



УДК 621.383

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ ГЕНЕРАТОРА НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЯ ДОПУСТИМЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ НАГРУЗОК

DETERMINATION OF THE DESIGN POWER FOR A HYBRID ELECTRIC MACHINE OF THE GENERATOR BASED ON THE CRITERION OF PERMISSIBLE ELECTROMAGNETIC LOADS

Асташов Максим Александрович

аспирант 3 года обучения гр. 18-АО-ЭТ1,
Кубанский государственный технологический университет
i.am.jlaku@gmail.com

Черкасский Павел Андреевич

аспирант 5 года обучения гр. 14-АЗк-ЭТ061
cherkass@list.ru

Ивашкин Илья Ильич

аспирант 2 года обучения гр. 19-АЗ-ЭТ1,
Кубанский государственный технологический университет
warmuru@mail.ru

Умрихин Дмитрий Олегович

студент магистратуры 2 года обучения гр. 18-НМ-ЭЭ2,
Кубанский государственный технологический университет
ymdim26@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена предварительному выводу формулы расчетной мощности электромеханического преобразователя – гибридной электрической машины-генератора на основе критерия допустимых электромагнитных нагрузок.

Ключевые слова: гибридная электрическая машина-генератор, ветроэнергетика, солнечные панели, солнечная энергия, альтернативная энергетика.

Astashov Maxim Aleksandrovich

Graduate Student of the 3rd Year of Study,
Gr. 18-AO-ET1,
Kuban State Technological University
i.am.jlaku@gmail.com

Cherkassky Pavel Andreevich

Graduate Student of the 5rd Year of Study,
Gr. 14-AZk-ET061
cherkass@list.ru

Ivashkin Ilya Ilyich

Graduate Student of the 2rd Year of Study,
Gr. 19-AZ-ET1,
Kuban State Technological University
warmuru@mail.ru

Umrihin Dmitriy Olegovich

2nd Year Master's Student, Gr. 18-NM-EE2,
Kuban State Technological University
ymdim26@mail.ru

Annotation. This article is devoted to the preliminary derivation of the formula for the calculated power of an electromechanical converter – a hybrid electric machine-generator based on the criterion of permissible electromagnetic loads.

Keywords: hybridanya electric machine-generator, wind energy, solar panels, solar energy, alternative energy.

В данный момент, в альтернативной энергетике, находят применение новые гибридные электромеханические ветро-солнечные преобразователи, в основе которых лежит принцип прямого преобразования энергии [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Данные установки обладают рядом преимуществ, [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14] по сравнению со стандартными преобразователями энергии, вследствие чего их исследование представляет, как научный, так и экономический интерес. Одной из таких установок является гибридная электрическая машина-генератор (далее ГЭМГ). Как и любой электромеханический преобразователь, для ГЭМГ необходимо разработать методику ее проектирования. Для разработки методики необходимо подобрать соответствующие критерии оптимизации. Большинство расчетных методик электромеханических преобразователей основываются на нахождении «машинной постоянной» Арнольда [15], которая определяется из критерия допустимых электромагнитных нагрузок:

$$C_A = \frac{D^2 l_\delta \Omega}{P'} = \frac{2}{\pi a_\delta k_B k_{o6} A B_\delta}, \quad (1)$$

где D – диаметр якоря машины постоянного тока или внутренний диаметр статора, м; l_δ – расчетная длина магнитопровода, м; Ω – угловая скорость, рад/с; P' – расчетная мощность, ВА; A – линейная нагрузка, А/м; B_δ – индукция в воздушном зазоре, Тл; a_δ – коэффициент полюсного перекрытия; k_B – коэффициент формы кривой индукции, учитывающий изменение напряжения на выводах машины при холостом ходе и нагрузке; k_{o6} – обмоточный коэффициент.

