

УДК 621.31.03

UDC 621.31.03

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛИЦ
ПОСРЕДСТВОМ УСТАНОВОК С
АСИНХРОННЫМИ ГЕНЕРАТОРАМИ****SUPPLYING THE GREENHOUSES WITH
POWER BY THE USE OF ASYNCHRONOUS
GENERATORS**

Богатырев Николай Иванович
к.т.н., профессор, SPIN-код автора: 4601-9136,
bogatyrevn@yandex.ru

Bogatyryov Nikolai Ivanovich
Cand.Tech.Sci., professor
bogatyrevn@yandex.ru

Креймер Алексей Семенович
к.т.н., доцент
SPIN-код автора: 4277-3264

Kreymer Aleksey Semionovich
Cand.Tech.Sci., associate professor
RSCI SPIN-code: 4277-3264

Семернин Дмитрий Юрьевич
аспирант, y007ta@yandex.ru

Semernin Dmitriy Yurievich
postgraduate, y007ta@yandex.ru

Паталаха Александр Александрович
магистрант
*Кубанский государственный аграрный
университет им. И. Т. Трубилина, г. Краснодар,
Россия*

Patalakha Alexander Alexandrovich
graduate student
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar named
after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia*

По рекомендации Всемирной организации здравоохранения, норма потребления на человека в год овощей составляет 130-150 кг, в том числе до 15 кг свежей продукции во внесезонный период. Для выполнения таких нормативов в России ускорилось строительство теплиц и тепличных комплексов. Основная масса овощей защищенного грунта в России выращивается в зимних теплицах. При этом по климатическим условиям основные затраты на производство приходятся на энергоносители (до 60 – 70 %). Основные потребители энергии в теплицах: освещение растений и создание необходимого температурного режима растений и почвы. Ежегодный рост тарифов на энергоносители влияет на себестоимость продукции в теплицах. Для повышения энергетической эффективности и независимости в тепличных хозяйствах предлагают использовать установки для производства двух видов энергии – электрической и тепловой, на базе газопоршневых установок (ГПУ). Такая установка может работать на магистральном природном газе и на других видах топлива. Недостаток существующих установок в том, что они в основном иностранного производства или с импортными комплектующими. Нами, в качестве альтернативы, предлагаются новые технические решения, разработанные и запатентованные в РФ. Новизна заключается в применении в установках асинхронных генераторов с различными схемами управления

Due to the recommendation of the World Health Organization, the standard rate of vegetables consumption for a person per year is 130-150 kg, including up to 15 kg of fresh production during the off-season. To meet these standards in Russia, the construction of greenhouses and greenhouse complexes was sped up. To cultivate the bulk of vegetables in the conditions of protected soil we have mostly used winter greenhouses. At the same time, in terms of the climatic conditions, the main production costs are accounted for energy carriers (up to 60 – 70%). The main consumers of energy in greenhouses are plants' lighting and creation of the required temperature conditions for plants and soil. Annual increase of rates for energy carriers affects the cost of the greenhouses' production. To increase the energy efficiency and independence in greenhouse complexes, it is proposed to use installations based on gas reciprocating units (GRU) for the production of two types of energy – electric and thermal. Such installations can run on the natural gas and other types of fuel. The drawback of existing installations is that they are mainly produced abroad or consist of the foreign components. As an alternative, we offer new technical solutions, which were developed and patented in the Russian Federation. What makes these solutions original is that asynchronous generators in the installations are used with various control schemes

Ключевые слова: АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ,
АСИНХРОННЫЙ ГЕНЕРАТОР, СТАТОРНАЯ

Keywords: ASYNCHRONOUS ENGINE,
ASYNCHRONOUS GENERATOR, STATOR

Doi: 10.21515/1990-4665-133-077

При круглогодичном производстве продукции в теплицах основные затраты энергетических ресурсов приходится на облучение растений и отопление теплицы в зимний период [22]. По рекомендации [21] нормируется критерий достаточности фотосинтетически активной радиации (ФАР) для разных растений в теплицах: в рассадных отделениях овощных теплиц минимальная суммарная (естественная и искусственная) облученность должна быть не менее 25 Вт/м^2 ФАР. Суточное количество ФАР - не менее 250 Вт*ч/м^2 . В овощных теплицах облученность должна быть не менее $70,0 \text{ Вт/м}^2$ ФАР, суточное количество ФАР для овощных культур в период плодоношения составляет не менее 900 Вт*ч/м^2 ФАР.

Ежегодное повышение тарифов на энергоносители снижает рентабельность производства овощей тепличных предприятий. Для снижения энергоемкости продукции овощеводства защищенного грунта, необходимо модернизировать систему энерго- и теплоснабжения. Для этих целей предлагается использование возобновляемых и альтернативных источников энергии [5,7,10,11]. Недостаток энергии ветра и Солнца: их непостоянство, что недопустимо для технологии в теплицах.

Так, искусственное досвечивание растений происходит в темное время суток, когда солнечные батареи не работают. С другой стороны при удельной мощности солнечных элементов $100 - 150 \text{ Вт/м}^2$, для питания ламп досвечивания с удельной мощностью $400 - 450 \text{ Вт/м}^2$ необходима площадь солнечной электростанции в 3 – 4 раза больше площади теплицы.

Энергия ветра. Исследования [6,7] показали, что в некоторых районах Краснодарского края наблюдается среднегодовая скорость ветра выше 5 м/с , поэтому размещение ВЭУ является экономически оправданным. При этом в некоторых районах возможно размещение крупных (от 1 МВт и

выше) ВЭУ. Недостаток ВЭУ – зависимость от энергии ветра, которая изменяется в течении суток и времени года, а запастись энергией в настоящее время технически не реально.

