

## ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ ELECTROTECHNICAL COMPLEXES AND SYSTEMS

Научная статья

УДК 621.313:676.026

DOI: 10.26730/1816-4528-2026-3-3-9

Лобур Ирина Анатольевна, Негадаев Владислав Александрович, Маслов Иван Петрович,  
Немов Владислав Николаевич, Котляров Роман Витальевич\*

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева

\* для корреспонденции: kotlyarovrv@kuzstu.ru

### МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА СУШИЛЬНОЙ ГРУППЫ КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ



#### Информация о статье

Поступила:

16 февраля 2026 г.

Одобрена после

рецензирования:

15 мая 2026 г.

Принята к печати:

15 июня 2026 г.

#### Ключевые слова:

производство картона, картоноделательная машина, сушильная группа, электропривод, электродвигатель постоянного тока, тиристорный преобразователь

#### Аннотация.

Картоноделательная машина (КДМ) является основным технологическим оборудованием производства картона непрерывным полотном. Автоматизированный электропривод сушильной группы КДМ обеспечивает управление и регулирование механического технологического процесса по транспортировке бумажного полотна и одежды машины. Основными функциями автоматизированного электропривода сушильной группы КДМ являются изменение скорости, а также автоматическая стабилизация скоростей секций машины, установленных для технологического процесса производства определенного вида картона. Регулируемый привод переменного тока более дорог и менее экономичен, поэтому модернизация электропривода сушильной группы КДМ является актуальной задачей. Наибольшее распространение получили многодвигательные электроприводы постоянного тока, когда каждая секция приводится во вращение от одного или нескольких электродвигателей. Для преобразования переменного тока в постоянный ток широко применяются полупроводниковые преобразователи на базе управляемых тиристоров. Потребляемая мощность зависит от параметров машины (ширины, нагрузки на подшипники валов и цилиндров, типов подшипников, диаметров цапф и др.) и от скорости машины. В статье использован метод определения мощности по удельным показателям (статистический) на основании замеров фактически потребляемой мощности на ряде идентичных машин и отнесения ее к 1 м ширины машины и 1 м/мин ее скорости. Выполнены расчеты номинальной и максимальной потребляемой мощности. По максимальной мощности выбран электродвигатель постоянного тока П52М, приведены характеристики выбранного электродвигателя. Определены естественные механическая и электрохимическая характеристики электродвигателя постоянного тока П52М. Предложена принципиальная силовая схема системы «тиристорный преобразователь – двигатель». В результате модернизации электропривода сушильной группы КДМ снижается частота обрыва бумажного полотна и время простоя машины.

**Для цитирования:** Лобур И.А., Негадаев В.А., Маслов И.П., Немов В.Н., Котляров Р.В. Модернизация электропривода сушильной группы картоноделательной машины // Горное оборудование и электромеханика. 2026. № 3 (185). С. 3-9. DOI: 10.26730/1816-4528-2026-3-3-9, EDN: JA OCDQ

#### Введение (Introduction)

Картоноделательная машина (КДМ) является основным технологическим оборудованием производства картона непрерывным полотном. По назначению и конструкции КДМ подразделяют на плоскосеточные, круглосеточные многоцилиндровые,

комбинированные и с горизонтальным формованием с несколькими сетками [13]. В условиях ООО «Кузбасский Скарабей» используется КДМ-1 плоскосеточного типа по производству картона из макулатуры плотностью от 90 до 300 г/м<sup>2</sup> производительностью до 10 тонн в сутки. Картоноделатель-

ная машина КДМ-1 относится к типу бумагоделательных машин с сушильной группой, состоящей из металлических янки-цилиндров. Янки-цилиндры нагреваются с помощью пара, поступающего внутрь. Для КДМ-1 необходимо от 2200 до 2500 кг пара в час, рабочее давление пара не более 0,05 МПа. Использование пара низкого давления возможно из-за металлических янки-цилиндров.

Автоматизированный электропривод сушильной группы КДМ-1 реализует функции автоматического управления (регулирования) механическим процессом по перемещению бумажного полотна и одежды машины. Этот привод предназначен для изменения линейной скорости движения бумажного полотна и автоматической стабилизации линейных скоростей секций КДМ-1, установленных для технологического процесса производства определенного вида картона [9].

