

**СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ синхронного генератора с постоянными магнитами**

*Ратошный Александр Николаевич*  
профессор, доктор сельскохозяйственных наук,  
*Ивановский Олег Якович*  
магистр,

*Калюта Михаил Андреевич*  
студент  
Кубанский государственный аграрный университет  
имени И.Т. Трубилина г. Краснодар

**VOLTAGE REGULATORS FOR SYNCHRONOUS GENERATOR WITH PERMANENT MAGNETS**

*Ratoshny Alexander*  
professor, doctor of agricultural Sciences,  
*Ivanovsky Oleg*  
master,

*Kalyuta Mikhail*  
student  
Kuban state agrarian University  
name I. T. Trubilin Krasnodar

**Аннотация**

Для улучшения эксплуатационно-технических характеристик автономных систем электроэнергетики предложено в качестве источника электроэнергии в их структуре использовать бесконтактный синхронный генератор с возбуждением от постоянных магнитов. Предложены структурно-схемные решения систем стабилизации напряжения бесконтактного генератора. Рассмотренные структурно-схемные решения стабилизаторов напряжения повысят эффективность предпроектных работ по разработке автономных систем электроснабжения путем оптимизации её структуры в зависимости от требований потребителей к качеству электроэнергии.

**Abstract**

To improve the operational and technical characteristics of Autonomous power systems, it is proposed to use a contactless synchronous generator with excitation from permanent magnets as a source of electricity in their structure. The proposed schematic solution of systems of contactless voltage regulation of the generator. The considered structural and circuit solutions of voltage stabilizers will increase the efficiency of pre-design work on the development of Autonomous power supply systems to optimize its structure depending on the requirements of consumers to the quality of electricity.

**Ключевые слова:** автономная система электроснабжения, бесконтактный генератор электроэнергии, синхронный генератор с постоянными магнитами.

**Keywords:** Autonomous power supply system, contactless power generator, synchronous generator with permanent magnets.

Основным функциональным узлом автономных систем электроснабжения (АСЭ) являются электромеханические генераторы электроэнергии, которые также применяются в составе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) – ветроэнергетических установках и мини (микро) гидроэлектростанциях. Эксплуатационно-технические характеристики, включая показатели надежности и КПД АСЭ, в основном зависят от источников электроэнергии. Одним из перспективных направлений улучшения основных характеристик АСЭ является применение в их составе бесконтактные генераторы электроэнергии (БГЭ), которые в сравнении с контактными электромеханическими генераторами имеют выше показатели надежности, включая ресурс работы, и КПД, [1, с.557, 2, с.4].

Известно, что основным недостатком бесконтактных генераторов является сложность стабилизации напряжения при изменениях величины и характера нагрузки. Однако в настоящее время значительно улучшились характеристики конденсаторов,

применяемых в качестве источников возбуждения генераторов и компенсации реактивной мощности нагрузки, а также силовых электронных приборов, применяемых в системах стабилизации напряжения и защиты БГЭ.

В настоящее время из всех типов известных технических решений БГЭ широкие перспективы раскрываются перед синхронными генераторами с возбуждением от постоянных магнитов (СПМ). Торцевая конструкция этих генераторов, позволяет создавать компактные электрические машины, при этом, они имеют небольшую массу вращающихся частей при обеспечении высоких значений вращающегося момента за счет большого диаметра двух дисковых роторов [3, с.35].

Стабилизацию напряжения СПМ можно несколькими способами.

Подключением к статорным обмоткам через оптосимисторы конденсаторов, автоматическое изменение емкости которых системой стабилизации

напряжения позволяет изменять величину реактивного тока, протекающего в цепи нагрузки, тем самым обеспечивается стабильное напряжение на выводах статорных обмоток генератора. Недостатком способа является большая масса и габариты конденсаторных батарей, которые могут быть больше массы и габаритов самого генератора.