Большинство современных тепличных предприятий переходят на автономное электро- и теплоснабжение с использованием технологии когенерации. Сущность технологии заключается в совместном производстве тепловой и электрической энергии на одном оборудовании с использованием, например, природного газа [20].

При всех достоинствах таких технологий расходуется природные, не возобновляемые ресурсы.

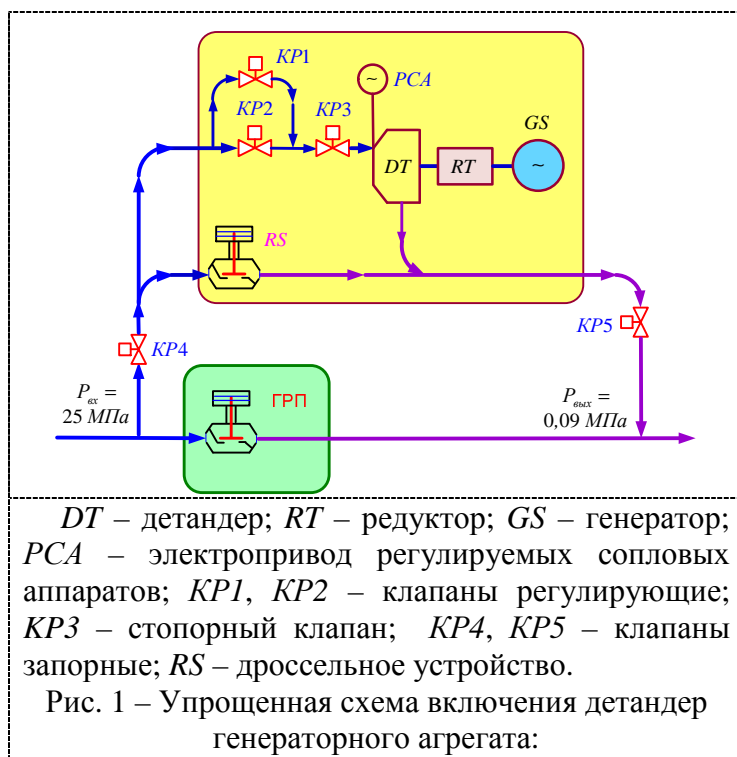
Постановка и решение задачи.

Известна эффективность использования энергии газовых скважин и перепада давления в газовых трубопроводах для получения электрической энергии [5]. Смысл состоит в том, чтобы рационально использовать перепад давления природного газа от 55-75 атмосфер до 0,1-0,5 атмосфер при редуцировании на газораспределительных станциях (ГРС) и газораспределительных пунктах (ГРП) на всем пути от газового месторождения до потребителя.

Вместо редуциционного клапана, снижающего давление газа, предлагается устанавливать газовую турбину, которая уменьшит избыточное давление, при этом будет вращать электрический генератор.

Мировой опыт использования турбин детандеров в режиме выработки электроэнергии позволяет по крайней мере вернуть часть затрат, связанных с транспортированием газа. При этом существует ряд технических проблем: сложность уплотнения валов турбодетандеров, чтобы не было утечки газа, и регулирования скорости детандеров из-за неравномерности расхода газа. Это приводит к изменению частоты тока генератора и сложности его синхронизации с сетью [5].

Реализация технологии в простейшем виде осуществляется путем включения параллельно ГРС (ГРП) детандер генераторного агрегата (ДГА), работающего на перепаде давлений газа на ГРС (ГРП) (рис. 1).



В КубГАУ разработаны и запатентованы устройства для утилизации избыточной энергии газа [9,12,13,19].

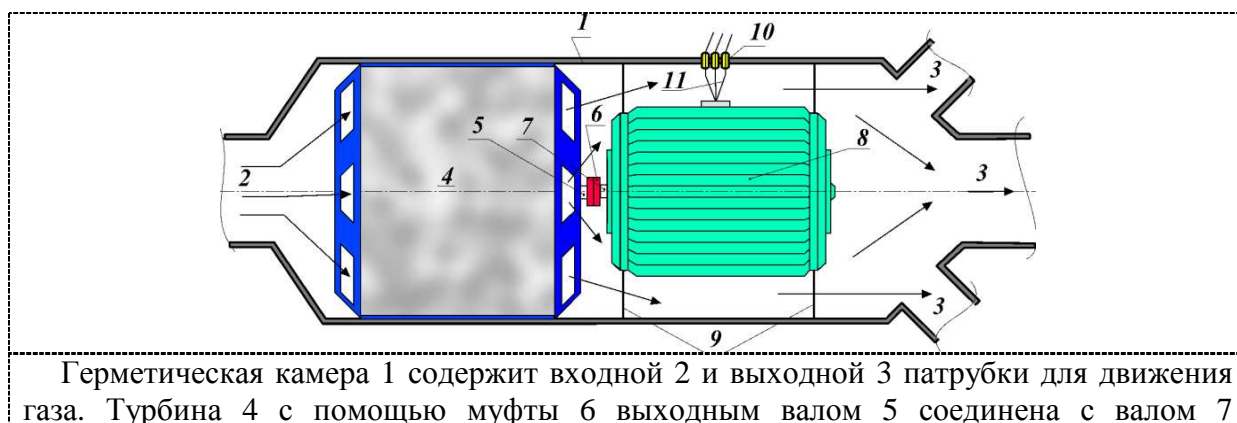
В нашем патенте № 2138743 «Устройство для утилизации избыточной энергии газа», в качестве электрической машины использован *асинхронный генератор*, причем турбина и асинхронный генератор

помещены в *герметическую камеру*.

Таким образом, *впервые нами* предложено турбину и асинхронный генератор (АГ) размещать в *герметическом корпусе*.

Работа устройства поясняется на рисунке 2.