Чтобы определить постоянную Арнольда для ГЭМГ из формулы 1 выразим расчетную мощность и получим:

$$P' = \frac{\pi a_\delta k_B k_{o6} A B_\delta D^2 l_\delta \Omega}{2}, \quad (2)$$



Так как ГЭМГ представляет из себя две части – это обращенный двигатель постоянного тока и генератор на постоянных магнитах, то общая расчетная мощность будет представлять собой сумму каждой из составляющих:

$$P' = \frac{\pi a_{1\delta} k_{1B} k_{106} A_1 B_{2\delta} D^2 I_{\delta} \Omega}{2} + \frac{\pi a_{2\delta} k_{2B} k_{206} A_2 B_{2\delta} D^2 I_{\delta} \Omega}{2}, \quad (3)$$

где A_1, A_2 – линейная нагрузка соответственно двигателя постоянного тока и генератора на постоянных магнитах, А/м; $B_{1\delta}, B_{2\delta}$ – индукция в воздушном зазоре между постоянными магнитами и обмоткой статора генератора и между постоянными магнитами и якорем машины постоянного тока, Тл; $a_{1\delta}, a_{2\delta}$ – коэффициент полюсного перекрытия соответственно для генератора и для двигателя постоянного тока; k_{1B}, k_{2B} – коэффициент формы кривой индукции соответственно для генератора и двигателя постоянного тока, учитывающий изменение напряжения на выводах машины при холостом ходе и нагрузке; k_{106}, k_{206} – обмоточный коэффициент соответственно для генератора и двигателя постоянного тока.

После преобразования формулы 3 окончательно получим:

$$P' = \frac{\pi D^2 I_{\delta} \Omega (a_{2\delta} k_{2B} k_{206} A_2 B_{2\delta} + a_{1\delta} k_{1B} k_{106} A_1 B_{2\delta})}{2}. \quad (4)$$

Выведенная выше формула позволит определить постоянную Арнольда и рассчитать предварительную расчетную мощность для ГЭМГ.

Литература:

1. Патент 2633377 (РФ). Гибридная электрическая машина-генератор / Попов С.А., Попов М.С., Михед А.И. – БИ, 2016. – № 29.
2. Патент 2629017 (РФ) Гибридная аксиальная электрическая машина-генератор / Попов С.А., Попов М.С. – БИ, 2016. – № 24.
3. Попов С.А., Асташов М.А. Разработка математической модели гибридной электрической машины-генератора // Инженерные технологии в сельском и лесном хозяйстве. Материалы Всероссийской национальной научно-практической конференции, 2020. – С. 74–78.
4. Асташов М.А., Попова С.В., Черкасский П.А. Гибридная электрическая машина-генератор для локальных ветро-солнечных электростанций // Инженерные технологии в сельском и лесном хозяйстве. Материалы Всероссийской национальной научно-практической конференции, 2020. – С. 9–12.
5. Применение ветрогенераторов с вертикальной и горизонтальной осью в нефтегазовой отрасли / С.А. Попов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – С. 318–320.
6. Анализ конструкций ветрогенераторов и перспективы их применения на предприятиях нефтегазовой отрасли / С.А. Попов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – С. 321–323.
7. Альтернативная энергетика на службе у нефтяников / С.А. Попов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – С. 324–326.
8. Разработка конструктивно-интегрированного электропривода домкрата для грузовых операций на предприятиях нефтегазового комплекса / С.А. Попов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – С. 327–330.
9. Черкасский П.А., Попова С.В., Асташов М.А. Повышение эффективности работы распределительной сети путём применения альтернативных подходов // Современные электротехнические и информационные комплексы и системы. Материалы I Международной научно-практической конференции, 2019. – С. 115–118.
10. Обоснование применения гибридных ветро-солнечных энергоустановок на основе электромеханических преобразователей / С.А. Попов [и др.] // Современные электротехнические и информационные комплексы и системы. Материалы I Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и преподавателей, посвященной 60-летию со дня образования Армавирского механико-технологического института, 2019. – С. 76–79.
11. Актуальность использования гибридных микро ветро-солнечных электростанций на территории Краснодарского края / С.А. Попов [и др.] // Современные электротехнические и информационные комплексы и системы. Материалы II Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и преподавателей, 2020. – С. 18–21.
12. Ветро-солнечный генератор со сдвоенным ротором для экологически чистой энергетики / С.А. Попов [и др.] // Современные электротехнические и информационные комплексы и системы. Материалы II Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и преподавателей, 2020. – С. 72–75.
13. Определение функциональной зависимости выходной мощности гибридной электрической машины-генератора от её параметров / С.А. Попов [и др.] // Современные электротехнические и информационные комплексы и системы. Материалы II Международной научно-практической конференции, 2020. – С. 21–22.
14. Попов С.А., Асташов М.А., Ивашкин И.И. Гибридный ветро-солнечный генератор для возобновляемой энергетики // Технические и технологические системы: Материалы восьмой международной научной конференции «ТТС-20». – Краснодар : Издательский дом – Юг, 2021. – С. 104–110.
15. Проектирование электрических машин: учебник для вузов / И.П. Копылов [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2011. – 767 с.