Эффективным является способ стабилизации напряжения СГПМ за счет использования в конструкции магнитной системы генератора обмотки подмагничивания постоянного тока. Изменение величины этого тока системой стабилизации напряжения приводит к изменению степени насыщения магнитной системы генератора, и к изменению величины основного магнитного потока машины, что позволяет при дестабилизирующих факторах (изменении величины или характера нагрузки), поддерживать постоянное значение напряжения на вы-

водах СГПМ. Конструктивно не значительно увеличиваются габариты генератора, поскольку обмотка подмагничивания укладывается в пазы основной статорной обмотки электрической машины.

На рисунке 1 показан один из вариантов функциональной схемы стабилизатора напряжения СГПМ с обмоткой подмагничивания. На рисунке 1 показаны основные функциональные элементы источника электроэнергии и стабилизатора напряжения: *ИЭ* – измерительный элемент, определяющий сигнал рассогласования выходного напряжения от номинального значения; *МУ* – магнитный усилитель с рабочей обмоткой  $W_p$  и обмоткой управления  $W_y$ , применяется в качестве усилителя сигнала; *ИО* – исполнительный орган, выполняющий функции сумматора двух сигналов, который содержит выпрямитель, выполненный на диодах *VD1* и *VD2*, трансформатор напряжения *ТН*, обмотку подмагничивания *ОП*.

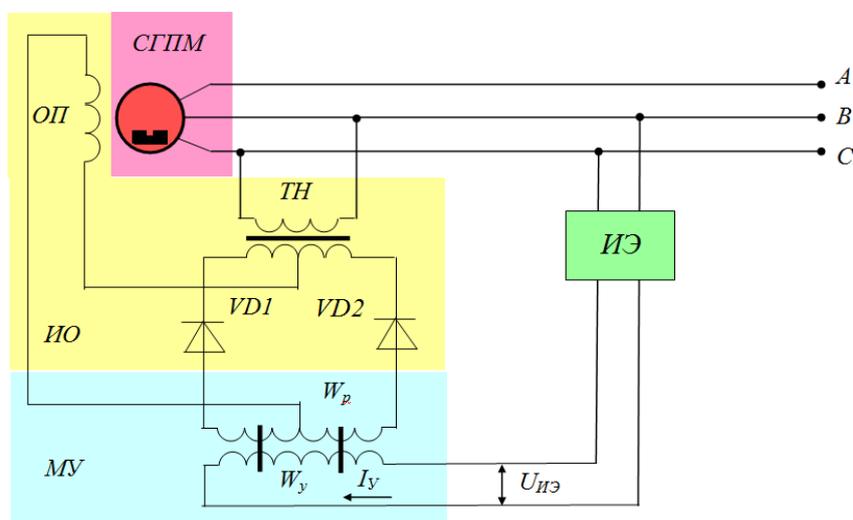


Рисунок 1 – Функциональная схема стабилизатора напряжения СГПМ

Стабилизатор напряжения СГПМ работает следующим образом. В измерительном элементе *ИЭ* происходит сравнение ведущего сигнала (напряжения на выходе генератора) с опорным напряжением, являющимся опорным сигналом. При этом, при изменении величины отклонения ведущего сигнала относительно опорного сигнала приводит к изменению величины тока управления  $I_y$  магнитного усилителя *МУ*. Что приводит к изменению величины рабочего тока, протекающего в рабочей обмотке магнитного усилителя *МУ*. Ток, протекающий через рабочую обмотку  $W_p$  магнитного усилителя, является током обмотки подмагничивания *ОП* (рисунок 1).

К примеру, если напряжение на выводах генератора *A*, *B* и *C* генератора уменьшится, то это приведет к уменьшению значения тока в обмотке подмагничивания *ОП*, а поскольку этот ток создаёт магнитный поток, направленный на встречу основного магнитного потока электрической машины, создаваемого статорными обмотками, то он уменьшится, что следовательно приведёт к увеличению

основного магнитного потока электрической машины и увеличению напряжения на выводах СГПМ.

Использование прямой и обратной связи в системе стабилизации напряжения (трансформатора напряжения и измерительного органа) повышает быстродействие системы стабилизации.

Применение магнитного усилителя в составе системы стабилизации напряжения целесообразно только когда СГПМ является источником напряжения с повышенной частотой тока (от 400 Гц).