#### **Методы (Methods)**

В составе КДМ возможно использование трансмиссионных и многодвигательных электроприводов. В трансмиссионных электроприводах с клиноременными передачами и с дифференциальными редукторами секции КДМ приводятся во вращение продольным трансмиссионным валом, который, в свою очередь, приводится во вращение электродвигателем с регулируемой скоростью вращения. Для КДМ малой и средней скорости (до 300 м/мин) распространение получили приводы с клиноременными передачами, через которые передается вращение от продольного вала к коническим или цилиндрически-коническим редукторам, соединенным с приводными валами секций машин при помощи промежуточных валов. На продольном валу расположены раздвижные шкивы, снабженные фрикционными муфтами. Скорость каждой секции КДМ регулируется в пределах от 10 до 15% путем изменения положения ремня на раздвижных шкивах продольного вала. При помощи муфт можно пускать и останавливать каждую секцию машины при работающем продольном вале трансмиссии [1].

Для получения вспомогательных скоростей секций КДМ необходимо снизить скорость продольного вала. Для этой цели могут быть применены трансмиссионные приводы с дифференциальными редукторами. В составе дифференциального привода вместо раздвижных шкивов и редукторов устанавливают дифференциальные редукторы с вариаторами. Для повышения надежности работы дифференциального привода используют вариаторы с металлической цепью, работа которых осуществляется с минимальным скольжением. При наличии нескольких приводных валов, связанных общей одеждой КДМ или имеющих общий контакт, один из валов таких секций приводится от продольного трансмиссионного вала, а остальные – от вспомогательных электродвигателей, скорость которых синхронизируется со скоростью дифференциального редуктора [4].

Для получения вспомогательных скоростей секций независимо от скорости остальных секций часто устанавливается дополнительный привод с редуктором и двигателем переменного тока. Однако

из-за сложности изготовления дифференциальных редукторов, их высокой стоимости и необходимости применения вспомогательных электродвигателей для многоприводных секций КДМ трансмиссионные приводы с дифференциальными редукторами отечественная промышленность, как правило, не выпускает.

К недостаткам электропривода переменного тока можно отнести его высокую стоимость. Кроме того, многодвигательный электропривод переменного тока предполагает механическую связь между электродвигателем и приводным валом секции КДМ через редукторы, промежуточные валы и соединительные муфты, что снижает надежность работы машины.

Наибольшее распространение получили многодвигательные электроприводы постоянного тока. В этом случае каждая секция КДМ приводится во вращение от одного или нескольких электродвигателей. Приводные электродвигатели секций могут получать питание от общего преобразователя переменного тока в постоянный (электроприводы с общим преобразователем) или от отдельных преобразователей (электроприводы с отдельными преобразователями). В первом случае энергия между секциями распределяется постоянным током, во втором – переменным.

В настоящее время многодвигательный привод КДМ выполняется с применением электродвигателей постоянного тока, способных обеспечить предъявляемые требования к плавности и точности регулирования скоростей секций. Предпочтение, как правило, отдают электроприводу постоянного тока с отдельными преобразователями, поскольку данный вариант конструкции привода наиболее прост за счет отсутствия дополнительных преобразователей для пуска электродвигателей секций КДМ. Рабочая скорость и скорости секций автоматически регулируются изменением напряжения в цепи якоря электродвигателей при неизменном напряжении обмотки возбуждения [7, 16].

К преимуществам многодвигательного электропривода КДМ по сравнению с однодвигательным приводом можно отнести [6]:

- значительное упрощение кинематической схемы электропривода, упрощение компоновки электропривода и повышение доступности к его отдельным элементам;
- повышение удобства управления КДМ и ее отдельными секциями;
- повышение удобства контроля нагрузки каждой секции КДМ и их приводных частей;
- значительное упрощение установки дополнительных устройств в состав электропривода машины, в частности, в случае его модернизации;
- значительное упрощение создания системы автоматизации электропривода КДМ.

Скоростной режим секций КДМ, в том числе сушильной группы, в значительной степени влияет на деформацию бумажного полотна. Скоростной режим КДМ определяется множеством факторов, основными из которых можно считать:

– механические характеристики секций и механических передач КДМ, в частности, моменты инерции, упругости, зазоры между механическими частями и пр.;

– моменты нагрузки и характер их изменения;

– механические характеристики бумажного полотна, в частности, его прочность;

– механические характеристики элементов в составе электропривода;

– характеристики автоматических регуляторов в составе системы автоматизации КДМ (инерционность, точность регулирования скорости, быстрдействие, колебательность, перерегулирование);

– стабильность параметров питающей электросети (напряжение, частота).

