

ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА

1. Бельмас І. В., Колосов Д. Л., Білоус О. І. Взаємодія гумотросового каната з приводним барабаном. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету. Технічні науки*. 2018. Вип. Тем. вип. С. 168-173. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpddtu_2018_Tem
2. Полушина М. В., Москалева Т. В., Запара Е. С. Рациональные параметры подъемной установки со шкивами трения и бобинным уравнивающим устройством из условия минимума мощности привода. *Вісті Донецького гірничого інституту*. 2017. № 2. С. 169-175. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vdgi_2017_2_23.
3. Полушина М. В., Москалева Т. В. Тяговая способность подъемной установки со шкивами трения и бобинным уравнивающим устройством. *Геотехнічна механіка*. 2019. Вип. 149. С. 68-76. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/gtm_2019_149_9
4. Bajda M., Błazej R., Hardygóra M. Impact of Selected Parameters on the Fatigue Strength of Splices on Multiply Textile Conveyor Belts. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management*. 2017. SGEM 17(13). С. 495–502.
5. Прушак В. Я. Численная оценка долговечности соединений резиновых конвейерных лент. *Вестник Белорусского национального технического университета*. 2008. № 1. С. 35–38.
6. Дарія Заде С. Численная методика определения эффективных характеристик однонаправлено армированных композитов. *Вісник НТУ «ХПИ»*. 2013. № 58. С. 71–77.
7. Бельмас І. В., Колосов Д. Л. Напружено-деформований стан плоского каната зумовлений поривами тягових елементів та конструкцією підйомної машини. *Збірник наукових праць національного гірничого університету*. 2017. № 50. С. 163–170.
8. Carbogno A. Bobbin drum hoists with flat steel rubber-coated ropes / LOADO2001. Logistics & Transport / Zbornik – ADS Graphic, Koshice 2001. P. 218-221.
9. Теория многослойной намотки резинового каната: монография / К. С. Заболотный, Е. В. Панченко, А. Л. Жупиев; ГВУЗ "Нац. горный ун-т". Д.: НГУ, 2011. 150 с.
10. Картавый Н.Г., Зотов В.В. Применение резиновых тяговых лент на подъемных установках. *Горный журнал*. 2009. № 1. С. 75-78.

УДК 621.318

*Александр Вершинин, Юрий Грозберг
(Новополоцк, Беларусь)*

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРЯМОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ТЕПЛОВУЮ**

Рассматриваются вопросы повышения эффективности устройств прямого преобразования механической энергии в тепловую индукционного типа с постоянными магнитами. Анализируются причины низкой эффективности преобразования, и предлагается повысить указанную эффективность за счет исключения воздушных зазоров в магнитных цепях устройства.

Ключевые слова: магнитная цепь, воздушный зазор, преобразователь, механическая энергия, тепловая энергия, приводной двигатель, вихревой ток, короткозамкнутый виток.

The article deals with the issues of increasing the efficiency of devices for direct conversion of mechanical energy into thermal energy of the induction type with permanent magnets. The reasons for the low conversion efficiency are analyzed, and it is proposed to increase the indicated efficiency by eliminating air gaps in the magnetic circuits of the device.

Key words: magnetic circuit, air gap, converter, mechanical energy, thermal energy, drive motor, eddy current, short-circuited loop.

Известные способы прямого преобразования механической энергии в тепловую по принципу получения тепла можно разделить на следующие направления:

- получение тепла посредством перемещения конструктивных элементов в вязкой жидкости [1, 2];
- получение тепла за счет преодоления сил трения [3, 4];
- получение тепла при образовании вихрей и явлениях кавитации в жидкой среде [5];
- получение тепла за счет индукционного нагрева вихревыми токами при изменении магнитных потоков [6].

Если в качестве приводного двигателя, как источника механической энергии, рассматривать ветроколесо, то из всего многообразия перечисленных способов преобразования более удобен способ с индукционным нагревом, так как имеется возможность увеличить количество полюсов преобразователя, а постоянные магниты делают его полностью автономным.

Основной целью данной работы является анализ причин низкой эффективности таких преобразователей, поиск способов повышения их эффективности, и разработка схемы конструкции устройства.

Низкая эффективность работы такого преобразователя объясняется в том числе наличием воздушных зазоров, через которые замыкаются пульсирующие магнитные потоки [6]. Нагрев происходит за счет вихревых токов в ферромагнитных сердечниках и токов в короткозамкнутых витках из металла с повышенным удельным электрическим сопротивлением.

При постоянной МДС постоянного магнита и при наличии воздушных зазоров магнитные потоки значительно ослабляются, величины вихревых токов тоже становятся меньше, и соответственно уменьшаются токи в короткозамкнутых витках.

