

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО АВТОНОМНОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ

Введение. В газотранспортной системе Украины эксплуатируется около 1600 газораспределительных станций (ГРС) и 51000 газораспределительных пунктов (ГРП), которым требуются источники электроэнергии для целей катодной защиты, обеспечения функционирования электрооборудования, освещения, для выполнения ремонтных работ и других собственных нужд. Зачастую ГРС и ГРП расположены в отдалении от электрических сетей, поэтому подведение к ним линий электроснабжения требует значительных капиталовложений.

Понижение давления на существующих ГРС и ГРП осуществляется, как правило, путем дросселирования, что сопровождается значительными потерями энергии и выпадением конденсата, то есть потерями газа. Более рационально – понижение давления с помощью турбодетандера, при этом является естественным использовать его механическую энергию для выработки электрической энергии.

Постановка задач исследования. К электрической энергии, используемой на ГРС и ГРП, предъявляются определенные требования:

- стабильность частоты и амплитуды напряжения,
- возможность обеспечения как постоянного, так и переменного тока,
- качественный гармонический состав переменного напряжения.

Исходя из этих требований, представляется целесообразным силовую часть источника электроэнергии для вышеуказанных потребителей выполнить по структуре «Турбодетандер-генератор-выпрямитель-автономный инвертор». Такое исполнение позволяет обеспечить автономность источника электроэнергии, то есть устранить значительные затраты на подведение к ГРП и ГРС линий электропитания, сократить потери энергии за счет понижения давления не с помощью дросселирования, а за счет использования турбодетандера.

Дополнительный экономический эффект может быть получен за счет подогрева с помощью термоэлектронагревателей (ТЭНов) газового конденсата, превращения его при этом в газообразное состояние и направления обратно в газовую сеть.

Материалы исследования. С учетом вышеуказанных условий эксплуатации представляется целесообразным в качестве генератора электрической энергии использовать асинхронную машину (АМ), имеющую известные преимущества с точки зрения надежности и массогабаритных показателей. Однако при этом необходимо обеспечить надежное самовозбуждение асинхронного генератора (АГ).

Различные способы и условия возбуждения подобных генераторов рассматривались в [1,2]. Исследования влияния различных факторов на условия самовозбуждения АГ с конденсаторным возбуждением на основе двухосевой математической модели АМ, учитывающей нелинейность характеристики намагничивания, были проведены средствами компьютерного моделирования в пакете Matlab 6.5, а также на лабораторном стенде и описаны в [3]. Данные исследования подтвердили выводы о целесообразности использования АГ в автономном источнике питания для ГРС и ГРП.

Учитывая, что выходное напряжение АГ существенно зависит как от скорости вращения турбодетандера, так и от нагрузки, а также необходимости подогрева газового конденсата, принимаем двухуровневую систему стабилизации выходного напряжения. На первом уровне в зависимости от изменения нагрузки регулируется ток ТЭНов, обеспечивая постоянство нагрузки АГ. На втором уровне с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ) выходного напряжения инвертора осуществляется более точное регулирование амплитуды выходного напряжения. Таким образом,

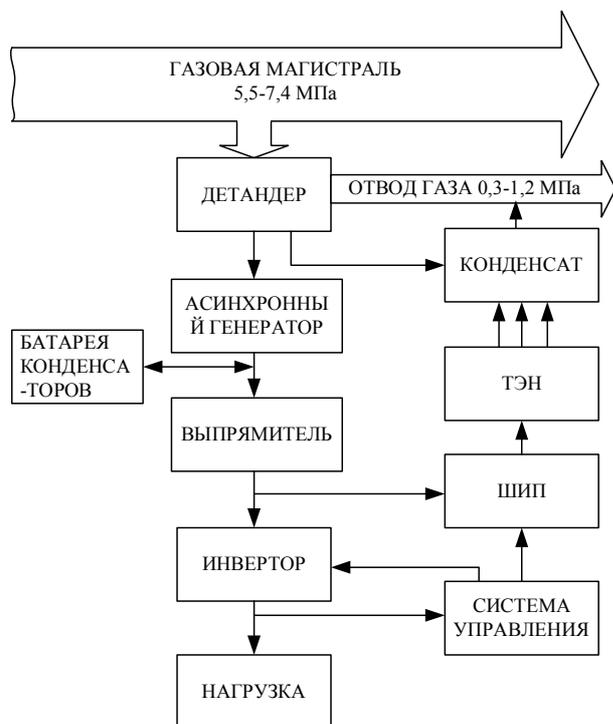


Рис.1. Функциональная схема детандер-генераторной установки

функциональная схема энергосберегающего автономного источника электроэнергии для ГРС и ГРП предлагается в виде, представленном на рис.1.

В соответствии с данной схемой турбодетандер, понижая давление газа, поступающего из газовой магистрали, приводит во вращение АГ, самовозбуждение которого обеспечивается благодаря подключенным к статорной обмотке батареи конденсаторов возбуждения. Выходное напряжение АГ выпрямляется и с одной стороны регулируется широтно-импульсным преобразователем (ШИП) и используется для питания ТЭНов, а с другой – поступает на инвертор, который преобразовывает его в переменное напряжение. Работа ключей инвертора осуществляется микропроцессорной системой управления, реализованной на микропроцессоре ATMEL MEGA 8535, по алгоритму ШИМ, обеспечивающего требуемый гармонический состав. Синусоидальность выходного напряжения достигается установкой выходного фильтра. Стабильность частоты переменного напряжения обеспечивается стабильностью тактовой частоты кварцевого резонатора.