Для работы АГ параллельно с сетью в генераторном режиме с рекуперацией энергии в питающую сеть нами разработан другой газотурбогенератор [9].



асинхронного генератора 8. С помощью стоек 9 генератор 8 закреплен в герметичной камере 1. Проходные изоляторы 10 соединяют обмотку статора 11 генератора с конденсаторами возбуждения и нагрузкой.

Рис. 2 – Общий вид устройства для утилизации избыточной энергии газа по патенту №2138743

Этот устройства имеют следующие преимущества:

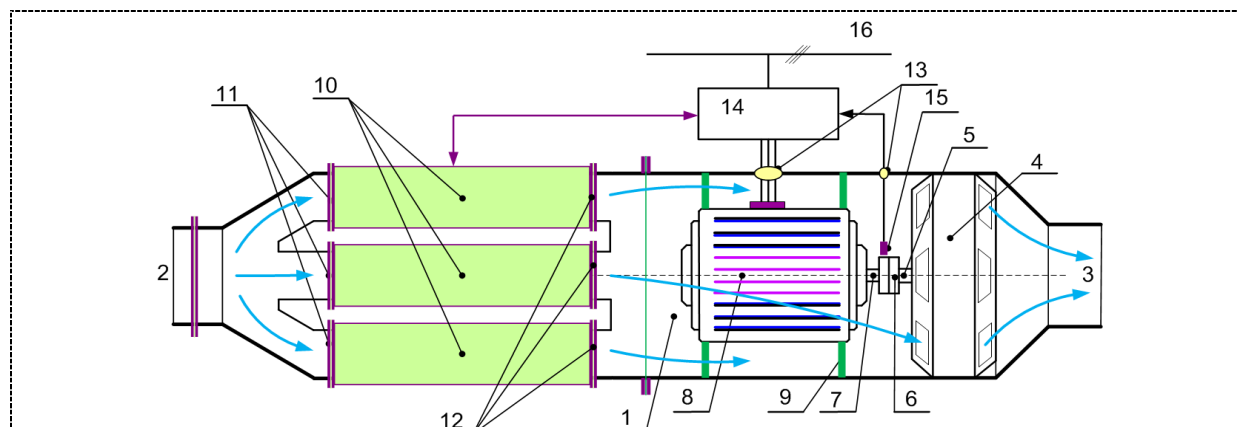
1. Можно применять асинхронные двигатели (АД) на широкий диапазон мощностей. Имеют простое устройство и высокую надежность.

2. Асинхронная машина с короткозамкнутым ротором отдает в сеть активную мощность, при неизменной частоте тока, в широком диапазоне изменения скорости вращения, что дает возможность согласовать эту энергию с питающей сетью.

3. Газ, выходящий из турбины, охлаждает электрическую машину, что также повышает КПД системы.

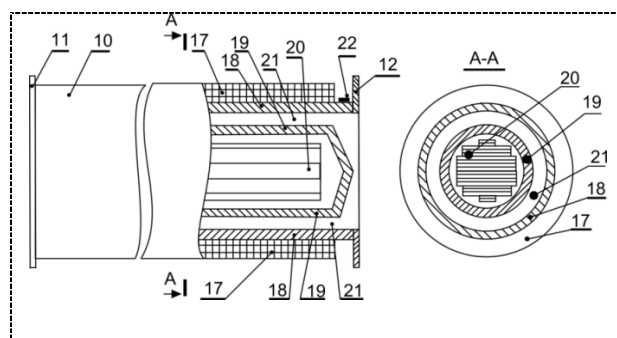
В автономном устройстве для утилизации энергии газ [12] применяются многоскоростные генераторы на базе многоскоростных АД. Поэтому АГ на базе стандартных АД имеют четырехскоростное исполнение, например, 750/1000/1500/3000 мин⁻¹, а на частоту тока 200 Гц 24000/12000/8000/6000 мин⁻¹. Таким образом, техническое решение может быть реализовано на «тихоходных» и «быстроходных» турбинах.

Принцип действия современного газотурбогенератора [19] поясняется чертежами, где на рисунке 3 – изображена конструкция с частичным разрезом; на рисунке 4 – изображена конструкция фазы нагревательного устройства с частичным разрезом и разрез по линии А-А; на рисунке 5 – функциональная электрическая схема соединений элементов и узлов.



Газотурбогенератор содержит герметическую камеру 1 с входным 2 и выходным трубопроводом 3, турбину 4 с выходным валом 5, муфту 6, вал 7 асинхронного генератора 8, стойки 9, устройство подогрева газа 10, фланцы 11 и 12, проходные изоляторы 13, блок управления 14, датчик 15 частоты вращения турбины, блок управления 14 соединен с силовой сетью 16.