Указанные факторы комплексно влияют на скоростной режим КДМ, поэтому КДМ совместно с электроприводом представляет собой единый электромеханический объект [10].

Таким образом, техническим требованиям к регулируемому электроприводу КДМ наиболее полно удовлетворяет электропривод постоянного тока.

Преобразование переменного тока в постоянный осуществляется, как правило, полупроводниковыми преобразователями, которые выполнены на основе тиристоров. Тиристорные преобразователи по сравнению с электромашинными преобразователями переменного тока в постоянный характеризуются более высоким КПД, лучшими массогабаритными свойствами, высоким быстродействием, низкими эксплуатационными затратами, отсутствием каких-либо подвижных частей и, соответственно, простой конструкцией и пр. [2, 17].

Основным недостатком полупроводниковых выпрямительных устройств является их высокая стоимость в сравнении с электромашинными преобразователями.

КДМ расходует подводимую мощность на преодоление трения в подшипниках цилиндров и валов, трения качения между валами, трения шаберов о цилиндры и валы, сетки по валам, удаляющим влагу из бумажного полотна, и пр. [5].

Мощность, потребляемая КДМ, зависит от ее параметров: скорости машины, ширины бумажного полотна, нагрузки на подшипники цилиндров и валов, тип подшипников и пр.

Существуют следующие методы определения потребляемой КДМ мощности:

а) поэлементный: с учетом фактического потребления мощности каждым элементом КДМ;

б) статистический: по удельным показателям на основании замеров фактически потребляемой мощности на ряде идентичных машин и отнесения ее к 1 м ширины машины и 1 м/мин ее скорости.

Последний метод не позволяет оценить распределение мощности по отдельным видам ее затрат и, соответственно, разработать меры по их снижению, в то время как первый метод учитывает особенности конструкции КДМ и особенности работы каждой ее секции.

Недостатком поэлементного метода определения потребляемой КДМ мощности является его трудоемкость. Данный метод требует значительно объема исходных данных. Поэтому наиболее распространен метод удельных показателей.

С целью сравнения показателей удельной мощности, потребляемой секциями КДМ, с данными поэлементного метода удельные показатели следует привести к тяговым (окружным) усилиям, т. е. усилиям, которые приложены к внешней части рабочей поверхности валов или цилиндров сушильной группы, чтобы преодолеть силы сопротивления и вращать секцию с заданной скоростью [14].

Мощность и тяговое усилие связаны зависимостью [11]:

$$P = 1,67 \cdot 10^{-5} \cdot F \cdot v, \quad (1)$$

где  $P$  – мощность, кВт;  $F$  – тяговое усилие, Н;  $v$  – скорость секции КДМ-1, м/мин.

Тяговое усилие, отнесенное к 1 м ширины сетки, определяются зависимостью (2). С учетом (2) формула (1) примет вид (3):

$$f = \frac{F}{B_c}, \quad (2)$$

где  $B_c$  – ширина сетки, м.

$$P = 1,67 \cdot 10^{-5} \cdot f \cdot B_c \cdot v. \quad (3)$$

Средняя  $P_{cp}$  (4) и максимальная  $P_{max}$  (5) удельные мощности определяются по соответствующим тяговым усилиям  $f_{cp}$  и  $f_{max}$

$$P_{cp} = 1,67 \cdot 10^{-5} \cdot f_{cp} \cdot B_c \cdot v; \quad (4)$$

$$P_{max} = 1,67 \cdot 10^{-5} \cdot f_{max} \cdot B_c \cdot v. \quad (5)$$

### Результаты исследования (Results)

На основе формул (4) и (5) с учетом данных, полученных в условиях ООО «Кузбасский скарабей», по максимальной мощности выбран электродвигатель постоянного тока П52М (Таблица 1).

$$P_{cp} = 1,67 \cdot 10^{-5} \cdot 110 \cdot 6,9 \cdot 450 = 5,7 \text{ кВт}$$

$$P_{max} = 1,67 \cdot 10^{-5} \cdot 165 \cdot 6,9 \cdot 450 = 8,6 \text{ кВт}$$

Номинальная угловая скорость:

$$\omega_{ном} = \frac{2\pi \cdot n_{ном}}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1500}{60} = 157 \text{ с}^{-1}. \quad (6)$$

Номинальный момент:

$$M_{ном} = \frac{P_{ном}}{\omega_{ном}} = \frac{8800}{157} = 56,05 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (7)$$

Для значений тока, соответствующих относительным значениям универсальной характеристики (Таблица 2)  $I = I_x \cdot I_{ном}$ , определены значения момента  $M = M_x \cdot M_{ном}$  и угловой скорости  $\omega_e = \omega_x \cdot \omega_{ном}$  (Таблица 3) [12].

