

## Система стабилизации питания PILLER для мини-ТЭС

**А**мериканская компания AMD, занимающаяся производством микросхем, выпускает с 1999 года высокотехнологичные микропроцессоры на заводе в г. Дрездене (Германия). Для того чтобы обеспечить производство необходимым количеством энергии здесь была установлена мини-ТЭС на базе газопоршневых установок (ГПУ) с системой утилизации тепла, работающая параллельно с внешней сетью электроснабжения (фото 1).

Общая электрическая выходная мощность станции составляет 24 МВт, нагрузка – 16 МВт, перекачиваемая мощность (отдаваемая во внешнюю сеть электроснабжения и потребляемая из нее) – 5 МВт. Мини-ТЭС одновременно вырабатывает электрическую энергию и использует выделяемую тепловую энергию – ее общий КПД составляет 85% (для сравнения: системы, генерирующие электроэнергию без утилизации тепла, имеют КПД около 35%).

Всего на станции установлено шесть газопоршневых установок. Четыре установки используются для питания нагрузки, пятая – для реализации резервирования по схеме N+1, шестая ГПУ является резервной (для проведения технического обслуживания и регламентных работ на одной из установок).

Для установленной мини-ТЭС кроме высоких требований к надежности электроснабжения предъявлялись жесткие требования и к качест-

ву электроэнергии: допустимое напряжение  $20 \text{ кВ} \pm 8\%$ ; частота –  $50 \text{ Гц} \pm 1\%$ . Для удовлетворения этим требованиям оператором EVC (Energieversorgungszentrum Dresden Wilschdorf GmbH & CoKG) была установлена система стабилизации питания PILLER для кондиционирования электроэнергии (поддержания заданных параметров электросети), поступающей от мини-ТЭС и от внешней сети электроснабжения.

Система стабилизации питания (ССП) построена на базе динамических источников бесперебойного питания PILLER Uniblock-T (статья о принципах работы и технических характеристиках ИБП была опубликована в №6, 2007 г.). В отличие от стандартного применения, данная система стабилизации питания решает две основные задачи:

- исключение недопустимых отклонений частоты из-за относительно медленной реакции газовых двигателей на изменение уровней нагрузки;
- сопряжение внешней сети электроснабжения с сетью электропитания от ГПУ. При этом параметры внешней сети также стабилизируются, и на нагрузку не передаются возмущения, возникающие в электрической сети вследствие гармонических искажений, просадок напряжения, коротких замыканий и отклонений частоты.

Фото 1.  
Мини-ТЭС  
на заводе  
в г. Дрездене

Фото 2.  
Нужна подпись



## Концепция электроснабжения

Электрическая энергия вырабатывается генераторными установками на базе газопоршневых двигателей с искровым зажиганием, работающими на обедненной смеси природного газа. Такие двигатели имеют улучшенные экологические характеристики.

Электрическая мощность каждой установки составляет 3,9 МВт. Если для текущего уровня нагрузки требуется  $N$  установок, то как правило работает  $N+1$  установка. Электроэнергия, вырабатываемая дополнительной ГПУ, поставляется во внешнюю сеть электроснабжения, оператором которой является компания DREWAG-Stadtwerke Dresden GmbH.

В дополнение к возможности поставлять электроэнергию во внешнюю сеть переменного тока, оператор EVC может получать ее из внешней электросети для обеспечения надежного электроснабжения.

## Система стабилизации питания

ССП PILLER соединяет внешнюю сеть электроснабжения оператора DREWAG (шина стандартного качества – СК-шина) и шину параллельно работающей мини-ТЭС (шина высокого качества – ВК-шина). Система позволяет передавать энергию между внешней сетью переменного тока и мини-ТЭС в обоих направлениях.