Рис. 3 – Конструкция газотурбогенератора с частичным разрезом

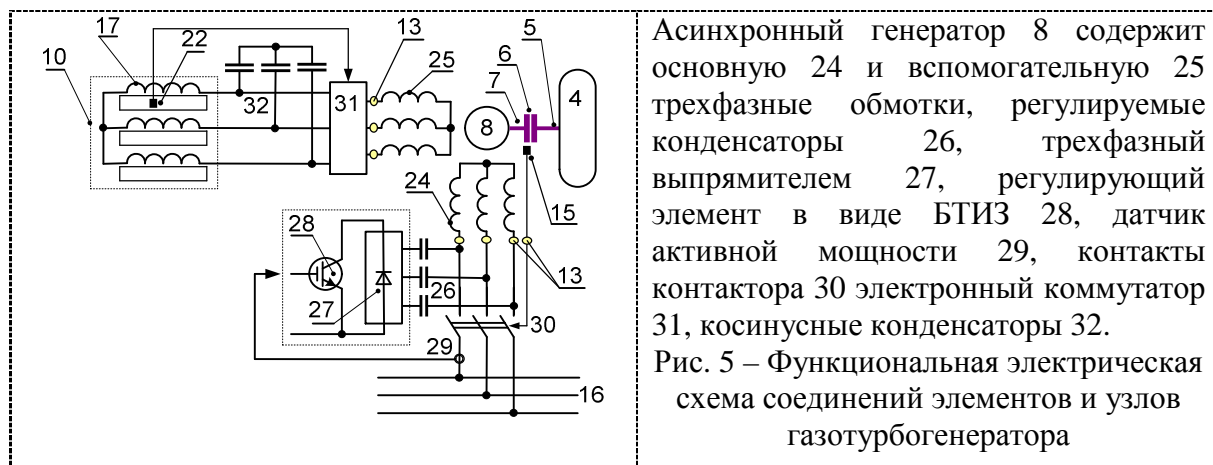


Трехфазное устройство подогрева газа 10, обмотки 17, труба 18, фланцы 11 и 12, немагнитная труба 18, ферромагнитная труба 19, шихтованный магнитопровод 20, зазор 21, датчик температуры 22.

Рис. 4 – Конструкция фазы нагревательного устройства с частичным разрезом и разрез устройства по линии А-А

Электронный коммутатор 31 - реле твердотельные серия ГТН (200-500 А) или аналогичные с коммутацией при переходе напряжения через «ноль» [<http://www.intraf.ru/index345.htm>].

В качестве датчика частоты вращения 15 рекомендуем применять индуктивные или магниточувствительные датчики с необходимыми параметрами по частоте вращения и нагрузки, например, типа ВТИЮ.7019, ВТИЮ.703 [<http://teko-com.ru/teko/device/10426>].



Датчик активной мощности 29 типа ДИМ-200 с выходным устройством широтно- импульсной модуляции (ШИМ). Датчик температуры 22 – термопара или термометр сопротивления типа ТСМ совместно с измерителем- регулятор температуры «ОВЕН - 2ТРМ1» с возможностью управлять твердотельными реле [<http://www.owen.ga/catalog/57656033>].

Подробное описание работы газотурбогенератора приведено в [12].

АГ, как и АД с короткозамкнутым ротором, обладает явными преимуществами: высокая надежность, малая стоимость и металлоемкость [8]. Обоснованность применения АГ для систем автономного электроснабжения приведена в [1,2].

Основным недостатком АГ является то, что они не генерируют реактивной мощности необходимой для питания двигательной нагрузки [3,4]. Поэтому, для надежной работы АГ необходимы системы и устройства для стабилизации напряжения.

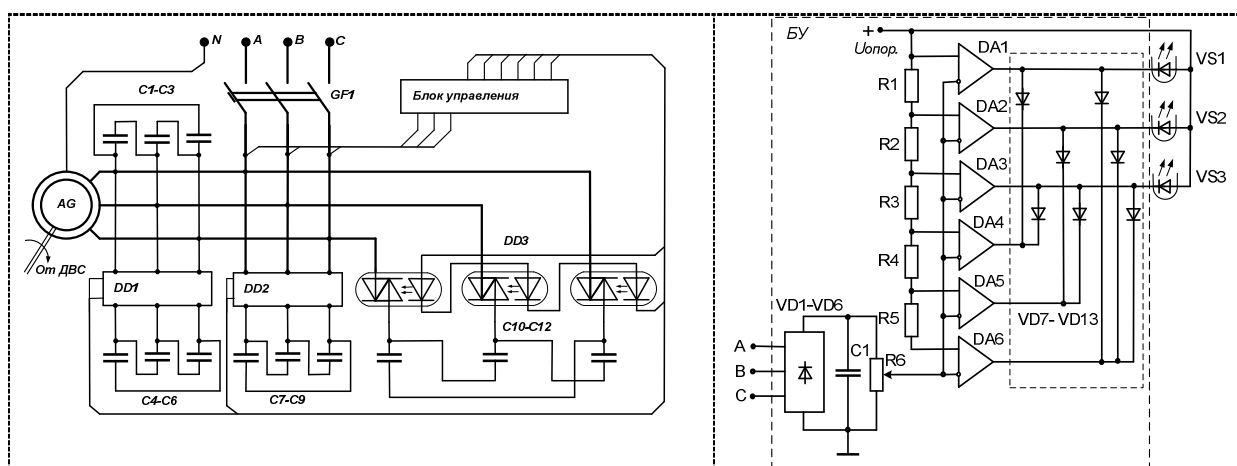
В устройстве [14] происходит аналоговое, а в устройстве [15] дискретное регулирование напряжения АГ без искажения формы синусоиды. Диапазон (глубина) регулирования зависят от соотношения витков вторичной и первичной обмоток трансформатора. По обмоткам трансформаторов проходит емкостной ток, поэтому их мощность и мощность регуляторов незначительна. Регулирование происходит в каждой фазе, что позволяет подключать не симметричную нагрузку.

Для специальных применений АГ разработаны регуляторы (стабилизаторы) напряжения, расширяющие функциональные возможности и области применения АГ [17, 18].

Новыми функциональными возможностями обладает разработанное нами устройство для регулирования и стабилизации напряжения автономного асинхронного генератора (ААГ) (рис. 6). Это устройство можно применять для генераторов любой мощности [16].

Принцип работы устройства основан на избирательном включении конденсаторов С4 – С12 трехфазными электронными ключами DD1 - DD3 в функции сигнала обратной связи от выходного напряжения [16].