По полученным значениям (Таблица 3) получены естественные механическая и электромеханическая характеристики (Рис. 1 и 2 соответственно). Принципиальная электрическая схема управления электродвигателем, включающая тиристорный преобразователь, показана на Рис. 3.

Тиристоры  $V_S$  в схеме управления электродвигателями в составе автоматизированного привода КДМ-1 включаются по трехфазной мостовой схеме [15]. Тиристоры в составе тиристорного преобразо-

вателя чувствительны к перегрузкам по току и перенапряжениям. В случае размыкания электрической цепи трансформатора  $TU$  контактами автоматического выключателя или при разрыве цепи постоянного тока, выпрямленного тиристорным преобразователем, на анодах тиристорных из-за наличия в цепи индуктивностей (обмоток трансформатора) возникают перенапряжения [8]. С целью снижения перенапряжений между катодом и анодом каждого тиристора установлена  $RC$ -цепь.

Для защиты от перегрузок по току в принципиальной схеме установлены быстродействующие предохранители  $FU$  с плавкой вставкой, выполняющие функцию токоограничителя. В случае возникновения аварийных токов плавкая вставка предохранителя перегорит быстрее, чем токи в цепи достигнут критических значений.

В якорной цепи электродвигателя установлен дроссель  $L$ , выполняющий функции сглаживающего фильтра.

Принципиальная электрическая схема управления электродвигателем  $M$  на основе тиристорного преобразователя обеспечивает [3]:

- плавность пуска и остановка электродвигателя с возможностью ограничения пускового тока;
- возможность изменения частоты вращения выходного вала электродвигателя изменением напряжения в цепи обмотки якоря;
- автоматическую защиту от перегрузок, короткого замыкания, потери фазы, потери поля возбуждения и пр.

#### Обсуждение (Discussion)

подавляющее большинство промышленных электрических сетей обеспечивает переменное напряжение, тем не менее, двигатели постоянного тока получили широкое распространение. Электроприводы промышленных установок, в которых необходима точная стабилизация частоты вращения, выполняются, как правило, на двигателях постоянного тока.

Двигатели постоянного тока характеризуются следующими преимуществами:

- большой пусковой момент;
- возможность использования машины постоянного тока и в двигательном, и в генераторном режимах;
- КПД нагруженных двигателей постоянного тока в среднем выше на 1–2%, чем у асинхронных и синхронных машин, а при снижении нагрузки КПД может вырасти до 15%.

Основным недостатком двигателей постоянного тока считается их высокая стоимость. Также к недостаткам можно отнести необходимость периодического обслуживания коллекторно-щеточного узла, износ которого значительно ограничивает срок эксплуатации двигателя. Однако современные конструкции двигателей постоянного тока практически лишены указанных недостатков.

#### Выводы (Conclusion)

С целью модернизации электропривода сушильной группы КДМ-1 выполнен расчет и выбор электродвигателя постоянного тока П52М мощно-