Еще один из способов стабилизации параметров электроэнергии СГПМ связан с применением в качестве стабилизатора непосредственных преобразователей частоты (НПЧ). При этом, НПЧ стабилизируют независимо напряжение и частоту тока [3, с.40]. Однако с целью расширения диапазона регулирования напряжения целесообразно, чтобы НПЧ осуществляли только стабилизацию частоты тока, а стабилизацию напряжения генератора осуществлять путём изменения ёмкости конденсаторов блока компенсации реактивной мощности

нагрузки, подключённого к статорным обмоткам генератора.

Функциональная схема устройства стабилизации частоты тока и напряжения СГПМ приведена на рисунке 2. Принцип стабилизации напряжения состоит в изменении времени открытого состояния транзистора  $VT$  системой управления  $CV1$ . При этом, чем больше время открыт транзистор, тем большее емкостной ток компенсации, протекающий через выпрямительный мост  $B$  и блок конденсаторов  $БК$ , что приводит к повышению напряжения на выводах СГПМ.

Система управления  $CV2$ , обеспечивает стабилизацию частоты тока независимо от частоты вращения ротора СГПМ, изменяя время включения силовых электронных приборов НПЧ. Выходной фильтр  $\Phi$ , предназначен для обеспечения необходимого качества выходного напряжения автономного источника электроэнергии.

Рассмотренный способ стабилизации напряжения и частоты тока является эффективным при работе СГПМ в составе ветроэнергетической установки, где частота вращения ветроколеса является нестабильной.

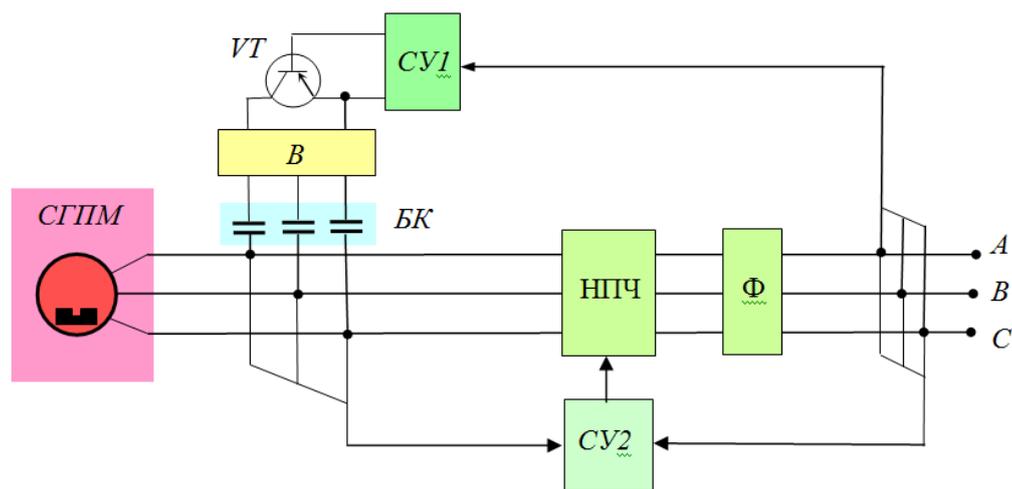


Рисунок 2 – Функциональная схема устройства стабилизации частоты тока и напряжения СГПМ

Таким образом, рассмотренные структурно-схемные решения стабилизаторов напряжения СГПМ повысят эффективность предпроектных работ по разработке АСЭ путем оптимизации её структуры в зависимости от требований потребителей к качеству электроэнергии.

#### Список литературы:

1. Квитко А.В. Бесконтактные генераторы автономных систем / Сб. статей по материалам 72 НПЧ преподавателей по итогам НИР 2016. – 2017. – С.557–558.
2. Григораш О.В., Божко С.В., Попов А.Ю. и др. Автономные источники электроэнергии состояние и перспективы. – Краснодар, 2012. – 174 с.
3. Григораш О.В., Попов А.Ю., Власенко Е.А. и др. Системы гарантированного электроснабжения. – Краснодар, 2017. – 223 с.