

Научная статья
УДК 621.313.3

ОЦЕНКА ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ РАДИАЦИОННО СТОЙКОГО ГИСТЕРЕЗИСНОГО ДВИГАТЕЛЯ

**Сергей Александрович Рокин¹, Виталий Викторович Сметанин,
Артём Игоревич Ермоленко, Виктор Иванович Денисенко**

Уральский федеральный университет имени первого Президента
России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

¹ rokin.s666@yandex.ru

Аннотация. В статье представлен анализ температур узлов радиационно стойких гистерезисного и синхронного реактивного двигателей. Произведен сравнительный анализ потерь путем приведения габаритов синхронного реактивного двигателя к гистерезисному двигателю.

Ключевые слова: тепловая защита, гистерезисный двигатель, реактивный двигатель, тепловая схема, тепловые потери

Для цитирования: Оценка теплового состояния радиационно стойкого гистерезисного двигателя / С. А. Рокин, В. В. Сметанин А. И. Ермоленко, В. И. Денисенко // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика. Даниловские чтения — 2021 = Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021 : сборник научных трудов. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2023. С. 200–205.

Original article

EVALUATION OF THE HEAT STATE OF RADIATION-RESISTANT HYSTERESIS MOTOR

Sergey A. Rokin¹, Vitaly V. Smetanin, Artyom I. Ermolenko, Victor I. Denisenko

Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin,
Ekaterinburg, Russia

¹ rokin.s666@yandex.ru

Abstract. This paper presents an analysis of the temperatures of the nodes of radiation-resistant hysteresis and synchronous jet engines. A comparative analysis of losses was carried out by reducing the dimensions of a synchronous jet motor to a hysteresis motor.

Keywords: thermal protection, hysteresis motor, reluctance motor, thermal circuit, heat losses

For citation: Rokin S. A., Smetanin V. V., Ermolenko A. I., Denisenko V. I. (2023). Otsenka teplovogo sostoyaniya radiacionno-stoykogo gisterezisnogo dvigatelya [Evaluation of the Heat State of Radiation-Resistant Hysteresis Motor]. *Ehnergo- i resursosberezhenie. Ehnergoobespechenie. Netradicionnye i vozobnovlyaemye istochniki ehnergii. Atomnaya ehnergetika. Danilovskie chteniya — 2021* [Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021]. Ekaterinburg : Ural University Publishing House, 2023. P. 200–205. (In Russ).

Департамент электрических машин кафедры электротехники УрФУ занимается передовыми разработками в области электродвигателей с нестандартными способами формирования полей. С учетом текущей специализации и потребностей заказчиков из ГК «Росатом» в разработке находятся двигатели с применением нестандартных магнитных и проводниковых материалов.

Разрабатываемый гистерезисный двигатель [1, с. 19; 2, с. 4] радиационно стойкий (ГДР) решает вопросы, связанные с работой электрического двигателя в агрессивных средах и силовых полях.

Спроектированный гистерезисный двигатель для экстрактора технического оборудования модуля переработки опытно-демонстрационного энергетического комплекса решает проблему бесперебойной работы, уменьшения суммарной дозы, выдаваемой в окружающую среду, а также получаемых обслуживающим персоналом вспомогательных комплексов современных АЭС.

Для обеспечения длительной эксплуатации двигателей в газовой среде с содержанием агрессивных паров азотной кислоты корпус, коробки выводов, подшипниковые щиты, подшипниковые крышки, шпонка и все остальные крепежные детали выполняются из нержавеющей (коррозионно-стойкой) стали 12Х18Н13М2Т. На рисунке 1 представлен общий вид ГДР.

Методика теплового расчета составлена на основе решения системы уравнений в матричной форме.