стью 8,8 кВт. Произведен выбор схемы управления частотой вращения электродвигателя за счет изменения тока якорной цепи. В результате модернизации электропривода сушильной группы КДМ-1 снижается частота обрыва бумажного полотна и время простоя машины.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев А. Д. Система управления электроприводом на основе бесколлекторного двигателя постоянного тока // Инновационные технологии управления и права. 2021. № 1(30). С. 36–42.
2. Афанасьев М. Е., Сайфаров Ф. З. Система управления двигателями // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2021. Т. 2. С. 166–168.
3. Головкин С. В., Дьяченко А. В., Романенко Н. Г. Сравнительный анализ тиристорных схем управления двигателями постоянного тока, применяемых на судах // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2020. № 2. С. 111–119. DOI: 10.24143/2073-1574-2020-2-111-119.
4. Грачев А. Н., Саушев А. В., Самосейко В. Ф., Шичкин Н. С. Синтез системы управления многодвигательного электропривода картоноделательной машины КЗ-м // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2025. № 8. С. 281–287. DOI: 10.24412/2071-6168-2025-8-281-282.
5. Грачев А. Н., Саушев А. В., Самосейко В. Ф., Шичкин Н. С. Совершенствование системы автоматического управления взаимосвязанными электроприводами картоноделательной машины КЗ-м // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 7. С. 539–544. DOI: 10.24412/2071-6168-2024-7-539-540.
6. Гунин Д. В., Королев В. В., Гапченко Ю. А. Разработка и исследование системы управления вентильно-индукторным двигателем // Наука настоящего и будущего. 2021. Т. 2. С. 208–211.
7. Ди Ч. О проектировании систем управления двигателями // Инновации и инвестиции. 2025. № 2. С. 420–423.
8. Иванов Г. Г., Алферов Г. В., Королев В. С. Системы управления с тиристорными преобразователями // Вестник Пермского университета. Математика. Информатика. 2024. № 2(65). С. 34–41. DOI: 10.17072/1993-0550-2024-2-34-41.
9. Кауров П. В., Куров В. С., Кокушкин Н. Н., Мидуков Н. П. О дальнейшем повышении рабочих скоростей плоскосеточных бумагоделательных машин // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. 2022. № 2. С. 115–118. DOI: 10.46418/2619-0729\_2022\_2\_20.
10. Коряковская Н. В., Бедердинова О. И. Контроль и регулирование влажности бумажного полотна // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2022. № 1(385). С. 188–204.
11. Луканин П. В., Казаков В. Г., Зверев Л. О. Концепция модернизации энерготехнологических

комплексов в ЦБП // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24. № 4. С. 178–191. DOI: 10.30724/1998-9903-2022-24-4-178-191.

12. Максимов Ю. П. Выбор электропривода постоянного тока и расчет естественной и искусственной характеристик двигателя // Вестник научных конференций. 2022. № 4–2(80). С. 84–85.

13. Никифорова В. А., Безлепкин А. С. Современное состояние российской целлюлозно-бумажной промышленности // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2023. Т. 1. С. 318–322.

14. Подзоров Н. Н., Осипов О. И. Автоматизированный электропривод технологических объектов с электронной синхронизацией движений меха-

низмов // Станкоинструмент. 2021. № 2(23). С. 52–55. DOI: 10.22184/2499-9407.2021.23.2.52.55.

15. Халина Т. М., Стальная М. И., Еремочкин С. Ю., Дорохов Д. В. Реверсивный регулируемый полупроводниковый мостовой трехфазный симисторный выпрямитель // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 3(197). С. 113–119.

16. Abdulhamid M., Festus T. Design of Pulse Width Modulation Based DC Motor for Electric Vehicle // Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies. 2022. Vol. 15. № 2. Pp. 162–176. DOI: 10.17516/1999-494X-0380.

17. Imomnazarov S., Axmadaliyev X., Teshaboyev R. Electronic engine control systems and its classification // Universum: технические науки. 2023. № 2–5(107). Pp. 69–71.

© 2026 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

**Лобур Ирина Анатольевна**, доцент кафедры электропривода и автоматизации, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), кандидат технических наук, e-mail: loburia@kuzstu.ru

**Негадаев Владислав Александрович**, доцент кафедры электропривода и автоматизации, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), кандидат технических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4649-4053>, e-mail: nva.eav@kuzstu.ru

**Маслов Иван Петрович**, доцент кафедры электропривода и автоматизации, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), кандидат технических наук, e-mail: maslovip@kuzstu.ru

**Немов Владислав Николаевич**, старший преподаватель кафедры электропривода и автоматизации, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: nemovvn@kuzstu.ru

**Котляров Роман Витальевич**, доцент кафедры электропривода и автоматизации, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), кандидат технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4152-8149>, e-mail: kotlyarovrv@kuzstu.ru

Заявленный вклад авторов:

Лобур Ирина Анатольевна – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, концептуализация исследования.

Негадаев Владислав Александрович – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, концептуализация исследования.

Маслов Иван Петрович – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, концептуализация исследования.

Немов Владислав Николаевич – обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных, выводы, написание текста.

