

УДК 621.313

Гайтов Багаудин Хамидович

доктор технических наук,
заслуженный деятель науки и техники РФ
профессор кафедры электротехники и
электрических машин Кубанского государственного
технологического университета
set@id-yug.com

Самородов Александр Валерьевич

кандидат технических наук,
доцент кафедры электротехники и
электрических машин Кубанского государственного
технологического университета

Копелевич Лев Ефимович

кандидат технических наук,
доцент кафедры электротехники и
электрических машин Кубанского государственного
технологического университета

Кашин Яков Михайлович

кандидат технических наук,
доцент кафедры электротехники и
электрических машин Кубанского государственного
технологического университета

Аннотация. В статье приводятся основные энергетические и конструктивные соотношения для двухмерных электрических машин (ДЭМ) описывающие процесс преобразования энергии в них.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, системы энергоснабжения, электромеханические преобразователи энергии.

Gaytov Bagaudin Khamidovich

Ph.D., Professor of Electrical Engineering
and Electrical Machines
Kuban State University of Technology
set@id-yug.com

Samorodov Alexander Valerievich

Ph.D., Associate Professor of Electrical
Engineering and Electrical Machines
Kuban State University of Technology

Kopelevich Lev Efimovich

Ph.D., Associate Professor of Electrical
Engineering and Electrical Machines
Kuban State University of Technology

Kashin Yakov Mikaylovich

Ph.D., Associate Professor of Electrical
Engineering and Electrical Machines
Kuban State University of Technology

Annotation. In paper the main energy relations and design for two-dimension electrical machine (DEM) conversions, circumscribing the process, of energy in them are reduced.

Keywords: renewable energy sources, power supply system, electromechanical converters of energy.

**ДВУХМЕРНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МАШИНА-ГЕНЕРАТОР
ДЛЯ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**



**THE TWO-DIMENSIONAL ELECTRIC CAR GENERATOR
FOR AUTONOMOUS SYSTEMS OF POWER SUPPLY**

Возрастающий темп потребления электрической энергии в мире при ограниченных запасах органического топлива, известные экологические последствия традиционной энергетики, остро ставят вопрос изучения и развития нетрадиционной энергетики на основе широкого использования возобновляемых источников энергии.

Естественно, что приемы, способы и оборудование, используемые в настоящее время в традиционной энергетике, не могут быть автоматически перенесены в область нетрадиционной энергетики, ибо они не могут учесть всю гамму, часто противоречивых, требований, предъявляемых к ним. А потому их следует признать малоэффективными, бесперспективными, а порой – совершенно непригодными. Последнее приводит к необходимости разработки специальных, а точнее – нетрадиционных электромеханических преобразователей, как источников, так и промежуточных преобразователей,

а иногда – и потребителей электрической энергии Солнца и ветра (как самых значимых по мощности, и вместе с тем, – самых доступных и вечных).

Одним из вариантов подобного электромеханического преобразователя энергии является двухмерная электрическая машина – генератор ДЭМ-Г, разработанная доктором технических наук, профессором Гайтовым Б.Х с учениками [1], имеющая электрический вход от ФЭП, механический вход от ветротурбины и один общий (суммирующий) электрический выход со стабильными (стандартными) значениями частоты и величины выходного напряжения.

Исходя из вышесказанного, ДЭМ-Г имеет два выхода: механический – от ветротурбины и электрический – от батареи солнечных элементов. При этом механический вход обеспечивается ветротурбиной соответствующей мощности и частоты вращения, а электрический вход – батареей солнечных элементов соответствующей мощности и уровня напряжения. Естественно, что мощность ДЭМ-Г при этом на входе и выходе составит, соответственно:

$$P_{BX} = P_{MX} + P_{\text{Э}}, \quad (1)$$

$$P_{\text{ВЫХ}} = P_{BX} \cdot \eta_{\Gamma}. \quad (2)$$

где $P_{MX} = \omega_{\Gamma} \cdot M_{\Gamma}$ – механическая мощность на входе ДЭМ-Г, поступающая от ветротурбины; при этом ω_{Γ} – частота вращения турбины – якоря ДЭМ-Г, M_{Γ} – величина вращающего момента ДЭМ-Г (турбины и якоря ДЭМ-Г); $P_{\text{Э}} = U_{\text{Э}} \cdot I_{\text{Э}}$ – электрическая мощность на входе ДЭМ-Г, поступающая от батареи солнечных элементов; $U_{\text{Э}}$ и $I_{\text{Э}}$ – соответственно, напряжение и ток батареи солнечных элементов ДЭМ-Г.

