВ5,5-550В

Подшипниковые щиты – стальные сварные с полостями для охлаждения водой.

Способ охлаждения двигателя – IC7A1W7 по ГОСТ Р МЭК 60034-6-2012 (первичный хладагент, в качестве которого выступает воздух, при помощи внутренних вентиляторов, расположенных на валу ротора, отбирает тепловую энергию от лобовых частей обмотки статора и передает ее корпусу двигателя, подшипниковым щитам, и далее при помощи воды отводится в окружающую среду). Данная система охлаждения корпуса и подшипниковых щитов интенсифицировала отвод тепла от обмотки статора, что позволило уменьшить габаритные размеры двигателя.

Система водяного охлаждения рассчитана на испытательное давление 3 МПа, рабочее давление – до 2 МПа, номинальный расход воды – 30 л/мин.

Обмотка статора четырехполосная, выполнена жесткими катушками, с изоляцией класса нагревостойкости H [2].

Двигатель имеет многоуровневую встроенную температурную защиту обмоток статора и подшипниковых узлов. Температурная защита типа - TP212 по ГОСТ 27888-88. Шесть терморезисторов (с температурой срабатывания плюс 180 °С) устанавливаются в обмотку статора и по два (с температурой срабатывания плюс 120 °С) в подшипниковые узлы. Дополнительно, для постоянного мониторинга температуры, в обмотку статора и подшипниковые узлы установлены по два резистора типа Pt100.

Обмотка ротора представляет собой медно-сварную клетку в виде медных стержней и короткозамыкающих колец, имеет глубокие пазы большого сечения, что обеспечивает низкое значение сопротивления обмотки и позволяет снизить потери в контуре ротора и, соответственно, повысить КПД двигателя [3].

Конструктивно вал двигателя изготовлен полым, с внутренним шлицевым зацеплением, размещенным близко к подшипнику со стороны вводного устройства. В этот вал вставляется торсионный вал редуктора исполнительного органа комбайна с внешним шлицевым зацеплением. Такое техническое решение не только уменьшает общую длину двигателя и его вала, не имеющего собственного выступающего конца, но и смягчает передаваемые ему колебания фактической нагрузки исполнительного органа за счет скручивания торсионного вала в пределах его упругости, а также снижает уровень нагрузок на подшипник со стороны привода за счет уменьшения влияния несоосности валов двигателя и редуктора, что приводит к уменьшению их вибрации в целом.

Для диагностики работы подшипников двигателя предусмотрен механизм вывода торсионного вала из зацепления.

Значения основных электрических, энергетических и моментных параметров двигателя приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные электрические, энергетические и моментные параметры двигателя

| Наименование параметра | Значение |
|-------------------------------------|----------|
| Номинальная мощность, кВт | 550 |
| Номинальное напряжение сети, В | 3300 |
| Режим работы | S1 |
| Номинальная сила тока, А | 115 |
| Синхронная частота вращения, об/мин | 1500 |
| Номинальное скольжение, % | 1,2 |
| Коэффициент полезного действия, % | 93,0 |
| Коэффициент мощности | 0,9 |
| Сила начального пускового тока, А | 758 |

| | |
|--|------|
| Номинальный вращающий момент, Н·м | 3550 |
| Начальный пусковой вращающий момент, Н·м | 5077 |
| Максимальный вращающий момент, Н·м | 8520 |
| Отношение силы начального пускового тока к номинальному | 6,6 |
| Отношение начального пускового вращающего момента к номинальному | 1,43 |
| Отношение максимального вращающего момента к номинальному | 2,4 |

Вывод. Создан высокоэффективный, универсальный, рудничный, взрывозащищенный, асинхронный электродвигатель ЭКВ5,5-550В на напряжение 3300 В, мощностью 550 кВт, синхронной частотой вращения 1500 об/мин, с водяным охлаждением корпуса и подшипниковых щитов для вновь разрабатываемого комбайна КДК1000, способствующий повышению производительности добычных работ.

Список литературы:

1. Беляк В. Л., Плащанский Л. А. Увеличение напряжения участковых сетей как способ повышения эффективности использования горных машин в высоконагруженных забоях угольных шахт // ГИАБ. 2007. №9. URL: https://giab-online.ru/files/Data/2007/9/25_Belyak22.pdf.
2. Евтушенко Ю. М. и др.; под ред. В.Г. Огонькова, С. В. Серебрянникова. Электроизоляционные материалы и системы изоляции для электрических машин. В двух книгах. Кн.1. - М.: Издательский дом МЭИ, 2012.-272 с.
3. Чувашев В. А., Бурковский А. Н., Папазов Ю. Н., Чуванков В. Ю. Повышение энергетических показателей взрывозащищенных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором / В. А. Чувашев, А. Н. Бурковский, Ю. Н. Папазов, В. Ю. Чуванков // Взрывозащищенное электрооборудование: Сб. науч. тр. УкрНИИВЭ – Донецк: ООО «Юго – Восток;Лтд», 2005. – С. 155 – 166.

References:

1. Belyak V. L., Plaschansky L. A. Increasing the voltage of district networks as a way to increase the efficiency of mining machinery in highly loaded coal mine faces // GLAB.2007. No. 9. URL: https://giab-online.ru/files/Data/2007/9/25_Belyak22.pdf.
2. Evtushenko Y. M. and others; edited by V.G. Ogonkov and S. V. Serebryannikov. Electrical insulation materials and insulation systems for electrical machines. In two books. Book 1. Moscow: MEI Publishing House, 2012. 272 p.
3. Chuvashhev V. A., Burkovski A. N., Papazov Y. N., Chuvankov V. Y. Increasing the energy performance of explosion-proof asynchronous motors with a short-circuited rotor / V. A. Chuvashhev, A. N. Burkovski, Y. N. Papazov, V. Y. Chuvankov // Explosion-proof electrical equipment: Collection of scientific tr. UkrNIIVE – Donetsk: Yogo-Vostok, Ltd., 2005. pp. 155-166.