Лабораторные исследования эффективности предложенной системы управления были проверены на асинхронной машине МТФ 311-6 номинальной мощностью $P_n=11$ кВт, скоростью вращения $n_n=945$ об/мин. Емкость конденсаторов возбуждения включаемых в каждую фазу статорной обмотки составляла $C=50$ мкФ.

На рис. 2 приведены осциллограммы переходных процессов выходного напряжения (кривая 1) и тока в балластных сопротивлениях (кривая 2) при набросе и сбросе номинальной нагрузки. Как видно из рис.2, при работе ДГУ без нагрузки (начальный и конечный участки рис.2) система управления обеспечивает ток балластных сопротивлений такой, что нагрузка АГ и выходное напряжение инвертора являются номинальными. При подключении номинальной нагрузки к выходу инвертора система управления отключает балластные сопротивления (средний участок на рис.2), тем самым поддерживая постоянство нагрузки и, соответственно, напряжения. Колебания выходного напряжения инвертора при подключении номинальной нагрузки не превышают 4 %.

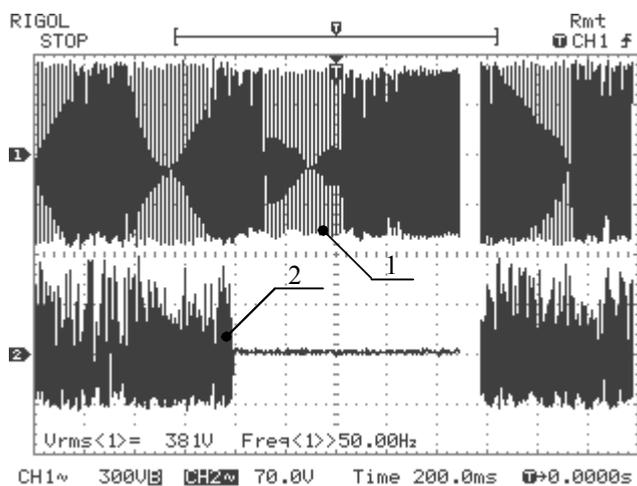


Рис.2. Осциллограммы выходного напряжения и тока в балластных сопротивлениях при сбросе-набросе номинальной нагрузки

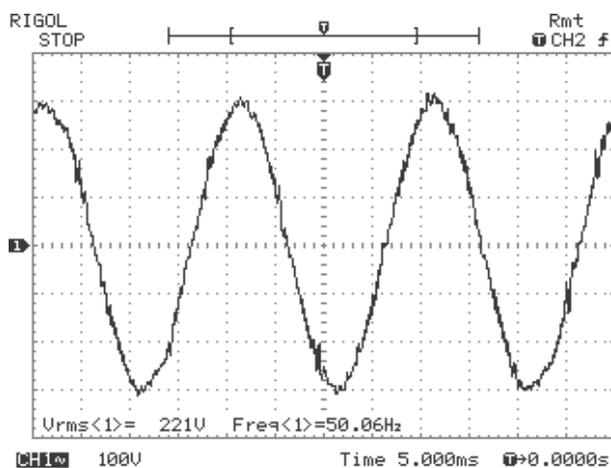


Рис.3. Осциллограмма выходного напряжения при работе ДГУ под нагрузкой

Рис. 3 подтверждает, что примененный алгоритм ШИМ и наличие выходного фильтра обеспечивают форму выходного напряжения, близкую к синусоидальной. Коэффициент искажения формы синусоидальности выходного напряжения равен $K_{fi}=0,99$.

Выводы. Применение двухуровневого принципа стабилизации в автономном источнике питания на базе АГ с выпрямителем и автономным инвертором с ШИМ с микропроцессорным управлением обеспечивает высокую стабильность и качество выходного напряжения, соответствующие требованиям ГОСТ 13109-87.

По заказу ОАО «Турбогаз», по предлагаемым техническим решениям на кафедре «Автоматизированные электромеханические системы» Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» было создано преобразовательное устройство на IGBT с микропроцессорным управлением для ДГУ-8-380-У1 номинальной мощностью $P=8$ кВт, напряжением $U=380$ В, 50 Гц, успешно прошедшее испытания на экспериментальной установке у заказчика.

Литература.

1. Вишневецкий Л.В., Пасс А.Е., Системы управления асинхронными генераторными комплексами – К.; Одесса: «Лыбидь», 1990. – 168 с.
2. Асинхронні генератори з вентильним та вентильно-ємнісним збудженням для автономних енергоустановок: Автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.09.01/Л.І. Мазуренко/НАН України. Ін-т електродинаміки. - К., 2001. - 37 с. - укр.
3. Клепиков В.Б., Колотило В.І., Моисеев О.М., Банев Є.Ф. Дослідження процесів самозбудження в електротехнічній системі «Детандер-асинхронний генератор-інвертор» // Електроінформ. – 2007. №2. – С.6-8.