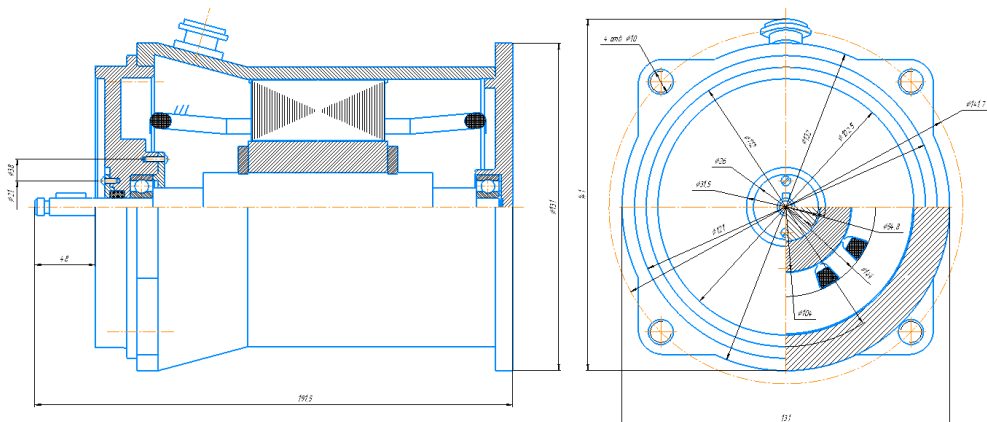


Рис. 1. Общий вид ГДР

Главной задачей данного этапа исследования стала оценка теплового состояния ГДР.

На рисунке 2 показана тепловая схема ГДР. Для решения задачи был использован метод эквивалентных тепловых схем (ЭТС). Для двигателя был произведен учет несимметричного охлаждения [3, с. 123].

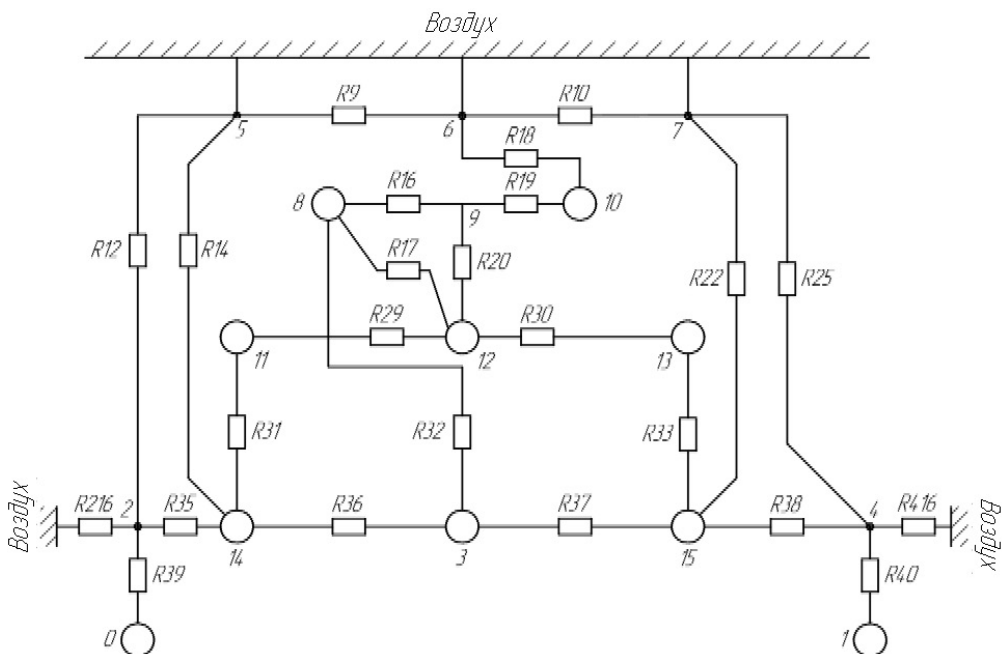


Рис. 2. Тепловая схема ГДР

В таблице приведены результаты теплового расчета гистерезисного (ГДР) и реактивного двигателя (СРД). Указаны температуры отдельных узлов.

Таблица

Результаты теплового расчета ГДР и СРД

Элемент конструкции	Среднее значение температуры, °С	
	ГДР — 0,09 кВт	СРД — 2,2 кВт
Ротор	137,1	159,5
Лобовые части	128,0	206,7
Спинка сердечника статора	134,3	141,9
Пазовая часть обмотки статора	129,1	206,6
Тело зубцов сердечника статора	134,4	150,9
Дно паза статора	134,3	146,4
Зубцовый наконечник	134,7	152,3
Корпус над сердечником статора	133,7	134,5
Щиты	41,8	48,9

Габариты и потери СРД были приведены к габаритам и потерям ГДР по принципу Даламбера.

Результаты расчетов показали, что потери СРД, приведенные эквивалентно к потерям ГДР, составляют 34 Вт. Суммарные потери ранее рассчитанного ГДР составляют 28 Вт. При равных условиях и габаритах тепловое состояние ГДР лучше, чем СРД [4, с. 36].