References:

1. Patent 2633377 (RF). Hybrid electric machine-generator / Popov S.A., Popov M.S., Mikhed A.I. – BI, 2016. – № 29.
2. Patent 2629017 (RF) Hybrid axial electric machine-generator / Popov S.A., Popov M.S. – BI, 2016. – № 24.



3. Popov S.A., Astashov M.A. Development of mathematical model of hybrid electric machine-generator // Engineering technologies in agriculture and forestry. Proceedings of the All-Russian National Scientific and Practical Conference, 2020. – P. 74–78.
4. Astashov MA, Popova SV, Cherkassky PA Hybrid electric machine-generator for local wind-solar power plants // Engineering Technology in Agriculture and Forestry. Materials of All-Russian National Scientific and Practical Conference, 2020. – P. 9–12.
5. Application of wind turbines with vertical and horizontal axis in oil and gas industry / S.A. Popov [et al.] // Bulatov Readings. – 2020. – P. 318–320.
6. Analysis of wind generators' designs and prospects for their application at the oil and gas industry enterprises / S.A. Popov [et al.] // Bulatov readings. – 2020. – P. 321–323.
7. Alternative power engineering at the oilmen's service / S.A. Popov [et al.] // Bulatov's readings. – 2020. – P. 324–326.
8. Development of constructive-integrated electric drive of a jack for cargo operations at the enterprises of oil and gas complex / S.A. Popov [et al.] // Bulatov's readings. – 2020. – P. 327–330.
9. Cherkasskiy P.A., Popov S.V., Astashov M.A. Distribution network effectiveness increase by the alternative approaches // Modern electrotechnical and information complexes and systems. Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference, 2019. – P. 115–118.
10. Substantiation of application of hybrid wind-solar power installations on the basis of electromechanical converters / S.A. Popov [et al.] // Modern electrotechnical and information complexes and systems. Proceedings of the I International Scientific-Practical Conference of Students, Postgraduates and Teachers, dedicated to the 60th anniversary of the Armavir Mechanical and Technological Institute, 2019. – P. 76–79.
11. The relevance of using hybrid micro wind-solar power plants in the Krasnodar Territory / S.A. Popov [et al.] // Modern electrotechnical and information complexes and systems. Proc. of II International Scientific-Practical Conference of Students, Post-graduates and Teachers. – P. 18–21.
12. Wind-solar generator with twin rotor for ecologically clean power engineering (in Russian) / S.A. Popov [et al.] // Modern electrotechnical and information complexes and systems. Proc. of II Intern. scientific-practical conference of students, post-graduates and teachers, 2020. – P. 72–75.
13. Determination of functional dependence of output power of the hybrid electrical machine-generator from its parameters / S.A. Popov [et al.] // Modern electrotechnical and information complexes and systems. Proc. of II International scientific-practical conference, 2020. – P. 21–22.
14. Popov, S.A.; Astashov, M.A.; Ivashkin, I.I. Hybrid wind-solar generator for renewable energy // Technical and technological systems: Proceedings of the Eighth International Scientific Conference «TTS-20». – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – P. 104–110.
15. Design of the electrical machines: text-book for institutes / I.P. Kopylov [et al.] – 4-th edition, revised, revised and extended – M. : Yuright, 2011. – 767 p.