Рассмотрим построение внешней характеристики АГ на базе АД серии **RA355MLB4** мощностью 400 кВт; Емкость конденсаторов, обеспечивающих самовозбуждение АГ на холостом ходу и компенсацию реактивной мощности нагрузки, определяется по известной формуле



Устройство содержит автономный АГ АГ, к фазам которого подключены конденсаторы возбуждения С1-С3, блок управления, трехфазные электронные ключи DD1 - DD3, блок коммутируемых конденсаторов С4 - С6, С7 - С9, С10 - С12, трехфазный выпрямитель VD1 - VD6, конденсатор фильтра С1, переменный резистор R6, компараторы напряжения DA1 - DA6, делитель напряжения R1 - R5, дешифратор VD7 - VD13, оптронные входы VS1-VS3 трехфазных электронных ключей DD1-DD3.

Рис. 6 – Силовая часть устройства и блока управления для регулирования и стабилизации напряжения автономного асинхронного генератора

$$C_{\Sigma} = \frac{P_n (tg \varphi_{Г} + tg \varphi_{H})}{2\pi f m U_c^2} \cdot 10^6, мкФ.$$

где P_H – мощность, отдаваемая генератором; U_c – напряжение на конденсаторах; f – частота тока; $\varphi_G = 0,88$ и $\varphi_H = 0,8$ – углы сдвига фаз генератора и нагрузки; m – число фаз; $\varphi_H = 37^\circ$.

Для номинальной нагрузки

$$C_\Sigma = \frac{400000(\operatorname{tg}31,5^\circ + \operatorname{tg}41^\circ)}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 3 \cdot 380^2} \cdot 10^6 = \frac{516000}{136024800} \cdot 10^6 = 3796 \text{ мкФ}.$$

Емкость конденсаторов, обеспечивающих самовозбуждение АГ на холостом ходу:

$$C_{\text{воз.}} = \frac{P_H \cdot \operatorname{tg}\varphi_G}{2\pi f m U_c^2} \cdot 10^6, \text{ мкФ}.$$

$$C_{\text{воз.}} = \frac{400000 \cdot 0,54}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 3 \cdot 380^2} \cdot 10^6 = \frac{216000}{136024800} \cdot 10^6 = 1588 \text{ мкФ}.$$

Дополнительная емкость регулирования определяется как разница между суммарной емкостью для работы при номинальной нагрузке и емкости возбуждения.

$$C_{\text{доп.}} = C_\Sigma - C_{\text{возб.}}, C_{\text{доп.}} = 3796 - 1588 = 2208 \text{ мкФ}.$$

В соответствии со схемой силовой части ААГ дополнительную емкость конденсаторной батареи разбиваем на три части.

$$C_4 - C_6 = 368 \text{ мкФ}, C_7 - C_9 = 736 \text{ мкФ}, C_{10} - C_{12} = 1104 \text{ мкФ}.$$

При работе схемы управления емкость переключается по алгоритму:

$$368 \Rightarrow 736 \Rightarrow 1104 \Rightarrow 1472 \Rightarrow 1840 \Rightarrow 2208 \text{ мкФ}$$

При определении удельной массы АГ, предназначенного для работы с автономной нагрузкой, необходимо учитывать как собственно массу генератора, так и конденсаторного блока.

Мощность конденсатора определяется по известной формуле

$$Q_c = \frac{m U_c^2}{X_c} = 2\pi f m C \cdot 10^{-6} U_c^2.$$

$$C_4 - C_6 = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 3 \cdot 368 \cdot 10^{-6} \cdot 380^2 = 50057 \text{ вар} = 50 \text{ квар}.$$

$$C_7 - C_9 = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 3 \cdot 736 \cdot 10^{-6} \cdot 380^2 = 100 \text{ квар}.$$

$$C_{10} - C_{12} = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 3 \cdot 1104 \cdot 10^{-6} \cdot 380^2 = 150 \text{ квар.}$$

Внешние характеристики ААГ приведены на рисунке 7.

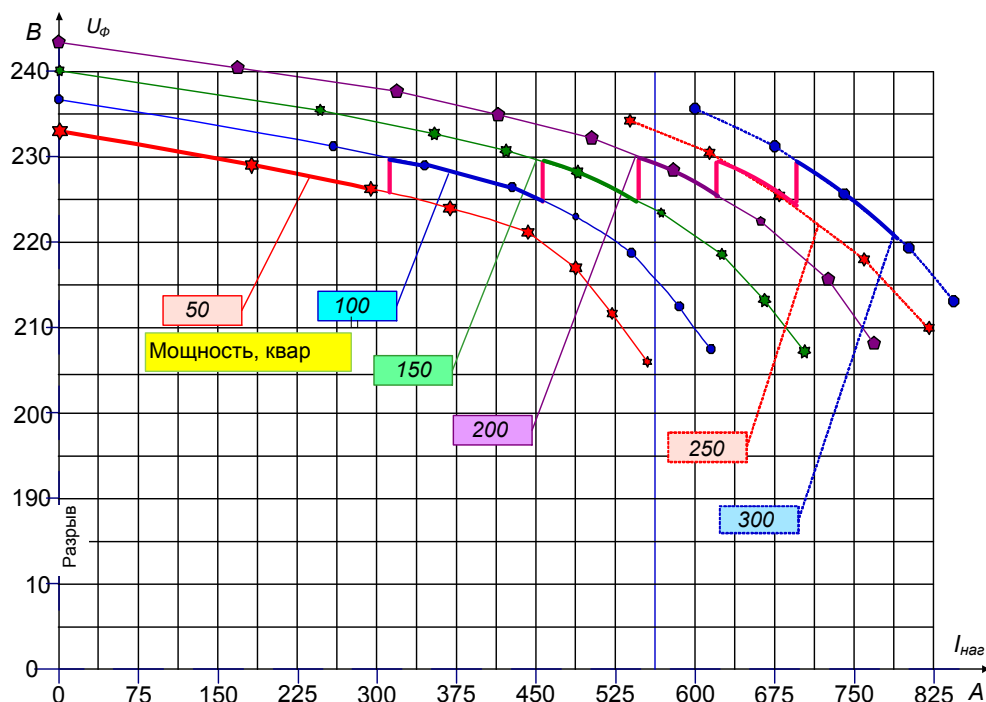


Рис. 7 – Внешние характеристики ААГ при дискретном регулировании напряжения

Выводы.