Для повышения эффективности работы такого преобразователя желательно исключить воздушные зазоры на пути магнитных потоков. Следовательно, при исключении воздушных зазоров в магнитных цепях можно ожидать увеличение магнитных потоков по величине, а значит и более интенсивное преобразование механической энергии в тепловую.

Для количественной оценки повышения эффективности преобразователя механической энергии в тепловую необходимо оценить степень увеличения магнитного потока в магнитной цепи при уменьшении или даже исключении воздушных зазоров. С целью получения зависимости $\Phi=f(\delta)$ магнитного потока от величины зазора расчетным путем и экспериментально исследовалась неразветвленная магнитная цепь с постоянной по величине МДС и двумя воздушными зазорами (так как в преобразователе [6] магнитные цепи имеют по 2 воздушных зазора). В результате была получена примерная зависимость $\Phi=f(\delta)$ (рис.1).

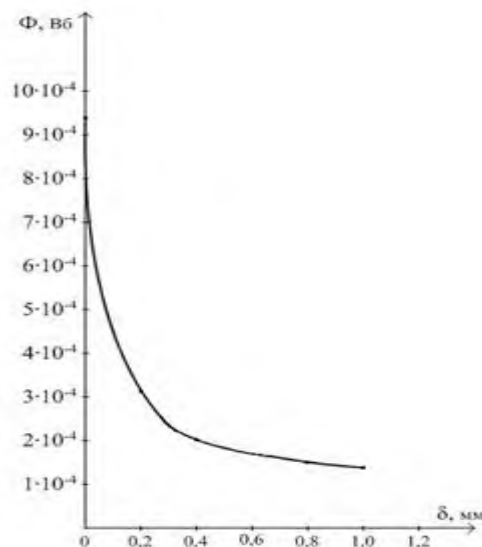


Рис. 1. График зависимости $\Phi=f(\delta)$.

Из построенного графика (рис. 1) видно, что при увеличении зазоров до $\delta_1 = \delta_2 = 1$ мм магнитный поток в неразветвленной магнитной цепи при поддержании МДС $F = \text{constant}$ уменьшается примерно в 6,8 раза. Следовательно, для повышения эффективности работы устройств прямого преобразования механической энергии в тепловую индукционного типа с постоянными магнитами, желательно вообще исключить воздушные зазоры. При этом условии можно ожидать увеличение эффективности такого преобразования более, чем в 6 раз.

Схема устройства теплопреобразовательного узла преобразователя механической энергии в тепловую с воздушным теплообменом, у которого исключены воздушные зазоры в магнитных цепях приведена на рис. 2.

Основу преобразователя составляет теплопреобразовательный узел, в состав которого входит многолопастной ферромагнитный диск 1. По внешнему контуру диска между ферромагнитными лопастями вставлены немагнитные вставки 2, которые вместе с лопастями образуют относительно неширокую кольцевую дорожку. Эта дорожка по внешнему контуру диска 1 проточена, и образует дорожку качения.

По периметру диска 1 на немагнитном корпусе 7 закреплены магнитные узлы с постоянными магнитами 6, которые через магнитопроводы 3 и ролики 4 создают магнитные потоки в лопастях ферромагнитного диска 1. На лопасти ферромагнитного диска 1 одеты короткозамкнутые витки 5 из материала с повышенным удельным электрическим сопротивлением.

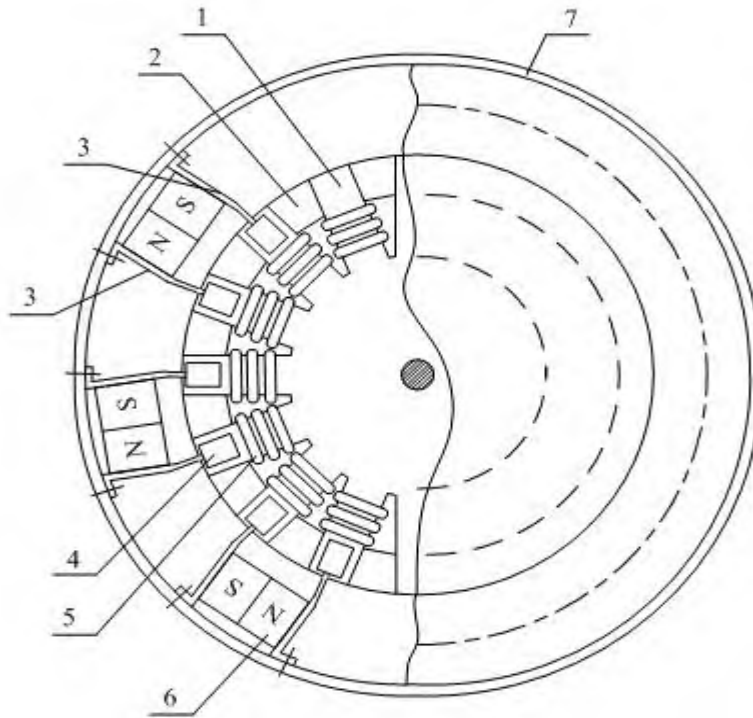


Рис. 2. Схема устройства теплопреобразовательного узла.

