

УДК 621.316.717

**Барський Віктор Олексійович**, д-р техн. наук, проф., головний конструктор  
Міжнародний консорціум «Енергозберігання», м. Харків, Україна. Вул. *Маршала Конєва, 1-А, м. Харків, Україна, 61052. Тел. +38-057-712-48-65. E-mail: [office@mke.com.ua](mailto:office@mke.com.ua)*

**Уфимцев Ігор Володимирович**, керівник проектів  
Міжнародний консорціум «Енергозберігання», м. Харків, Україна. Вул. *Маршала Конєва, 1-А, м. Харків, Україна, 61052. Тел. +38-057-712-48-65. E-mail: [office@mke.com.ua](mailto:office@mke.com.ua)*

**Маляр Анатолій Віталійович**, провідний фахівець  
Міжнародний консорціум «Енергозберігання», м. Харків, Україна. Вул. *Маршала Конєва, 1-А, м. Харків, Україна, 61052. Тел. +38-057-712-48-65. E-mail: [office@mke.com.ua](mailto:office@mke.com.ua)*

### ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНА ЧАСТИНА БЕЗРЕДУКТОРНОЇ ГАЗОТУРБІННОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ПОТУЖНІСТЮ 2500 КВТ

*Запропоновані основні технічні рішення по генератору і напівпровідниковому перетворювачу частоти для створення безредукторної газотурбінної електростанції потужністю 2500 кВт. Розглянуті різні варіанти перетворювальної частини електростанції.*

**Ключові слова:** безредукторна газотурбінна електростанція, швидкооборотний генератор, напівпровідниковий перетворювач.

**Барский Виктор Алексеевич**, д-р техн. наук, проф., главный конструктор  
Международный консорциум «Энергосбережение», г. Харьков, Украина. Ул. *Маршала Конєва, 1-А, г. Харьков, Украина, 61052. Тел. +38-057-712-48-65. E-mail: [office@mke.com.ua](mailto:office@mke.com.ua)*

**Уфимцев Игорь Владимирович**, руководитель проектов  
Международный консорциум «Энергосбережение», г. Харьков, Украина. Ул. *Маршала Конєва, 1-А, г. Харьков, Украина, 61052. Тел. +38-057-712-48-65. E-mail: [office@mke.com.ua](mailto:office@mke.com.ua)*

**Маляр Анатолий Витальевич**, ведущий специалист  
Международный консорциум «Энергосбережение», г. Харьков, Украина. Ул. *Маршала Конєва, 1-А, г. Харьков, Украина, 61052. Тел. +38-057-712-48-65. E-mail: [office@mke.com.ua](mailto:office@mke.com.ua)*

### ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ БЕЗРЕДУКТОРНОЙ ГАЗОТУРБИНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ МОЩНОСТЬЮ 2500 КВТ

*Предложены основные технические решения по генератору и полупроводниковому преобразователю частоты для создания безредукторной газотурбинной электростанции мощностью 2500 кВт. Рассмотрены различные варианты преобразовательной части электростанции.*

**Ключевые слова:** безредукторная газотурбинная электростанция, высокооборотный генератор, полупроводниковый преобразователь.

**Barskiy Viktor Alekseevich**, Dr. Eng. Sc., Prof., Chief designer. International consortium «Energoberezhnenie», Kharkov, Ukraine. Str. *Marshala Koneva, 1-A, Kharkov, Ukraine, 61052. Tel. +38-057-712-48-65. E-mail: [office@mke.com.ua](mailto:office@mke.com.ua)*

**Ufimtsev Igor Vladimirovich**, project manager. International consortium «Energoberezhnenie», Kharkov, Ukraine. Str. *Marshala Koneva, 1-A, Kharkov, Ukraine, 61052. Tel. +38-057-712-48-65. E-mail: [office@mke.com.ua](mailto:office@mke.com.ua)*

**Malyar Anatoliy Vital'evich**, leading expert. International consortium «Energoberezhnenie», Kharkov, Ukraine. Str. *Marshala Koneva, 1-A, Kharkov, Ukraine, 61052. Tel. +38-057-712-48-65. E-mail: [office@mke.com.ua](mailto:office@mke.com.ua)*

### CONVERTER PART OF GEARLESS GAS TURBINE POWER PLANT WITH CAPACITY OF 2500 KW

*The main technical solutions are offered on the generator and the converter to create a gearless gas turbine power plant with capacity of 2500 kW. Various options for converter part of the power plant are considered.*

**Keywords:** gearless gas turbine power plant, high speed generator, converter.

#### Введение

В настоящее время актуальна задача повышения надежности, снижения габаритов и стоимости газотурбинных электростанций, работающих на природном газе. Сейчас такие электростанции строятся по следующей схеме [1]: газотурбинный привод через понижающий редуктор вращает синхронный генератор. Номинальная частота вращения газотурбинных приводов варьируется от 6000 до 14000 об/мин, номинальная частота вращения генераторов – от 1000 до 3000 об/мин.