1. Энергообеспечение теплиц посредством установок с асинхронными генераторами имеет большие перспективы, особенно на базе энергетически эффективных асинхронных двигателей класса энергетической эффективности: IE2 – высокий; IE3 – «Премиум».

2. Разработанное устройство для регулирования и стабилизации напряжения автономного асинхронного генератора можно применять в газопоршневых электростанциях с когенерацией и газотурбогенераторах. Оно позволяет получить следующие положительные свойства:

- Трехфазные электронные ключи DD1 – DD3 подключаются при переходе коммутирующего напряжения через ноль, поэтому отсутствуют гармонические составляющие тока и напряжения, а также коммутационные перенапряжения и помехи.

- Изменяя положение ползунка переменного резистора R6, изменяют момент переключения компараторов DA1 – DA6 и, тем самым выходное напряжение АГ.

Литература

1. Асинхронные генераторы для систем автономного электроснабжения. Ч. 1. Обоснование параметров асинхронного генератора / Н.И. Богатырев, В.Н. Ванурин, А.С. Креймер, П.П. Екименко П.П. // Науч. Журн. КубГАУ [Электронный ресурс]. - Краснодар: КубГАУ, 2010. - №05(59). - Шифр Информрегистра: 04201000012/0095. - Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/05/26/p26.asp>.
2. Асинхронные генераторы для систем автономного электроснабжения. Ч. 2. Базовая теория формирования статорных обмоток асинхронных генераторов и методы расчета обмоток / Н.И. Богатырев, В.Н. Ванурин, А.С. Креймер, П.П. Екименко П.П. // Науч. Журн. КубГАУ [Электронный ресурс]. - Краснодар: КубГАУ, 2010. - №06(60). - Шифр Информрегистра: 04201000012/0116. - Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/06/31/p31.asp>.
3. Богатырев Н.И. Электромеханическое преобразование энергии в электрических ма-шинах переменного тока. Ч. 1. / Н.И. Богатырев – Тр. / Куб. ГАУ; Вып. № 3(7). – Краснодар, 2007. – С. 173 – 179.
4. Богатырев Н.И. Электромеханическое преобразование энергии во вращающихся электрических машинах переменного тока. Ч. 2. / Н.И. Богатырев – Тр. / Куб. ГАУ; Вып. № 3(7). – Краснодар, 2007. – С. 193 – 198.
5. Богатырев Н.И., Винников А.В., Лихачев В.Л. Альтернативные и возобновляемые источники энергии: монография – Краснодар, КубГАУ, 2016. – 364 с.
6. Богатырев Н.И., Креймер А.С., Семенов В.М., Ильченко Я.А Новые перспективы применения асинхронных генераторов для ветроэнергетических установок и малых ГЭС / Н.И. Богатырев, А.С. Креймер, В.М., Я.А. Ильченко // Промышленная энергетика.- № 5.- 2006.- С. 48 – 52.
7. Богатырев Н.И. Моделирование ветровой нагрузки для ВЭУ с асинхронным генератором / Н.И. Богатырев, А.С. Креймер // Механизация и электрификация сел. хоз-ва.- 2004. - № 5. – С. 22 – 23.
8. Богатырев, Н.И. Параметры и характеристики электрических машин переменного тока: моногр. / Н.И. Богатырев, В.Н. Ванурин, П.П. Екименко: - Краснодар, 2011 - 256 с.: ил.
9. Патент 2151971, МПК F 25 В 11/00. Газотурбогенератор / Н.И. Богатырев, О.В. Вронский, Е.А. Зайцев и др. (РФ); заявитель и патентообладатель КубГАУ. – № 97118075/06; Заявл. 30.10.97; Оpubл. 27.06.00; Бюл. № 18 – 6 с.: ил.
10. Патент 2225531 МКП F 03 D 7/04. Ветроэнергетическая установка / Н.И. Богатырев, В.Н. Ванурин, Курзин Н.Н., А.С. Креймер и др. (РФ) заявитель и патентообладатель КубГАУ. – № 2002117609/06; Заявл. 01.07.02; Оpubл. 10.03.04; Бюл. № 7– 12 с.: ил.

11. Патент 2231686, МКП F 03 D 7/04 Ветрогидроэнергетическая установка / Н.И. Богатырев., Е.И. Трубилин, С.М. Сидоренко и др. (РФ) заявитель и патентообладатель КубГАУ. – № 2002130670/06; Заявл. 15.11.02; Оpubл. 27.06.04; Бюл. № 18. – 12 с.: ил.

12. Патент 2241921, МКП F 25 В 11/00 Автономное устройство для утилизации энергии газа / Н.И. Богатырев, О.В. Вронский, П.П. Екименко т др. (РФ) заявитель и патентообладатель КубГАУ. – № 2003110275/06; Заявл. 09.04.03; Оpubл. 10.12.04; Бюл. № 34. – 12 с.: ил.

13. Патент 2257515, МПК F 25 В 11/00 Газотурбогенератор / Н.И. Богатырев, В.Н. Темников, Н.Н. Курзин и др. (РФ) заявитель и патентообладатель КубГАУ. – № 2003115075/06 (015931); Заявл. 20.05.03; Оpubл. 27.07.05; Бюл. № 21. – с.: ил.

