УДК 621.311

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЕТРО-СОЛНЕЧНОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ В СРЕДЕ MATLAB

–––––––

MATEMATICAL MODEL OF WIND AND SOLAR GENERATORS FOR THE OIL AND GAS INDUSTRY IN THE MATLAB ENVIRONMENT

Гайтов Багаудин Хамидович
доктор технических наук, профессор кафедры электротехники и электрических машин,
Кубанский государственный технологический университет
Kkllev1@mail.ru

Кашин Александр Яковлевич
помощник командира корабля (на самолетах АН-26) войсковой части 15650-11,
г. Знаменск, Астраханской области
jlms_1@mail.ru

Схашок Альберт Олегович
студент,
Кубанский государственный технологический университет
albert-skhashok@rambler.ru

Gaytov Bagaudin Khamidovich
Doctor of technical sciences, Professor of electrical engineering and electrical machines,
Kuban state technological university
Kkllev1@mail.ru

Kashin Alexandr Yakovlevich
Assistant commander of the ship (on the aircraft AN-26 HF / 15650-11),
Astrakhan region, Znamyansk
jlms_1@mail.ru

Skhashok Albert Olegovich
Student,
Kuban state technological university
albert-skhashok@rambler.ru

Аннотация. В статье рассмотрен ветро-солнечный генератор на базе специальных электрических машин для электроснабжения объектов нефтегазовой отрасли, была составлена его математическая модель в среде MATLAB.

Ключевые слова: ветро-солнечного генератор, математическая модель, объект нефтегазовой отрасли.

Annotation. The article deals with wind and solar generator on the basis of special electric machines for the power supply of the oil and gas industry, it has been drawn up its mathematical model in MATLAB.

Keywords: wind and solar generators, mathematical model, oil and gas industry.

Вновь разрабатываемые нефтяные и газовые месторождения находятся на достаточном удалении от централизованного энергопитания. Представляется целесообразным для таких объектов использовать (как один из видов энергии) альтернативную энергию. В качестве альтернативного источника энергии предлагаем использовать ветро-солнечный генератор.

Ветро-солнечный генератор (ВСГ) – представляет собой сложное электромеханическое устройство. ВСГ совмещает в одном корпусе: два девятифазных синхронных генератора переменного тока, два девятифазных выпрямителя и трехфазный синхронный генератор переменного тока (девятифазные синхронные генераторы нужны для снижения коэффициента пульсации). Особенностью данной машины это возможность эффективного использования, например, в качестве преобразователя механической энергии вращения (энергии ветра), подаваемой на механический вход машины, и электрической энергии постоянного тока (световой энергии Солнца, преобразованной фотоэлектрическими преобразователями в электроэнергию постоянного тока).

На кафедре электротехники и электрических машин КубГТУ на протяжении ряда лет ведутся работы по разработке и исследованию ВСГ [1–6].

В данной работе рассматриваются вопросы моделирования ВСГ, созданного с учетом ранее разработанных конструкций. Устройство и электрическая схема, исследуемого ВСГ, разработанного на основе [2], приведены на рисунке 1 и 2, соответственно.

ВСГ содержит (рис. 1): корпус 1, постоянный многополюсный магнит 2 индуктора подвозбудителя, магнитопровод 3 с обмоткой 4 якоря подвозбудителя, однофазной обмоткой 5 возбуждения возбудителя и дополнительной обмоткой 6 возбуждения возбудителя; внутренний аксиальный магнитопровод 7 с многофазной обмоткой 8 якоря возбудителя и однофазной обмоткой 9 возбужденияосновного генератора, аксиальный магнитопровод 10 с многофазной обмоткой 11 якоря основного генератора, вал 12, закрепленный в подшипниковых узлах 13 и 14 и жестко связанный с постоянным многополюсным магнитом 2 индуктора подвозбудителя посредством диска 15 и с внутренним аксиальным магнитопроводом 7 посредством диска 16, девятифазных выпрямителей 17 и 18.