В систему стабилизации (рис. 1) входят:

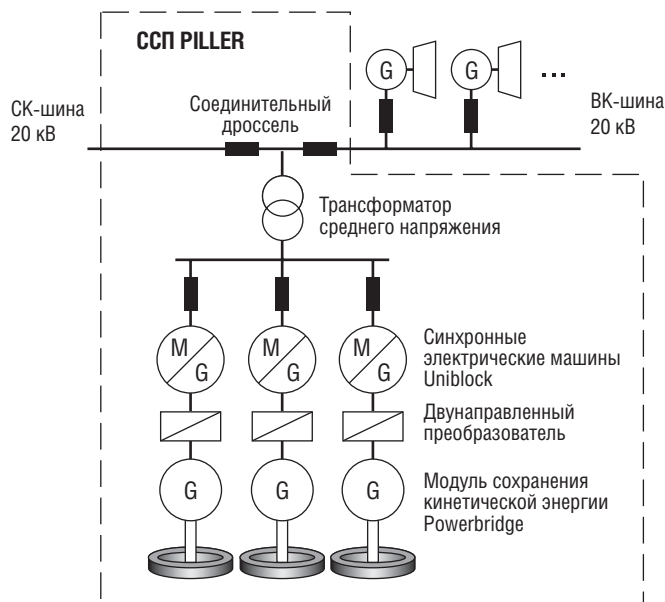
- модуль сохранения кинетической энергии Powerbridge;
- синхронная электрическая машина – мотор-генератор Uniblock;
- двунаправленный преобразователь;
- трансформатор среднего напряжения 20 кВ/0,6 кВ;
- соединительный дроссель.

ССП обеспечивает качество электроснабжения как при параллельной работе с внешней сетью электроснабжения, так и в независимом режиме.

## Работа в параллельном режиме

В параллельном режиме необходимо обеспечить сопряжение внешней сети электроснабжения и шины мини-ТЭС. При их непосредственном сопряжении все возмущения в питающей сети (такие как паразитные гармоники, просадки напряжения, короткие замыкания, отклонения частоты и т.д.) передаются на критическую нагрузку. Эта проблема устраняется при помощи системы стабилизации питания следующим образом:

- внешняя сеть электроснабжения и мини-ТЭС соединяются через буфер – высокоимпедансный соединительный дроссель – на уровне среднего напряжения;



- осуществляется фильтрация кратковременных сбоев в системе электроснабжения;
- обеспечивается передача энергии до 5 МВт во внешнюю сеть и обратно;
- модуль сохранения кинетической энергии предотвращает колебания частоты газового двигателя при изменениях нагрузки;
- регулирование напряжения и компенсация реактивных токов достигается за счет применения синхронных электрических машин Uniblock (три параллельно включенные системы PILLER Uniblock-T).

Рис. 1.  
Система стабилизации питания PILLER

## Работа в независимом режиме

Во время сбоев внешней сети электроснабжения переменного тока система стабилизации отключается от внешней сети и работает в независимом режиме. Без применения соответствующей системы медленная реакция газовых двигателей на изменение нагрузки (например, при изменении уровня потребления энергии или при отказе одной из установок) может вызвать недопустимые отклонения частоты подаваемого на нагрузку напряжения.

Частотная стабилизация осуществляется за счет модуля сохранения кинетической энергии, который способен поглотить или выдать энергию до 50 МВт·с. Это позволяет компенсировать нежелательные эффекты, возникающие при подключении или сбрасывании нагрузки.

Стабилизация выходной частоты газовых двигателей происходит в течение нескольких миллисекунд благодаря быстрой динамической реакции ССП. Система может обеспечить стабилизацию электропитания, имея значительно меньшую мощность, чем общая мощность электростанции.