14. Патент 2337465, МПК H02P 9/44 Устройство для стабилизации напряжения асинхронного генератора / Н.И. Богатырев, А.О. Григораш, Я.А. Ильченко и др. заявитель и патентообладатель КубГАУ. – № 2007140615/09; Заявл. 01.11.07; Оpubл. 27.10.08; Бюл. № 30. – 5 с.: ил.

15. Патент 2366073, МПК H02P 9/46 Стабилизатор напряжения асинхронных генераторов для автономных источников, ветроэнергетических установок, малых гидростанций / Н.И. Богатырев, П.П. Екименко, Ю.П. Степура и др. заявитель и патентообладатель КубГАУ. – № 2007140615/09; Заявл. 01.11.07; Оpubл. 27.08.09; Бюл. № 24. – 5 с.: ил.

16. Патент 2373630, МПК H02P 9/46 Устройство для регулирования и стабилизации напряжения автономного асинхронного генератора / Н.И. Богатырев, Н.С. Баракин, А.В. Вронский и др. заявитель и патентообладатель КубГАУ. – № 2007140615/09; Заявл. 31.03.08; Оpubл. 20.11.09; Бюл. № 32. – 7 с.: ил.

17. Патент 2457612 МПК H02P9/46 Устройство для регулирования и стабилизации напряжения многофункционального автономного асинхронного генератора / Н.И. Богатырев, Н.С. Баракин, А.Ю. Попов и др. заявитель и патентообладатель КубГАУ. – № 2011110023/07; Заявл. 16.03.2011; Оpubл. 27.07.2012; Бюл. № 21. – 7 с.: ил.

18. Патент 2518907, МПК H02J9/04 Система бесперебойного и гарантированного электроснабжения для наиболее ответственных потребителей электроэнергии / Н.И. Богатырев, В.Н. Ванурин, Н.С. Баракин Н.С., Д.Ю. Семернин и др. заявитель и патентообладатель КубГАУ. - № 2012150650/07; Заявл. 26.11.2012; Оpubл. 10.06.2014; Бюл. № 16. – 9 с.

19. Патент 2566197, МПК F25B 11/00 Газотурбогенератор / Н.И. Богатырев, С.М. Моргун, А.С. Креймер, Д.Ю. Семернин и др. заявитель и патентообладатель КубГАУ. - 2014124123/06; Заявл. 11.06.2014; Оpubл. 20.10.2015; Бюл. № 29. – 8 с.

20. Семернин Д.Ю. Газопоршневая электростанция с асинхронным генератором / Д.Ю. Семернин, Н.И. Богатырев // Науч. обеспечение агропромышленного комплекса: Материалы 6-й Всерос. науч.- практ. конф. молодых ученых. Краснодар, 2012. – С. 369 – 370.

21. Свод правил СП 13330.2011. Теплицы и тепличные комбинаты. М.: 2011 – 135 с.

22. Чазова И.Ю., Долговых О.Г. Исследование факторов, оказывающих влияние на снижение энергоемкости тепличной продукции // Вестник Удмурт. Ун-та. Сер. Экономика и право. - 2012. - № 2-1. - С. 72-76.

References

1. Asinhronnye generatory dlja sistem avtonomnogo jelektrosnabzhenija. Ch. 1. Obosnovanie parametrov asinhronnogo generatora / N.I. Bogatyrev, V.N. Vanurin, A.S. Krejmer, P.P. Ekimenko P.P. // Nauch. Zhurn. KubGAU [Jelektronnyj resurs]. - Krasnodar: KubGAU, 2010. - №05(59). - Shifr Informregistra: 04201000012/0095. - Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2010/05/26/p26.asp>.
2. Asinhronnye generatory dlja sistem avtonomnogo jelektrosnabzhenija. Ch. 2. Bazovaja teorija formirovanija statornyh obmotok asinhronnyh generatorov i metody rascheta obmotok / N.I. Bogatyrev, V.N. Vanurin, A.S. Krejmer, P.P. Ekimenko P.P. // Nauch. Zhurn. KubGAU [Jelektronnyj resurs]. - Krasnodar: KubGAU, 2010. - №06(60). - Shifr Informregistra: 04201000012/0116. - Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2010/06/31/p31.asp>.
3. Bogatyrev N.I. Jeletromehaničeskoe preobrazovanie jenerгии v jelektricheskih mashinah peremennogo toka. Ch. 1. / N.I. Bogatyrev – Tr. / Kub. GAU; Vyp. № 3(7). – Krasnodar, 2007. – S. 173 – 179.
4. Bogatyrev N.I. Jeletromehaničeskoe preobrazovanie jenerгии vo vrashhajushhihsja jelektricheskih mashinah peremennogo toka. Ch. 2. / N.I. Bogatyrev – Tr. / Kub. GAU; Vyp. № 3(7). – Krasnodar, 2007. – S. 193 – 198.
5. Bogatyrev N.I., Vinnikov A.V., Lihachev V.L. Al'ternativnye i vozobnovljaemye istočniki jenerгии: monografija – Krasnodar, KubGAU, 2016. – 364 s.
6. Bogatyrev N.I., Krejmer A.S., Semenov V.M., Il'chenko Ja.A. Novye perspektivy primenenija asinhronnyh generatorov dlja vetrojenergetičeskikh ustanovok i malyh GJeS / N.I. Bogatyrev, A.S. Krejmer, V.M., Ja.A. Il'chenko // Promyshlennaja jenergetika.- № 5.- 2006.- S. 48 – 52.
7. Bogatyrev N.I. Modelirovanie vetrovoj nagruzki dlja VJeU s asinhronnym generatorom / N.I. Bogatyrev, A.S. Krejmer // Mehanizacija i jelektrifikacija sel. hoz-va.- 2004. - № 5. – S. 22 – 23.
8. Bogatyrev, N.I. Parametry i harakteristiki jelektricheskih mashin peremennogo toka: monogr. / N.I. Bogatyrev, V.N. Vanurin, P.P. Ekimenko: - Krasnodar, 2011 - 256 s.: il.
9. Patent 2151971, MPK F 25 B 11/00. Gazoturbogenerator / N.I. Bogatyrev, O.V. Vronskij, E.A. Zajcev i dr. (RF); zajavitel' i patentoobladatel' KubGAU. – № 97118075/06; Zajavl. 30.10.97; Opubl. 27.06.00; Bjul. № 18 – 6 c.: il.
10. Patent 2225531 MKP F 03 D 7/04. Vetrojenergetičeskaja ustanovka / N.I. Bogatyrev, V.N. Vanurin, Kurzin N.N., A.S. Krejmer i dr. (RF) zajavitel' i patentoobladatel' KubGAU. – № 2002117609/06; Zajavl. 01.07.02; Opubl. 10.03.04; Bjul. № 7– 12 c.: il.
11. Patent 2231686, MKP F 03 D 7/04 Vetrogidrojenergetičeskaja ustanovka / N.I. Bogatyrev., E.I. Trubilin, S.M. Sidorenko i dr. (RF) zajavitel' i patentoobladatel' KubGAU. – № 2002130670/06; Zajavl. 15.11.02; Opubl. 27.06.04; Bjul. № 18. – 12 c.: il.