Тогда суммарная входная (первичная) мощность ДЭМ-Г составляет:

$$P_{BX} = P_{MX} + P_{\text{Э}} = \omega_{\Gamma} \cdot M_{\Gamma} + U_{\text{Э}} \cdot I_{\text{Э}}. \quad (3)$$

Под воздействием этой суммарной первичной мощности (механической и электрической по своей природе) наружный ротор ДЭМ-Г приходит во вращение, а в её обмотке при этом наводится ЭДС взаимной индукции. Это вращение ротора с одновременным вращением его магнитного поля с такой же частотой вращения наводит ЭДС в рабочей трехфазной якорной обмотке ДЭМ-Г. Естественно, что частота выходного напряжения ДЭМ-Г при этом зависит от состояния частот вращения ветротурбины и наружного (в данном случае) ротора.

Таким образом, для обеспечения стандартной выходной частоты

$$f_{\text{ВЫХ}} = \frac{\Delta n \cdot p}{60}. \quad (4)$$

где $\Delta n = n_a - n_p$; в свою очередь n_a – частота вращения якоря, определенная частотой вращения ветротурбины, n_p – частота вращения (обычно – наружного) ротора.

Таким образом, выработка суммарной электрической энергии при наличии солнца и ветра одновременно является естественным, нормальным режимом работы ДЭМ-Г в дневное время. В ночное время или при затенении Солнца тучами в дневное время эффективность работы ДЭМ-Г, естественно, несколько снижается, однако процесс преобразования энергии продолжается, используя при этом энергию ветра. Если при этом отсутствует и ветер, то тогда используется энергия постоянного тока, запасенная в аккумуляторной батарее. Таким образом, ДЭМ-Г может вырабатывать электрическую энергию непрерывно, частично потребляя при этом энергию постоянного тока от накопителя энергии.

В конструктивном отношении ДЭМ-Г представляет собой комбинацию узлов общеизвестных электрических машин – и постоянного, и переменного тока, а потому она воплотила в себя достоинства тех и других.

На рисунке 1 представлен общий вид в разрезе ДЭМ-Г, выполненной на базе стандартных узлов серийных электрических машин – асинхронного двигателя и гене-

ратора постоянного тока. Отличительной особенностью якоря ДЭМ-Г является то, что в нём уложены две независимые обмотки: одна постоянного тока, на которую посредством щёточно-коллекторного узла подается напряжение возбуждения, а другая – трехфазная (или многофазная) генераторная обмотка переменного тока (рабочая, силовая обмотка) с которой снимается переменное напряжение с соответствующим количеством фаз (в данном случае три).

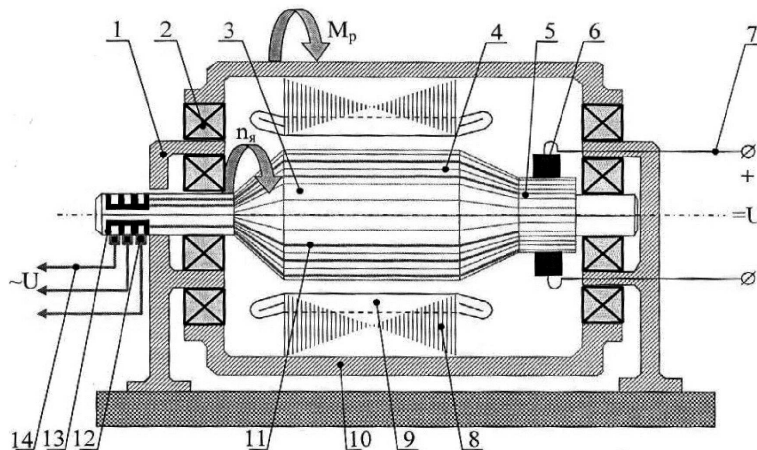


Рис. 1. Двухмерная электрическая машина-генератор

Якорь ДЭМ-Г размещается на двух концентрически расположенных подшипниковых опорах 2, обеспечивающих одновременное вращение якоря и ротора в одном направлении, но с принципиально разными скоростями вращения. При этом $\omega_{я} \gg \omega_{р}$, где $\omega_{я}$ – угловая скорость вращения якоря, а $\omega_{р}$ – угловая скорость вращения ротора.

Исполнение ДЭМ-Г может быть обычное – радиальное или аксиальное.

ДЭМ-Г размещается на двух опорах 1 в подшипниках 2, содержит якорь 3 машины постоянного тока общепринятой конструкции с обмоткой 4, уложенной в пазах этого якоря, коллектор 5 с щётками 6, к которым подключены провода 7, питающие цепь возбуждения машины постоянным током. В этих же пазах якоря также уложена рабочая трехфазная генераторная обмотка переменного тока 11, соединенная с тремя контактными кольцами 13. Щетки 12 посредством проводов 14 связывают трехфазную обмотку 11 с сетью переменного тока с целью передачи выработанной электроэнергии потребителям. Для обеспечения электромагнитной связи якоря 3 и наружного (в данном случае) ротора 8, в последнем уложена короткозамкнутая обмотка 9 по типу роторных обмоток короткозамкнутых асинхронных двигателей.