Котляров Роман Витальевич – обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных, выводы, написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

## Original article

DOI: 10.26730/1816-4528-2026-3-3-9

**Irina A. Lobur, Vladislav A. Negadaev, Ivan P. Maslov, Vladislav N. Nемов, Roman V. Kotlyarov\***

## MODERNIZATION OF THE ELECTRIC DRIVE OF THE DRYING GROUP OF THE CARDBOARD MACHINE

### Abstract.

A cardboard making machine (CMM) is the main technological equipment for the production of continuous cardboard. The automated electric drive of the CMM drying group provides control and regulation of the mechanical technological process for transporting paper webs and clothes of the machine. The main functions of the automated electric drive of the CMM drying group are speed changes, as well as automatic stabilization of the speeds of machine sections installed for the technological process of producing a certain type of cardboard. A controlled AC drive is more expensive and less economical, so modernizing the electric drive of the KDM drying group is an urgent task. The most widespread are multi-motor DC electric drives, when each section is driven by one or more electric motors. Semiconductor converters based on controlled thyristors are widely used to convert alternating current into direct current. Power consumption depends on the parameters of the machine (width, load on the bearings of shafts and cylinders, types of bearings, trunnion diameters, etc.) and on the speed of the machine. The article uses a method for determining power by specific indicators (statistical) based on measurements of actual power consumption on a number of identical machines and relating it to 1 m of machine width and 1 m/min of its speed. Calculations of rated and maximum power consumption were performed. The П52М DC electric motor was selected for maximum power; the characteristics of the selected electric motor are given. The natural mechanical and electromechanical characteristics of the П52М DC electric motor have been determined. A basic power circuit of the "thyristor converter – motor" system is proposed. As a result of modernization of the electric drive of the CMM drying group, the frequency of paper web breakage and machine downtime are reduced.



### Article info

Received:

16 February 2026

Accepted for publication:

15 May 2026

Accepted:

15 June 2026

**Keywords:** cardboard production, cardboard making machine, drying group, electric drive, DC motor, thyristor converter

**For citation:** Lobur I.A., Negadaev V.A., Maslov I.P., Nemov V.N., Kotlyarov R.V. Modernization of the electric drive of the drying group of the cardboard machine. Mining Equipment and Electromechanics, 2026; 3(185):3-9 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2026-3-3-9, EDN: JA OCDQ

### REFERENCES

1. Andreev A.D. Sistema upravleniya e'lektroprivodom na osnove beskolekturnogo dvigatelya postoyannogo toka. *Innovatsionny'e tekhnologii upravleniya i prava*. 2021; 1(30):36-42.

2. Afanas'ev M.E., Sajfarov F.Z. Sistema upravleniya dvigatelyami. *Trudy' mezhdunarodnogo simpoziuma «Nadezhnost' i kachestvo»*. 2021; 2:166-168.

3. Golovko S.V., D'yachenko A.V., Romanenko N.G. Sravnitel'ny'j analiz tiristorny'x sxem upravleniya dvigatelyami postoyannogo toka, primenyaemy'x na sudax. *Vestnik Astraxanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya*. 2020; 2:111-119. DOI: 10.24143/2073-1574-2020-2-111-119.

4. Grachev A.N., Saushev A.V., Samosejko V.F., Shichkin N.S. Sintez sistemy' upravleniya mnogodvigatel'nogo e'lektroprivoda kartonodelatel'noj mashiny' K3-m. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*. 2025; 8:281-287. DOI: 10.24412/2071-6168-2025-8-281-282.

5. Grachev A.N., Saushev A.V., Samosejko V.F., Shichkin N.S. Sovershenstvovanie sistemy' avtomaticheskogo upravleniya vzaimosvyazanny' mi

e'lektroprivodami kartonodelatel'noj mashiny' K3-m. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*. 2024; 7:539-544. DOI: 10.24412/2071-6168-2024-7-539-540.

6. Gunin D.V., Korolev V.V., Gapchenko Yu.A. Razrabotka i issledovanie sistemy' upravleniya ventil'no-indukturny'm dvigatelem. *Nauka nastoyashhego i budushhego*. 2021; 2:208-211.

7. Di Ch. O proektirovanii sistem upravleniya dvigatelyami. *Innovatsii i investicii*. 2025; 2:420-423.

8. Ivanov G.G., Alferov G.V., Korolev V.S. Sistemy' upravleniya s tiristorny'mi preobrazovatelyami. *Vestnik Permskogo universiteta. Matematika. Mexanika. Informatika*. 2024; 2(65):34-41. DOI: 10.17072/1993-0550-2024-2-34-41.

