

«НАУКА | RASTUDENT.RU»

Электронный научно-практический журнал

График выхода: ежемесячно

Языки: русский, английский

ISSN: 2311-8814

Издатель: компания INFLASH

Учредитель: ИП Соколова А.С.

Место издания: г. Уфа, Российская Федерация

Прием статей по e-mail: rastudent@yandex.ru

Место издания: г. Уфа, Российская Федерация

Иванов Д. В. Математическая модель синхронного генератора
с независимыми фазами // Наука-RASTUDENT.RU. – 2014. – No. 4(04-2014) /
[Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: [http://nauka-
rastudent.ru/4/1350/](http://nauka-rastudent.ru/4/1350/)

© Иванов Д. В., 2014
© ИП Соколова А.С., 2014
© Компания INFLASH, 2014

УДК 629.3.064.5

*Иванов Дмитрий Викторович,
магистрант 1-го курса
Тольяттинский государственный университет,
Тольятти, Российская Федерация*

Математическая модель синхронного генератора с независимыми фазами

Аннотация: В статье представлена опытная модель генератора с независимой схемой включения фазных обмоток. Представлены результаты проведенных экспериментальных исследований синхронных автомобильных генераторов со схемой соединения фазных обмоток «треугольник» и независимой схемой соединения фаз. Представлены графические зависимости характеристик холостого хода на малых частотах вращения генератора и токоскоростных характеристик. Представлена математическая модель синхронного генератора с независимой схемой включения фазных обмоток. Представлена зависимость расхождения расчетных данных и эксперимент.

Ключевые слова: автомобильный генератор, электрооборудование автомобиля, синхронный генератор характеристики, модель синхронного генератора

*Dmitry V. Ivanov,
Togliatti State University, Togliatti, Russian Federation*

Mathematical model of a synchronous alternator with independent phases

Abstract: The paper presents experimental model alternator with independent circuit incorporating the phase windings. Presents the results of experimental studies of automotive synchronous alternator with the connection diagram of the phase windings "triangle" and the independent circuit connection phase. Presents a graph of the characteristics of idling at low rpm alternator and current velocity characteristic . The mathematical model of synchronous alternator with an independent circuit incorporating the phase windings. Shows the dependence of discrepancies between the calculated data and experiment.

Keywords: car alternator, electrical, synchronous alternator characteristics, the model of a synchronous alternator

В Тольяттинском государственном университете был разработан автомобильный синхронный генератор с независимым включением фаз. За основу разработки был взят синхронный автомобильный генератор 9402.3701-06 производства завода КЗАТЭ со схемой соединения фазных обмоток «треугольник-Ларионова». Возникающий технологический разброс характеристик фазных обмоток генератора существенен, в результате чего, возникает уравнивающая ЕДС, с током, который соизмерим с фазным током обмотки генератора.

В результате проведенных исследований различных компоновок, схем соединения, а также выпрямительных схем, пришли к выводу о необходимости использования независимой схемы включения фазных обмоток генератора и применения полномостовой выпрямительной схемы. Проведя выбор элементной базы, основываясь на ранее проведенных изысканиях, в Тольяттинском государственном университете была разработана опытная модель синхронного автомобильного генератора с независимой схемой соединения фазных обмоток, представленная на рис.1.



Рис.1. Опытная модель генератора с независимым включением фаз.

Особенностью данного генератора является использование ротора с модернизированной магнитной системой с использованием постоянных магнитов высокой мощности. Были выбраны магниты постоянные на основе неодим-железо-бор, поскольку магниты данной группы имеют самое

высокое значение коэрцитивной силы для требуемого диапазона рабочих температур от -60 до +120 градусов Цельсия.

Исследования опытной модели генератора проводились, с использованием методов планирования экспериментальных исследований.

График зависимости напряжения холостого хода генератора со схемой соединения фаз «треугольник-Ларионова» и схемой независимого соединения фаз с полномостовой схемой выпрямительного блока, от частоты вращения на малых частотах вращения от 500 об/мин до 2000 об/мин представлены на рис.2.