Представленный ВСГ генератор работает следующим образом [2]. При вращении постоянного многополюсного магнита 2 индуктора подвозбудителя и внутреннего аксиального магнитопровода 7 с многофазной обмоткой 8 якоря возбудителя и однофазной обмоткой 9 возбуждения основного гене-

ратора магнитный поток многополюсного постоянного магнита 2 индуктора подвозбудителя взаимодействует с многофазной обмоткой 4 якоря подвозбудителя, уложенной в пазы бокового аксиального магнитопровода 3, жестко установленного в корпусе генератора, и наводит в ней многофазную систему ЭДС, которая выпрямляется многофазным двухполупериодным выпрямителем 17 и подается на однофазную обмотку 5 возбуждения возбудителя, уложенную в пазы бокового аксиального магнитопровода 3. При этом в однофазной обмотке 5 возбуждения возбудителя создается магнитный поток.

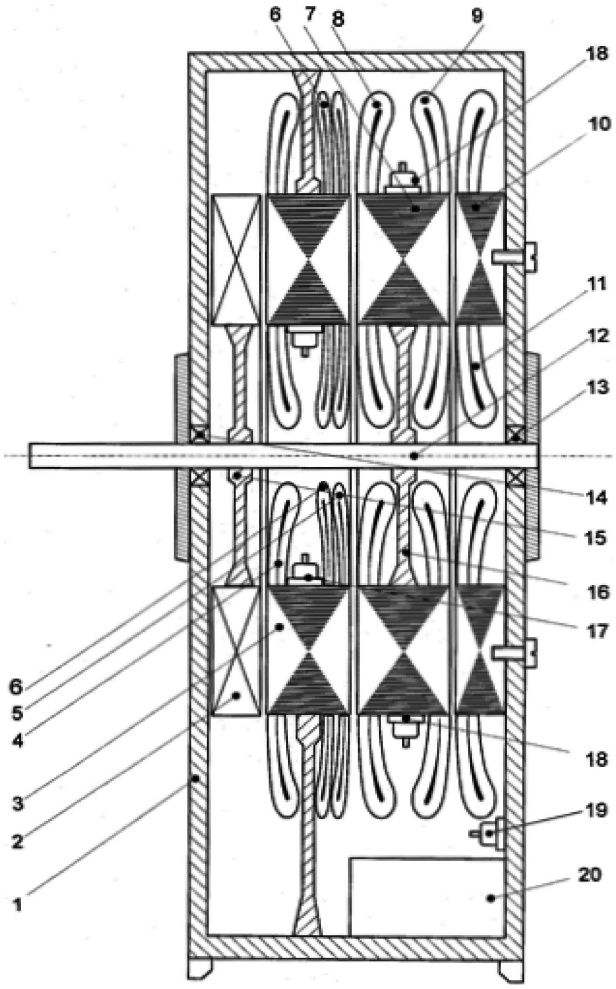

Рисунок 1 – Ветро-солнечный генератор в разрезе

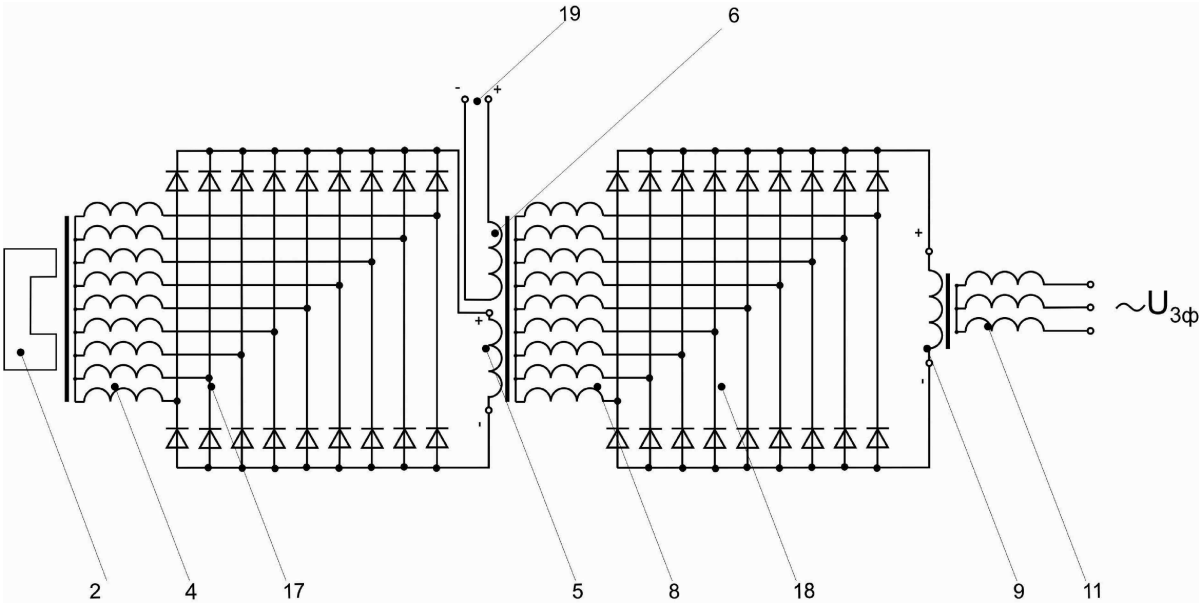

Рисунок 2 – Электрическая схема ВСГ

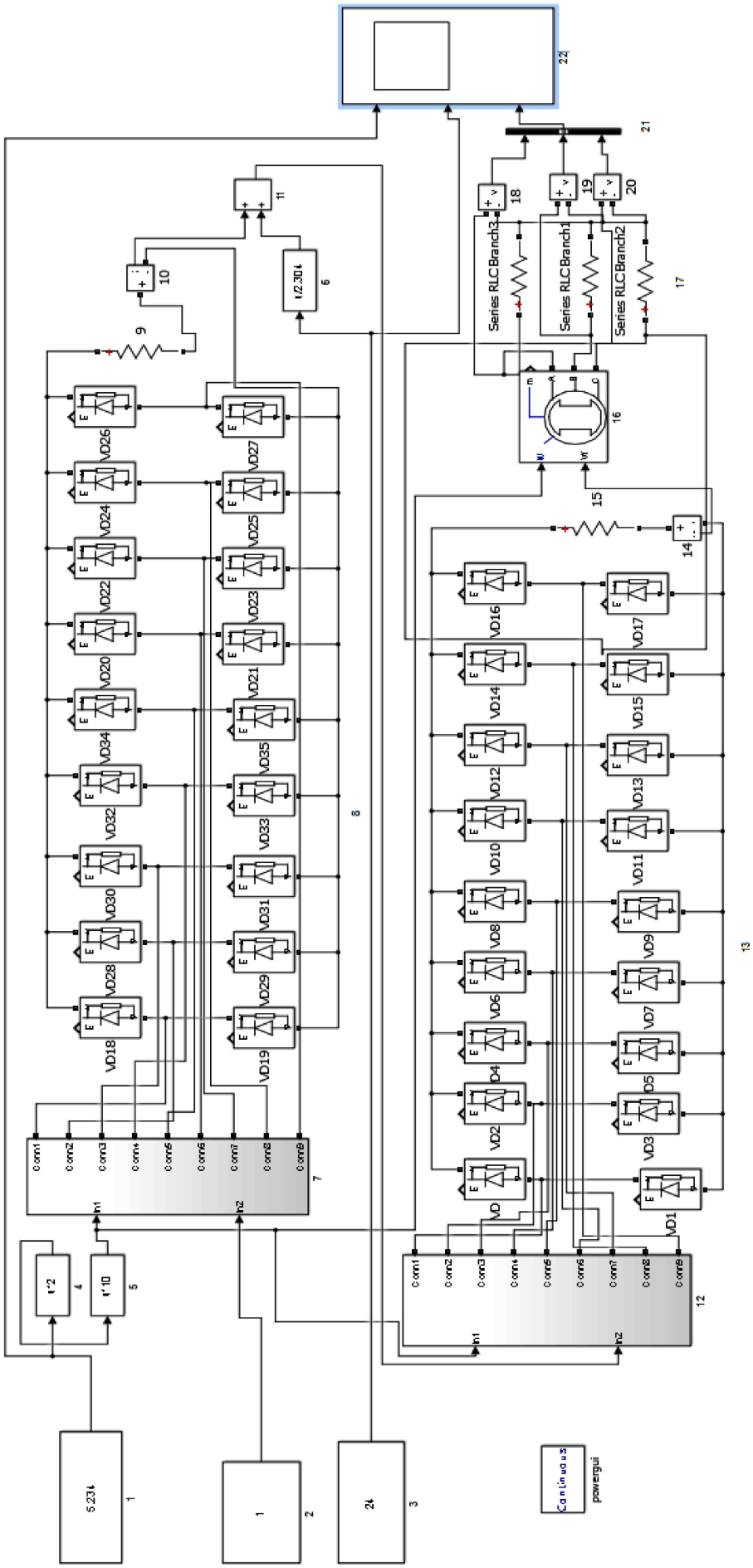

Рисунок 3 – Блок-схема модели ВСГ

При подаче постоянного тока (например, от фотоэлектрических преобразователей) через контакты 19 подополнительной обмотке 6 возбуждения возбудителя протекает ток, при этом создается магнитный поток, направленный согласно с магнитным потоком, создаваемым однофазной обмоткой 5 возбуждения возбудителя. По принципу суперпозиции магнитных полей магнитные потоки, создаваемые обмоткой 5 и дополнительной обмоткой 6 возбуждения возбудителя, суммируются. Суммарный магнитный поток взаимодействует с многофазной обмоткой 8 якоря возбудителя, уложенной в пазы внутреннего