12. Patent 2241921, MPK F 25 B 11/00 Avtonomnoe ustrojstvo dlja utilizacii jenerгии gaza / N.I. Bogatyrev, O.V. Vronskij, P.P. Ekimenko i dr. (RF) zajavitel' i patentoobladatel' KubGAU. – № 2003110275/06; Zajavl. 09.04.03; Opubl. 10.12.04; Bjul. № 34. – 12 c.: il.

13. Patent 2257515, MPK F 25 B 11/00 Gazoturbogenerator / N.I. Bogatyrev, V.N. Temnikov, N.N. Kurzin i dr. (RF) zajavitel' i patentoobladatel' KubGAU. – № 2003115075/06 (015931); Zajavl. 20.05.03; Opubl. 27.07.05; Bjul. № 21. – c.: il.

14. Patent 2337465, MPK N02P 9/44 Ustrojstvo dlja stabilizacii naprjazhenija asinhronnogo generatora / N.I. Bogatyrev, A.O. Grigorash, Ja.A. Il'chenko i dr. zajavitel' i patentoobladatel' KubGAU. – № 2007140615/09; Zajavl. 01.11.07; Opubl. 27.10.08; Bjul. № 30. – 5 c.: il.

15. Patent 2366073, MPK N02P 9/46 Stabilizator naprjazhenija asinhronnyh generatorov dlja avtonomnyh istochnikov, vetrojenergeticheskikh ustanovok, malyh gidrostancij / N.I. Bogatyrev, P.P. Ekimenko, Ju.P. Stepura i dr. zajavitel' i patentoobladatel' KubGAU. – № 2007140615/09; Zajavl. 01.11.07; Opubl. 27.08.09; Bjul. № 24. – 5 c.: il.

16. Patent 2373630, MPK N02P 9/46 Ustrojstvo dlja regulirovanija i stabilizacii naprjazhenija avtonomnogo asinhronnogo generatora / N.I. Bogatyrev, N.S. Barakin, A.V. Vronskij i dr. zajavitel' i patentoobladatel' KubGAU. – № 2007140615/09; Zajavl. 31.03.08; Opubl. 20.11.09; Bjul. № 32. – 7 c.: il.

17. Patent 2457612 MPK H02P9/46 Ustrojstvo dlja regulirovanija i stabilizacii naprjazhenija mnogofunkcional'nogo avtonomnogo asinhronnogo generatora / N.I. Bogatyrev, N.S. Barakin, A.Ju. Popov i dr. zajavitel' i patentoobladatel' KubGAU. – № 2011110023/07; Zajavl. 16.03.2011; Opubl. 27.07.2012; Bjul. № 21. – 7 c.: il.

18. Patent 2518907, MPK H02J9/04 Sistema besperebojnogo i garantirovannogo jelektrosnabzhenija dlja naibolee otvetstvennyh potrebitelej jelektrojenerгии / N.I. Bogatyrev, V.N. Vanurin, N.S. Barakin N.S., D.Ju. Semernin i dr. zajavitel' i patentoobladatel' KubGAU. – № 2012150650/07; Zajavl. 26.11.2012; Opubl. 10.06.2014; Bjul. № 16. – 9 c.

19. Patent 2566197, MPK F25B 11/00 Gazoturbogenerator / N.I. Bogatyrev, S.M. Morgun, A.S. Krejmer, D.Ju. Semernin i dr. zajavitel' i patentoobladatel' KubGAU. – № 2014124123/06; Zajavl. 11.06.2014; Opubl. 20.10.2015; Bjul. № 29. – 8 c.

20. Semernin D.Ju. Gazoporshnevaja jelektrostancija s asinhronnym generatorom / D.Ju. Semernin, N.I. Bogatyrev // Nauch. obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: Materialy 6-j Vseros. nauch.- prakt. konf. molodyh uchenyh. Krasnodar, 2012. – S. 369 – 370.

21. Svod pravil SP 13330.2011. Teplicy i teplichnye kombinaty. M.: 2011 – 135 s.

22. Chazova I.Ju., Dolgovyh O.G. Issledovanie faktorov, okazyvajushhijh vlijanie na snizhenie jenergoemkosti teplichnoj produkcii // Vestnik Udmurt. Un-ta. Ser. Jekonomika i pravo. - 2012. - № 2-1. - S. 72-76.