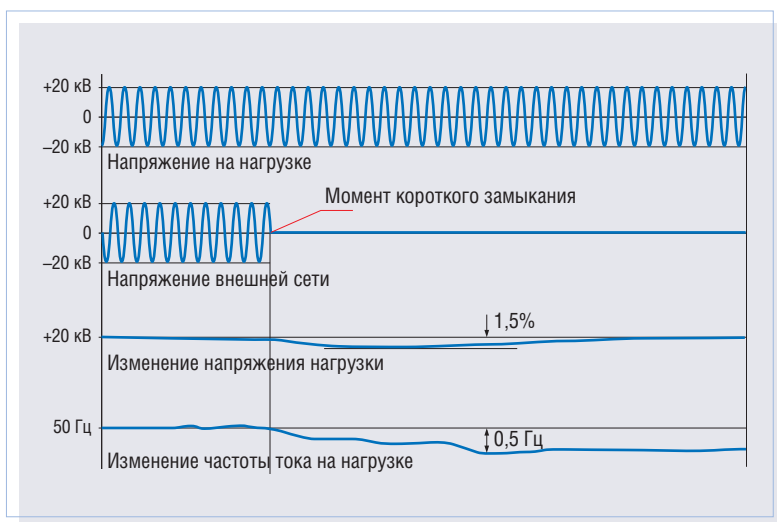


Рис. 2.  
Короткое замыкание на СК-шине на входе ССП PILLER

### Компоненты системы стабилизации питания PILLER

Модуль сохранения кинетической энергии *Powerbridge*. Модуль состоит из маховиков, на которых накапливается кинетическая энергия. Она преобразуется из электрической энергии (и обратно) с помощью двунаправленных преобразователей. Маховики, по сути, являются синхронными электрическими машинами с «тяжелыми» роторами, а двунаправленные преобразователи – частотными. Максимальная мощность модуля – 3 x 1,65 МВт. Рабочий диапазон скорости вращения от 1800 до 3600 об/мин. Потери составляют менее 10 кВт для одного устройства. Рабочая температура модуля *Powerbridge* от 0 °С до 40 °С.

*Электрическая машина – мотор-генератор Uniblock*. Синхронная электрическая машина является комбинацией мотора и генератора, которые расположены в общем корпусе. При помощи мотор-генератора регулируется напряжение на выходе соединительного дросселя. Недостаток или излишки электрической энергии компенсируются модулем *Powerbridge*, подключенным к мотор-генератору через двунаправленный преобразователь. Статорные обмотки мотора и генератора расположены рядом, с угловым смещением относительно друг друга. Таким образом, преобразование энергии происходит в обмотках общего статора как в высокоэффективном «вращающемся» трансформаторе. *Uniblock* имеет компактную конструкцию, что значительно снижает стоимость обслуживания и увеличивает надежность машины по сравнению с конструкцией, где мотор и генератор разделены.

*Соединительный дроссель и трансформатор среднего напряжения*. Дроссель соединяет внешнюю сеть электроснабжения и шину питания нагрузки, обеспечивая поступление энергии в обоих направлениях. Специальная конструкция дросселя в комбинации с модулем

сохранения кинетической энергии обеспечивают подавление возмущений (в обоих направлениях между внешней сетью и нагрузкой). Трансформатор реализует надежное соединение между системой стабилизации низкого напряжения (600 В) и шиной питания среднего напряжения (20 кВ).

### Преимущества использования системы PILLER

На рис. 2 показаны результаты измерений напряжения и частоты на ВК-шине при использовании ССП PILLER в момент короткого замыкания на СК-шине. Видно, что действующее значение напряжения, подаваемого на нагрузку, отклоняется от заданного не более чем на 1,5 %. Отклонение частоты напряжения на нагрузке – менее 0,5 Гц. Таким образом, требования к качеству напряжения полностью удовлетворяются.

Основные преимущества реализованной системы стабилизации питания:

- модуль сохранения кинетической энергии способен выдавать или поглощать 5 МВт энергии за 5 секунд. Электроэнергия передается в обоих направлениях – в систему и из системы электроснабжения переменного тока;
- выходная частота газовых двигателей стабилизируется в течение нескольких миллисекунд благодаря очень быстрой динамической реакции ССП;
- модуль *Powerbridge* предотвращает колебания частоты газового двигателя при изменениях нагрузки, осуществляется фильтрация кратковременных сбоев в системе электроснабжения;
- конструкция модуля, в которой используется один общий трансформатор среднего напряжения, а также простая концепция, основанная на сопряжении с внешней сетью электроснабжения посредством соединительного дросселя, обеспечивают экономичность ССП. Кроме того, модуль требует минимальных затрат на обслуживание. Ожидаемый период эксплуатации ССП – более 20 лет.

Компания *PILLER Power Systems GmbH* является всемирно известным поставщиком энергетического оборудования для обеспечения стабильного электроснабжения промышленных предприятий, а также информационных технологий, телекоммуникации и наземных служб в авиации. ■

Представитель компании PILLER в России –  
ООО «Энергоком»  
Тел./факс: +7 (495) 942-96-11, 942-83-39  
E-mail: [energo@energocom.ru](mailto:energo@energocom.ru)  
[www.energocom.ru](http://www.energocom.ru)