аксиального магнитопровода 7, и наводит в ней многофазную систему ЭДС, которая выпрямляется многофазным двухполупериодным выпрямителем 18 и подается на однофазную обмотку возбуждения 9 основного генератора, уложенную в пазы внутреннего аксиального магнитопровода 7. Магнитный поток однофазной обмотки возбуждения 9 основного генератора взаимодействует с многофазной обмоткой 11 якоря основного генератора, уложенной в пазы бокового аксиального магнитопровода 10, и наводит в ней многофазную систему ЭДС, которая подается в сеть.

В результате описанных процессов происходит суммирование механической энергии вращения и электрической энергии постоянного тока на входе, преобразование и выдача на выходе суммарной электрической энергии переменного тока.

На рисунке 3 представлена блок-схема математической модели ВСГ, а в таблице 1 назначение ее элементов. На блоке 1 задается скорость воздушного потока, которая подается через блоки 4 и 5 на механический вход девятифазного синхронного генератора (блок 7). На электрический вход блока 7 подается сигнал из блока 2. Выходной сигнал из блока 7 поступает на блок 8, на котором девятифазный переменный ток преобразовывается в постоянный пульсирующий. Этот выпрямленный ток поступает на блок 11. Также на этот блок подается ток солнечной батареи из блока 6, на который поступает напряжения солнечной батареи из блока 3. На блоке 11 токи из блока 8 и 6 суммируются и подаются на электрический вход девятифазного синхронного генератора (блок 12). На механический вход поступает сигнал из блока 5. Выходной ток из блока 12 подается на блок 13, на котором девятифазный переменный ток преобразовывается