Отличительной особенностью характерных графиков является то, что при частотах вращения начиная с 1300 об/мин в опытной модели генератора идет значительное повышение напряжения холостого хода. В режиме холостого хода ЭДС в мосту с наибольшей на данном отрезке большого периода ЭДС обратноремещает (закрывает) диоды в мостах с меньшими на данном отрезке большого периода ЭДС. Эквивалентное внутреннее активное сопротивление при этом равно активному сопротивлению одного моста (одной обмотки) $3r$.

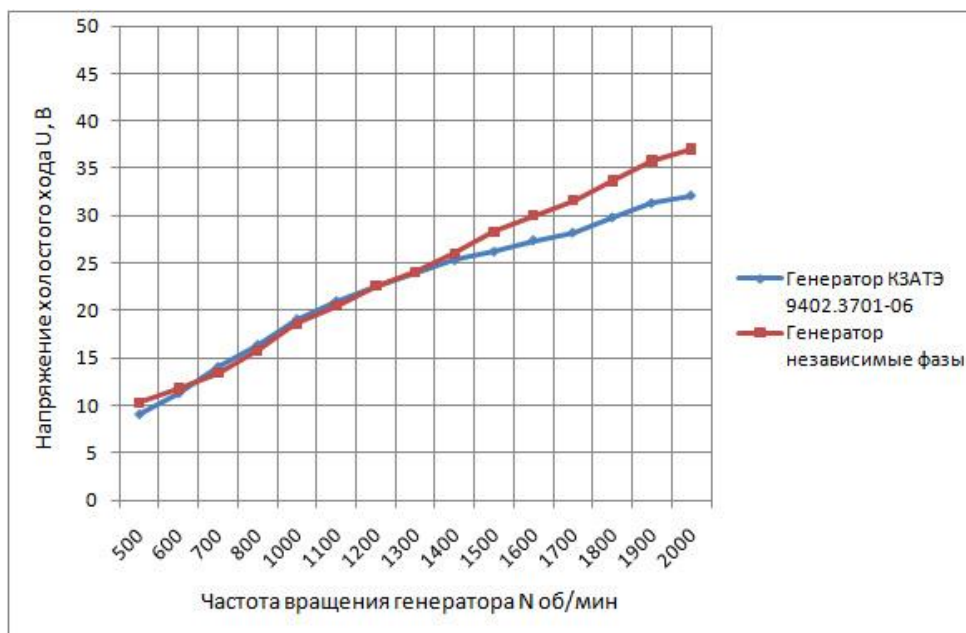


Рис.2. Сравнительная характеристика напряжения холостого хода на малых частотах вращения генератора со схемой «треугольник» и независимой схемой включения фаз.

Сравнительная токоскоростная характеристика генераторов КЗАТЭ 9402.3701-06 со схемой соединения фаз «треугольник» и генератора с независимой схемой включения фаз на малых частотах вращения представлена на рис.3.