Для привода экстракторов возможно использование синхронного реактивного электродвигателя. Учитывая совокупность преимуществ и недостатков, приведенных далее, а также тот факт, что для экстракторов не требуется регулирования скорости, можно сформулировать следующие выводы относительно возможности применения рассматриваемых электродвигателей в качестве привода для экстракторов.

Преимущества:

1. Простая и надежная конструкция ротора — ротор имеет явнополюсную конструкцию, состоящую из тонколистовой электротехнической стали, в пазах ротора размещена пусковая короткозамкнутая обмотка.
2. Высокая надежность, длительный срок службы электродвигателя.
3. Низкая стоимость электромагнитного ядра двигателя.

Недостатки:

1. Относительно большие габариты и масса классического исполнения СРД по сравнению с АД.

2. Низкий коэффициент мощности: из-за того, что магнитный поток создается только за счет реактивного тока.

3. Наличие провала пускового момента при половине синхронной скорости из-за магнитной и электрической несимметричности ротора.

Синхронные реактивные двигатели с усовершенствованными роторами по своим энергетическим показателям, пусковым свойствам, габаритам и массе приближаются к асинхронным двигателям и двигателям с постоянными магнитами. В связи с этим они могут рассматриваться как один из возможных вариантов для привода экстракторов, но по своим пусковым свойствам уступают гистерезисным двигателям [4, с. 60].

Проведенное исследование продемонстрировало целесообразность в применении ГДР в качестве приводящего устройства. Учитывая показатели надежности двигателя в совокупности со снижением экономических затрат по обслуживанию и риски, связанные с перебоями производства, двигатель оказывается наилучшим выбором для дальнейших разработок в рамках работы кафедры с ГК «Росатом».

Список источников

1. Мастяев Н. З., Орлов И. Н. Гистерезисные электродвигатели. Ч. I. Вопросы теории и применения. М. : МЭИ, 1963. 221 с.

2. Мастяев Н. З., Орлов И. Н. Гистерезисные электродвигатели. Ч. II. Вопросы проектирования. М. : МЭИ, 1963. 187 с.

3. Сипайлов Г. А., Санников Д. И., Жадан В. А. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах. М. : Высшая школа, 1989. 239 с.

4. Рокин С. А. Разработка гистерезисного двигателя мощностью 90 Вт для экстрактора технического оборудования модуля переработки опытно-демонстрационного энергетического комплекса : выпускная квалификационная работа / Уральский федеральный университет. Екатеринбург, 2019. URL: https://vkr.urfu.ru/index.php/13_03_02/article/view/40930 (дата обращения: 01.12.2021).

References

1. Mastyaev N. Z., Orlov I. N. Hysteresis electric motors. Part I. Questions of theory and application. M. : MEI, 1963. 221 p.

2. Mastyaev N. Z., Orlov I. N. Hysteresis electric motors. Part II. Design issues. M. : MEI, 1963. 187 p.

3. Sipailov G. A., Sannikov D. I., Zhadan V. A. Thermal, hydraulic and aerodynamic calculations in electric machines. M. : Higher School, 1989. 239 p.

4. Rokin S. A. Development of a hysteresis motor with a power of 90 W for the extractor of technical equipment of the processing module of the experimental and demonstration energy complex : final qualification work / Ural Federal University. Ekaterinburg, 2019. URL: https://vkr.urfu.ru/index.php/13_03_02/article/view/40930 (date of access: 01.12.2021).

Информация об авторах

Сергей Александрович Рокин — студент Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), rokin.s666@yandex.ru

Виталий Викторович Сметанин — аспирант Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), betaji2011@gmail.com

Артём Игоревич Ермоленко — аспирант Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), tzibin97@mail.ru

Виктор Иванович Денисенко — доктор технических наук, профессор Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), v.i.denisenko@urfu.ru

Information about the authors

Sergey A. Rokin — Student of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), rokin.s666@yandex.ru

Vitaly V. Smetanin — Postgraduate Student of the Department of Electrical Machines of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), betaji2011@gmail.com

Artyom I. Ermolenko — Postgraduate Student of the Department of Electrical Machines of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), tzibin97@mail.ru

Victor I. Denisenko — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Electrical Machines of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), v.i.denisenko@urfu.ru