Работа ДЭМ-Г основана на электромагнитном взаимодействии магнитного поля якоря $\Phi_{я}$ (рис. 2) и индуктированного им в обмотке ротора переменного тока при вращении последнего (согласно третьему закону электромагнетизма).

При этом, если ротор 4 привести во вращение (например, от ветроагрегата), то в короткозамкнутой обмотке 6 индуцируется ЭДС самоиндукции за счет электромагнитного взаимодействия с потоком $\Phi_{я}$. Эта ЭДС, в свою очередь, создает ток в обмотке ротора и свое вращающееся магнитное поле $\Phi_{р}$. Взаимодействие этих двух полей создает в итоге результирующее магнитное поле $\Phi_{\delta} = \Phi_{я} + \Phi_{р}$, и результирующий электромагнитный момент $M_{эя}$. Якорь 1 приходит во вращение в том же направлении, что и ротор, но с угловой скоростью $n_{я}$ существенно большей, чем угловая скорость $n_{р}$ вращения ротора 4. При этом в трехфазной генераторной обмотке якоря 11 индуцируется переменный электрический ток, который через контактные кольца 13, щетки 12 и провода 14 подается к потребителю.

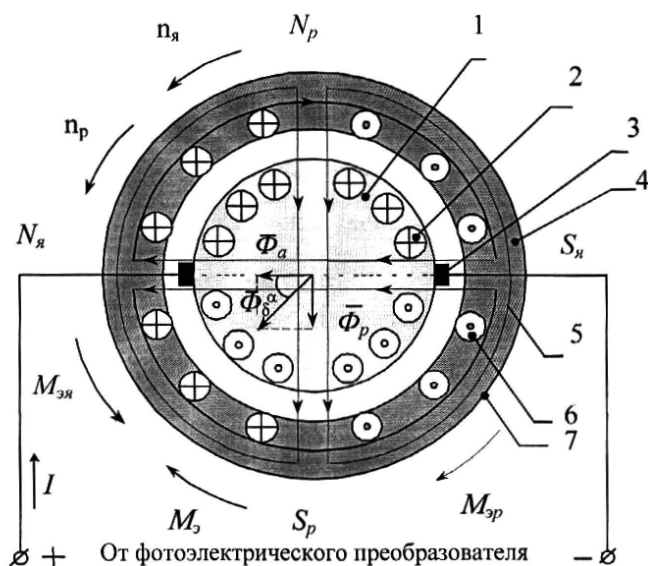


Рис. 2. Двухмерная электрическая машина-генератор

Следует отметить, что аксиальная конструкция магнитопровода ДЭМ-Г имеет ряд существенных преимуществ перед широко распространенной в электромеханике вообще, описанной выше радиальной конструкцией. Это, прежде всего, отсутствие необходимости в штамповке отдельных листов магнитопроводов статора и ротора, что приводит к существенному (до 2 раз) сокращению расхода электротехнической стали и, вместе с тем – к существенному повышению производительности труда при его изготовлении. Учитывая специфику работы ДЭМ-Г и требования, предъявленные к ней, аксиальная конструкция ДЭМ-Г является наиболее подходящей, как обеспечивающая выполнение этих требований за счет своих конструктивных особенностей, выражающихся в больших инерционных вращающихся массах

Литература

1. Гайтов Б.Х. Нетрадиционные электромеханические преобразователи энергии в системе автономного электроснабжения / Б.Х. Гайтов, Т.Б. Гайтова, Я.М. Кашин, Л.Е. Копелевич, А.В. Самородов // Изв. вузов. Электромеханика. – 2008. – № 1. – С. 21–28.
2. Гайтов Б.Х. Устойчивость специальных электрических машин для систем автономного питания в пищевой промышленности / Б.Х. Гайтов, А.В. Самородов, Н.Р. Голубев // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2006. – № 6. – С. 101–102.
3. Гайтов Б.Х. Моделирование и расчет температурного поля специальных электрических машин для систем автономного электроснабжения / Б.Х. Гайтов, Л.Е. Копелевич, А.В. Самородов, В.А. Иванюк // Изв. вузов. Электромеханика. – 2006. – № 5. – С. 24–27.

References

1. Gaytov B.H. Nonconventional electromechanical converters of energy in system of autonomous power supply / B.H. Gaytov, T.B. Gaytova, Ya.M. Kashin, L.E. Kopelevich, A.V. Samorodov // Izv. higher education institutions. Electromechanics. – 2008. – No. 1. – P. 21–28.
2. Gaytov B.H. Stability of special electric cars for systems of an autonomous food in the food industry / B.H. Gaytov, A.V. Samorodov, N.R. Golubev // News of higher educational institutions. Food technology. – 2006. – No. 6. – P. 101–102.
3. Gaytov B.H. Modeling and calculation of a temperature field of special electric cars for systems of autonomous power supply / B.H. Gaytov, L.E. Kopelevich, A.V. Samorodov, V.A. Ivanyuk // Izv. higher education institutions. Electromechanics. – 2006. – № 5. – P. 24–27.