в постоянный пульсирующий. Этот ток поступает на электрический вход трехфазной синхронной машины (блока 16). На механический вход подается сигнал из блока 5. Выходное напряжение подается на блок 17. Оно измеряется блоками 18, 19, 20 и подается на осциллограф через шину [7].

Таблица 1 – Назначение блоков блок-схемы

№ блока	Название блока	Назначение блока
1	Constant	Предназначен для задания скорости воздушного потока
2	Constant	Предназначен для задания тока возбуждения
3	Constant	Предназначен для задания напряжения солнечной батареи
4	Fcn	Предназначен для моделирования ветротурбины
5	Fcn	Предназначен для моделированиямультипликатора
6	Fcn	Предназначен для моделирования солнечной батареи
7, 12	Девятифазный синхронный генератор	Девятифазный генератор
8, 13	Модель девятифазного выпрямителя	Предназначен для преобразования переменного девятифазного тока в постоянный пульсирующий
11	Add	Предназначен для суммирования подающих сигналов
10, 14	Current Measurement	Предназначен для измерения тока
16	Synchronous Machine SI Fundamental	Трехфазный синхронный генератор предназначен для электроснабжения объектов
17	Блок нагрузки	Нагрузка генератора
9, 15	Активное сопротивление	Активное сопротивление выпрямителей
18, 19, 20	Voltage Measurement	Предназначен для измерения напряжения
21	Bus creator	Шина
22	Scope	Осциллограф

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Краснодарского края в рамках научного проекта № 16-48-230200 «р_а».

Литература:

1. Пат. RUS 2561504 Аксиальный двухвходовый бесконтактный ветро-солнечный генератор / Б.Х. Гайтов, Я.М. Кашин, А.Я. Кашин, Л.Е. Копелевич, А.В. Самородов. – Опубл. 03.08.2015.