9. Kaurov P.V., Kurov V.S., Kokushkin N.N., Midukov N.P. O dal'nejshem pov'shenii rabochix skorostej ploskosetochny'x bumagodelatel'ny'x mashin. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna. Seriya 4: Promy'shlenny'e tekhnologii*. 2022; 2:115-118. DOI: 10.46418/2619-0729\_2022\_2\_20.

10. Koryakovskaya N.V., Bederdinova O.I. Kontrol' i regulirovanie vlazhnosti bumazhnogo polot-

na. *Izvestiya vysshix uchebnyx zavedenij. Lesnoj zhurnal*. 2022; 1(385):188-204.

11. Lukanin P.V., Kazakov V.G., Zverev L.O. Konceptiya modernizacii energotexnologicheskix kompleksov v CzBP. *Izvestiya vysshix uchebnyx zavedenij. Problemy energetiki*. 2022; 24(4):178-191. DOI: 10.30724/1998-9903-2022-24-4-178-191.

12. Maksimov Yu.P. Vy`bor e`lektroprivoda postoyannogo toka i raschet estestvennoj i iskusstvennoj charakteristik dvigatelya. *Vestnik nauchnyx konferencij*. 2022; 4-2(80):84-85.

13. Nikiforova V.A., Bezlepkin A.S. Sovremennoe sostoyanie rossijskoj cellyulozno-bumazhnoj promyshlennosti. *Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvenny`e i inzhenerny`e nauki*. 2023; 1:318-322.

14. Podzorov N.N., Osipov O.I. Avtomatizirovannyj e`lektroprivod texnologicheskix ob`ektov s

e`lektronnoj sinxronizaciej dvizhenij mexanizmov. *Stankoinstrument*. 2021; 2(23):52-55. DOI: 10.22184/2499-9407.2021.23.2.52.55.

15. Xalina T.M., Stal`naya M.I., Eremochkin S.Yu., Doroxov D.V. Reversivnyj reguliruemyy poluprovodnikovyy mostovoj trexfaznyj simistornyj vy`pryamitel`. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021; 3(197):113-119.

16. Abdulhamid M., Festus T. Design of Pulse Width Modulation Based DC Motor for Electric Vehicle. *Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies*. 2022; 15(2):162-176. DOI: 10.17516/1999-494X-0380.

17. Imomnazarov S., Axmadaliyev X., Teshaboyev R. Electronic engine control systems and its classification. *Universum: technical sciences*. 2023; 2-5(107):69-71.

© 2026 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the author:

**Irina A. Lobur**, C. Sc. (Engineering), Associate Professor, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (650000, Russia, Kemerovo, Str. Vesennyaya, 28), C. Sc. (Engineering), e-mail: loburia@kuzstu.ru

**Vladislav A. Negadaev**, Associate Professor, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (650000, Russia, Kemerovo, Str. Vesennyaya, 28), C. Sc. (Engineering), ORCID: 0000-0003-4649-4053, e-mail: nva.eav@kuzstu.ru

**Ivan P. Maslov**, Associate Professor, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (650000, Russia, Kemerovo, Str. Vesennyaya, 28), C. Sc. (Engineering), e-mail: maslovip@kuzstu.ru

**Vladislav N. Nemov**, Senior Lecturer, Organization name, (650000, Russia, Kemerovo, Str. Vesennyaya, 28), e-mail: nemovvn@kuzstu.ru

**Roman V. Kotlyarov**, C. Sc. (Engineering), Associate Professor, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (650000, Russia, Kemerovo, Str. Vesennyaya, 28), C. Sc. (Engineering), Docent, ORCID: 0000-0002-4152-8149, e-mail: kotlyarovrv@kuzstu.ru

Contribution of the authors:

Irina A. Lobur – research problem statement, scientific management, conceptualization of research.

Vladislav A. Negadaev – research problem statement, scientific management, conceptualization of research.

Ivan P. Maslov – research problem statement, scientific management, conceptualization of research.

Vladislav N. Nemov – reviewing the relevant literature, data collection, data analysis, drawing the conclusions, writing the text.

Roman V. Kotlyarov – reviewing the relevant literature, data collection, data analysis, drawing the conclusions, writing the text.

Authors have read and approved the final manuscript.