Принцип действия прямого преобразователя механической энергии в тепловую рассмотрим на примере одного теплопреобразовательного узла.

При вращении ферромагнитного диска 1 ролики магнитных узлов 4 катятся по кольцевой дорожке ферромагнитного диска 1. Когда ролики 4 накатываются на ферромагнитные лопасти диска 1, под действием постоянного магнита 6 скачком увеличивается магнитный поток с одной лопасти на другую, а когда ролики 4 накатываются на немагнитные участки (вставки) магнитный поток прерывается. Когда на лопасть ферромагнитного диска 1 накатывается ролик 4 от соседнего магнитного узла, опять скачком увеличивается магнитный поток с лопасти на лопасть, но в противоположном направлении.

В результате при вращении ферромагнитного диска 1 в лопастях возникают переменные импульсные магнитные потоки.

В материале лопастей возникают вихревые токи, разогревающие лопасти ферромагнитного диска 1 и через них весь диск. Кроме того, в короткозамкнутых витках с повышенным удельным сопротивлением также возникают токи, разогревающие эти витки, что в итоге приводит к дополнительному разогреву ферромагнитного диска 1.

Пакет из таких теплопреобразовательных узлов монтируется на общий вал и помещается в корпус с подводящим и отводящим воздуховодами.

В результате получается конструкция прямого преобразователя механической энергии в тепловую с воздушным теплообменом.

Учитывая, что в данной конструкции воздушные зазоры в магнитных цепях полностью исключены, то магнитные потоки, которые замыкаются через лопасти ферромагнитного диска 1 увеличатся примерно в 6 раз, а значит и эффективность прямого преобразования механической энергии в тепловую с постоянными магнитами значительно увеличится.

Выводы:

1. При построении прямых преобразователей механической энергии в тепловую с низкой скоростью вращения вала приводного двигателя (ветродвигателя например) удобнее использовать преобразователи индукционного типа с постоянными магнитами. Это целесообразно потому, что за счет увеличения количества лопастей ферромагнитных дисков можно увеличить частоту пульсаций магнитного потока в магнитных цепях при низких оборотах.

2. Существенное увеличение эффективности (более 6 раз) преобразования механической энергии в тепловую в таких преобразователях может быть достигнуто за счет исключения воздушных зазоров в магнитных цепях устройства.

3. Предложена конструкция устройства для прямого преобразования механической энергии в тепловую с воздушным теплообменом, в которой исключены воздушные зазоры в магнитных цепях, что позволяет ожидать значительное увеличение эффективности работы устройства.

ИСТОЧНИКИ И ЛИТЕРАТУРА

1. Оппозитный ветротеплогенератор: пат. 2612237, Россия, МПК F03D 9/22, F24J 3/00 / Серов А.Ф., Мамонов В.Н., Терехов В.И., Назаров А.Д.; № 2015150585; заявл. 25.11.2015; опубл. 03.03.2017, Бюл. № 7.

2. В.Н. Мамонов, Н.Б. Миськив, А.Д. Назаров, А.Ф. Серов, В.И. Терехов. Генерация тепла в мультицилиндровой системе Куэтта-Тэйлора // Теплофизика и аэромеханика. 2019. Т. 26, №5. С. 729-739.

3. Фрикционный нагреватель: пат. 2244223 С1, Россия, МПК F 24 J 3/00. / Гой В.Л.; №2003115026/06; заявл. 22.05.2003; опубл.10.01.2005, Бюл. № 1.

4. Ветровой фрикционный теплогенератор: а.с. СССР № 1627790, МПК F 24, J 3/00. / Бирюлин И.Б., Ветрова А.А., Васильева Д.Д., Шабалин А.А.; опубл. 14.08.1991, Бюл. № 19.

5. Вихревой ветротеплогенератор: пат. 2656515, Россия, МПК F03D 3/00, F24J 3/00. / Седых Н. А.; №2017102162; заявл. 23.01.2017; опубл. 05.06.2018, Бюл. № 16.

6. Устройство для преобразования механической энергии в тепловую: пат. 2097946, Россия, МПК H05B 6/10. / Елшин А.И., Казанский В.М., Карманов Е.Д., Михеев В.И.; №95117680/06; заявл. 17.10.1995; опубл. 27.11.1997, Бюл. № 21.