2. Пат. RUS 2450411 Аксиальная двухвходовая бесконтактная электрическая машина-генератор / Б.Х. Гайтов, Я.М. Кашин, Т.Б. Гайтова, А.Я. Кашин, Д.В. Пауков, А.В. Голощапов. – Опубл. 12.01.2011.

3. Гайтов Б.Х. Разработка математической модели электромагнитных и электромеханических переходных процессов в аксиальных многофазных генераторных установках / Б.Х. Гайтов, Я.М. Кашин, Л.Е. Копелевич, А.Я. Кашин, А.А. Голованов, М.Л. Копелевич // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар : КубГАУ, 2012. – № 02 (76). – URL : http://ej.kubagro.ru/2012/02/pdf/84.pdf, 0,625 у.п.л.

4. Ветро-солнечные генераторы для электроснабжения объектов нефтегазовой отрасли / Е.А. Зеленская, Б.Х. Гайтов, Л.Е. Копелевич, А.В. Самородов, Я.М. Кашин, Н.В. Ладенко // Газовая промышленность. – 2014. – № 6 (707). – С. 114–117.

5. Система автономного электроснабжения на базе аксиальных электромагнитных устройств / Т.Б. Гайтова, Я.М. Кашин, Л.Е. Копелевич, Ю.П. Ясьян, А.Я. Кашин // Труды Кубанского Государственного аграрного университета. – 2011. – № 33. – С. 205–209.

6. Математическое моделирование перспективных генераторных установок для систем автономного электроснабжения / Т.Б. Гайтова, Я.М. Кашин, Л.Е. Копелевич, А.Я. Кашин, А.С. Князев // Изв. вузов. Электромеханика. – 2013. – № 3. – С.16–23.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RUS 2016618268 Программа расчета математической модели ветро-солнечного генератора / Л.Е. Копелевич, Я.М. Кашин, А.Я. Кашин, А.О. Схашок, В.С. Суворов. – Опубл. 26.07.2016.

References:

1. Patent RUS 2561504 Axial dvukhvkhodovy noncontact vetro-solar generator / B.H. Gaytov, Ya.M. Kashin, A.Ya. Kashin, L.E. Kopelevich, A.V. Samorodov. – Publ. 03.08.2015.

2. Patent RUS 2450411 Axial two-input noncontact electrical machine generator / B.H. Gaytov, Ya.M. Kashin, T.B. Gaytova, A.Ya. Kashin, D.V. Paukov, A.V. Goloshchapov. – Publ. 12.01.2011.

3. Gaytov B.H. Development of a mathematical model of electromagnetic and electromechanical transient phenomena in axial multiphase generating installations / B.H. Gaytov, Ya.M. Kashin, L.E. Kopelevich, A.Ya. Kashin, A.Ya. Golovanov, M.L. Kopelevich // Polysubject network online scientific magazine of the Kuban state agricultural university (Scientific log of KubGAU). – Krasnodar : KubGAU, 2012. – No. 02 (76). – URL : http://ej.kubagro.ru/2012/02/pdf/84.pdf

4. Vetro-solnechnye generators for electrical power supply of objects of oil and gas branch / E.A. Zelenskaya, B.H. Gaytov, L.E. Kopelevich, A.V. Samorodov, Ya.M. Kashin, N.V. Ladenko // Gas industry. – 2014. – No. 6 (707). – P. 114–117.

5. System of independent electrical power supply on the basis of axial electromagnetic devices / T.B. Guytova, Ya.M. Kashin, L.E. Kopelevich, Yu.P. Yasyan, A.Ya. Kashin // Works of the Kuban State agrarian university. – 2011. – No. 33. – P. 205–209.

6. Mathematical simulation of perspective generating installations for systems of independent electrical power supply / T.B. Gaytova, Ya.M. Kashin, L.E. Kopelevich, A.Ya. Kashin, A.S. Knyazev // Izv. higher education institutions. Electromecanics. – 2013. – No. 3. – P. 16–23.

7. The certificate on the state registration of the computer program of RUS 2016618268 Program of calculation of a mathematical model of the vetro-solar generator / L.E. Kopelevich, Ya.M. Kashin, A.Ya. Kashin, A.O. Skhashok, V.S. Suvorov. – Publ. 26.07.2016.