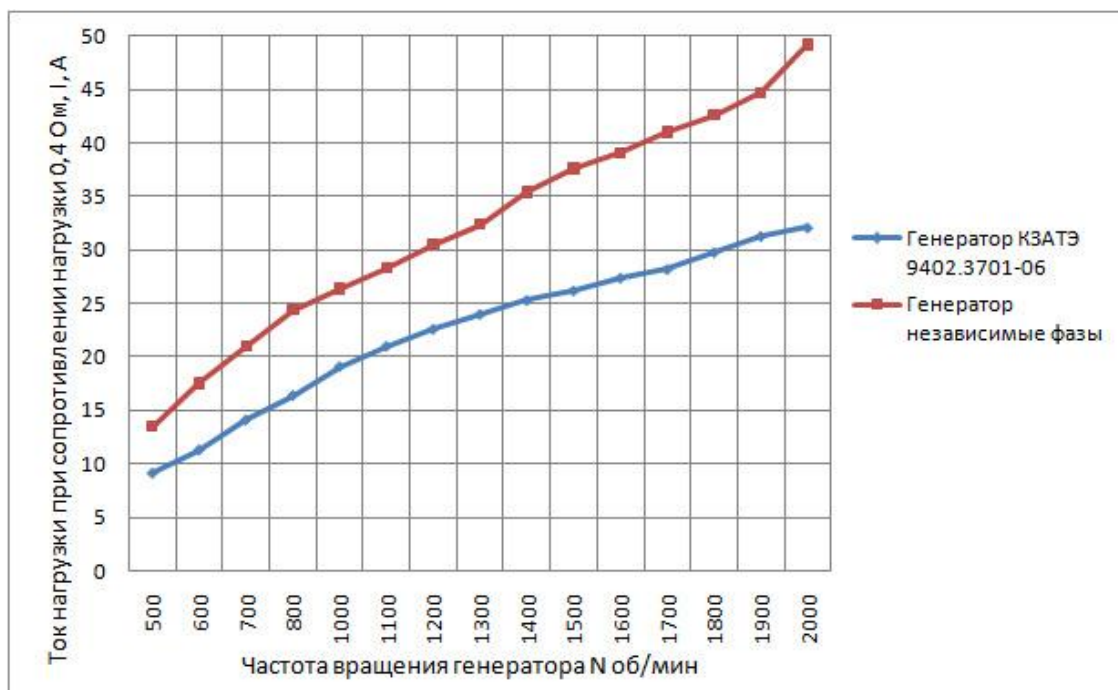


Рис.3. Сравнительная токоскоростная характеристика генераторов КЗАТЭ 9402.3701-06 и генератора с независимой схемой включения фаз

Снятие токоскоростных характеристик проводилось на использовании реостатного регулирования тока возбуждения генераторов и постоянной нагрузке 0,4 Ом на малых частотах вращения. При увеличении нагрузки (уменьшении R_n) появляются и увеличиваются отрезки периода на которых два моста работают на нагрузку параллельно, эквивалентное внутреннее активное сопротивление на этих отрезках периода при этом равно сопротивлению двух параллельных мостов $3r/2 = 1,5r$. При дальнейшем увеличении нагрузки появляются и существенно увеличиваются отрезки периода на которых все три моста работают на нагрузку параллельно, эквивалентное внутреннее активное сопротивление на этих отрезках периода равно сопротивлению трёх параллельных мостов r . В режиме короткого замыкания все три параллельных моста работают на нагрузку, но полезная мощность в этом режиме равна нулю. Из этого следует, что с учётом разницы

величин ЭДС (квадратный корень из трех), эквивалентное внутреннее активное сопротивление (и потери в меди) выпрямителя «три параллельных моста» получается меньше, чем в выпрямителе «треугольник-Ларионов». Из-за меньшего эквивалентного внутреннего активного сопротивления в выпрямителе «три параллельных полных моста» при независимом соединении фазных обмоток, нагрузочные характеристики этих двух выпрямителей получаются разными.

В результате проведенных экспериментальных исследований авторы пришли к выводу, что наибольшее влияние, на малых частотах вращения синхронного генератора, имеют такие параметры как величина сопротивления нагрузки, частота вращения ротора генератора и индуктивная составляющая нагрузки.

Для получения математической модели использовались центральные композиционные ротационные планы второго порядка. С получением полинома в виде:

$$I_n = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i X_i + \sum_{i \neq j} b_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} X_i^2 + \sum_{i \neq j} b_{ijj} X_i^2 X_j^2$$

В качестве искомого параметра принимался ток нагрузки генератора I_n . Уравнение регрессии имеет вид:

$$I_n = -76,996 + 0,0942N - 24,186R + 210,553L + 192,93RL - 0,01683NR - 5,024NL - 2,988R^2 + 0,00019N^2$$

При построении полинома использовались методы Стьюдента, Фишера, критерий Кохрена. Характеристические коэффициенты полинома оценивались по значимости, отбрасывались малозначимые.

График приведенной теоретической и экспериментальной токоскоростной характеристики синхронного генератора с независимым соединением фазных обмоток при малых частотах вращения представлен на рис.4.

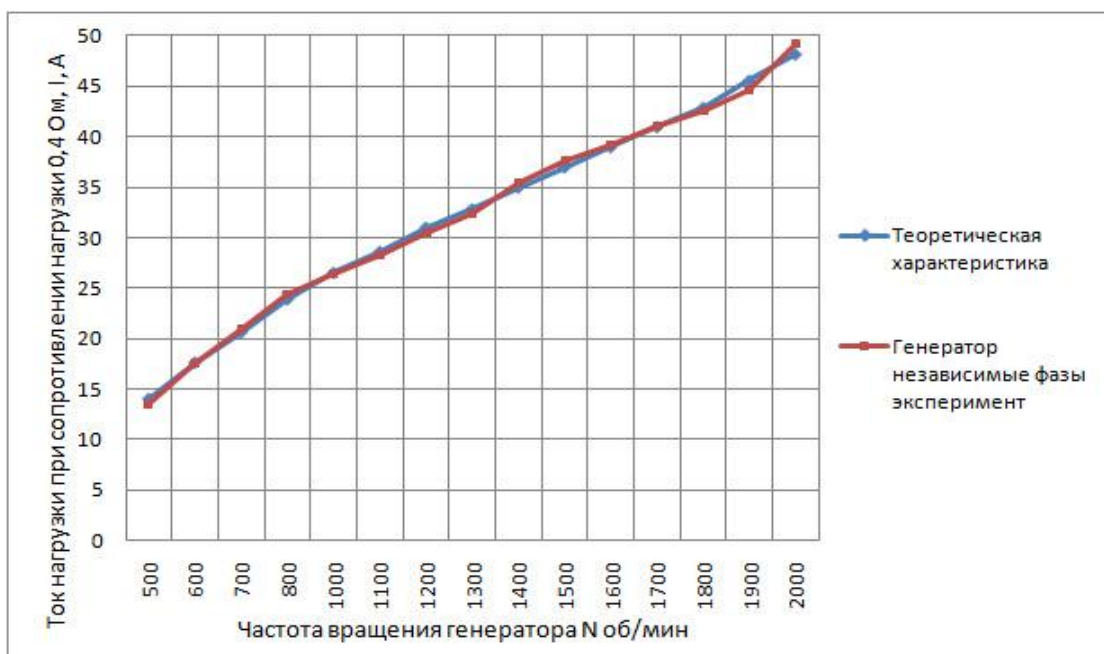


Рис.4. График теоретической и экспериментальной токоскоростной характеристики генератора с независимым соединением фазных обмоток на малых частотах вращения

Таким образом, в качестве заключения и выводов можно отметить следующие:

- По свойствам полученный генератор относится ближе к источникам тока.
- Может практически полностью заменить собой основные модели автомобильных генераторов применяющихся в настоящее время.
- При его использовании уменьшаются потери в меди и уменьшается нагрев фазных обмоток.
- За счет применения схемы независимого соединения фазных обмоток и полномостовой схемы выпрямительного блока надежность генератора значительно повышается.
- За счет повышенной токоотдачи и снижения потерь в фазных обмотках и выпрямительном блоке повышается его эффективность на 14%.

- Математическая модель в виде полинома практически полностью совпадает с экспериментальными характеристиками генератора на малых частотах вращения.

Список литературы:

1. Акимов С.В., Боровских Ю.И., Чижков Ю.П. Электрическое и электронное оборудование автомобилей. - М. :Машиностроение, 1988.- 276 с.
2. Чижков Ю.П., Акимов С.В. Электрооборудование автомобилей. Учебник для ВУЗов.- М.:Издательство «За рулем»,2003.-384 с., ил.
3. Ютт В.Е. Электрооборудование автомобилей. – М.: Транспорт, 2001.- 287 с., ил.

© Иванов Д. В., 2014

дата публикации: 30.04.2014