Указанная схема электростанции имеет недостатки. Выпускаемые редукторы имеют небольшой ресурс (до 100000 часов) при условии 3–4х капитальных ремонтов за срок службы в заводских условиях. Для их работы необходимы сложные системы смазки. Стоимость изготовления и обслуживания редукторов достаточно высока. Синхронные генераторы из-за малого числа оборотов имеют значительные габариты, массу и стоимость, что увеличивает габариты и стоимость электростанций.

Для устранения перечисленных недостатков газотурбинных электростанций МК «Энергосбережение» совместно с изготовителями электростанций и электрических машин ведет работы по созданию генератора и преобразовательного оборудования для безредукторной электростанции мощностью 2500 кВт с высокооборотным генератором с частотой вращения 12300 об/мин, подключаемым непосредственно к газотурбинному приводу. При этом полупроводниковый преобразователь осуществляет возбуждение генератора и преобразует его напряжение в напряжение промышленной сети 6,3 или 10,5 кВ с частотой 50 Гц.

При создании высокооборотного генератора существенной проблемой является обеспечение механической прочности ротора при высокой частоте вращения. Для решения этой проблемы целесообразно выполнить электрическую машину с пассивным ротором (без обмоток и постоянных магнитов), в частности, может быть использована машина, описанная в [2]. Конструкция ротора такой машины позволяет решить проблемы прочности при больших частотах вращения. Статор генератора изготавливается по классической схеме с размещением в пазах рабочих обмоток.

В качестве преобразовательного оборудования были рассмотрены три основных варианта:

- с использованием высоковольтного многоуровневого преобразователя частоты;
- с использованием высоковольтного тиристорного преобразователя частоты с непосредственной связью;
- с использованием низковольтного преобразователя частоты и повышающего трансформатора.

Достоинство схемы с высоковольтным многоуровневым преобразователем частоты – малые габариты и стоимость синусного фильтра [3]. К недостаткам схемы можно отнести следующее:

- значительные габариты преобразователя частоты с многообмоточным трансформатором специального исполнения (оборудование невозможно разместить внутри электростанции);
- высокая стоимость преобразователя частоты;
- сложность конструкции преобразователя частоты и, как следствие, пониженная надежность;
- необходимость разработки и изготовления двух различных преобразователей частоты и многообмоточных трансформаторов (на выходные напряжения 6,3 и 10,5 кВ).

Достоинство схемы с использованием высоковольтного тиристорного преобразователя частоты с непосредственной связью [4] – низкая стоимость преобразователя частоты (за счет применения тиристоров и отсутствия трансформатора). К недостаткам схемы можно отнести следующее:

- значительные габариты непосредственного преобразователя частоты;
- сложность конструкции преобразователя частоты и, как следствие, пониженная надежность;
- необходимость разработки и изготовления двух различных преобразователей частоты (на выходные напряжения 6,3 и 10,5 кВ);
- наличие в выходном напряжении значительных коммутационных провалов (низкое качество выходного напряжения), что увеличивает габариты и стоимость синусного фильтра;
- сложный алгоритм управления силовыми приборами преобразователя.

Достоинства варианта с использованием низковольтного преобразователя частоты и повышающего трансформатора:

- небольшие габариты преобразователя частоты;
- низкое рабочее напряжение преобразователя частоты (до 1000 В);
- единый преобразователь частоты для вариантов исполнения электростанции на 6,3 и 10,5 кВ (выходное напряжение обеспечивается повышающим трансформатором);
- простота и надежность преобразователя частоты (учитывая экспертную оценку надежности преобразователя с участием специалистов ф. «Semikron»);
- наличие опыта проектирования и производства мощных преобразователей частоты и фильтров по указанной схеме;
- наличие в производстве отработанных и сертифицированных трехфазных силовых IGBT-сборок SEMISTAK RE ф. «Semikron», широко применяемых в ветроэнергетике для изготовления мощных преобразователей частоты.

Недостатки варианта следующие:

- повышенные габариты и стоимость синусного фильтра;
- необходимость применения повышающего трансформатора с выходным напряжением 6,3 и 10,5 кВ и частотой 50 Гц.

Вариант с использованием низковольтного преобразователя частоты и повышающего трансформатора был принят для дальнейшей проработки. Структурная схема электростанции, построенной по указанной схеме, представлена на рисунке.

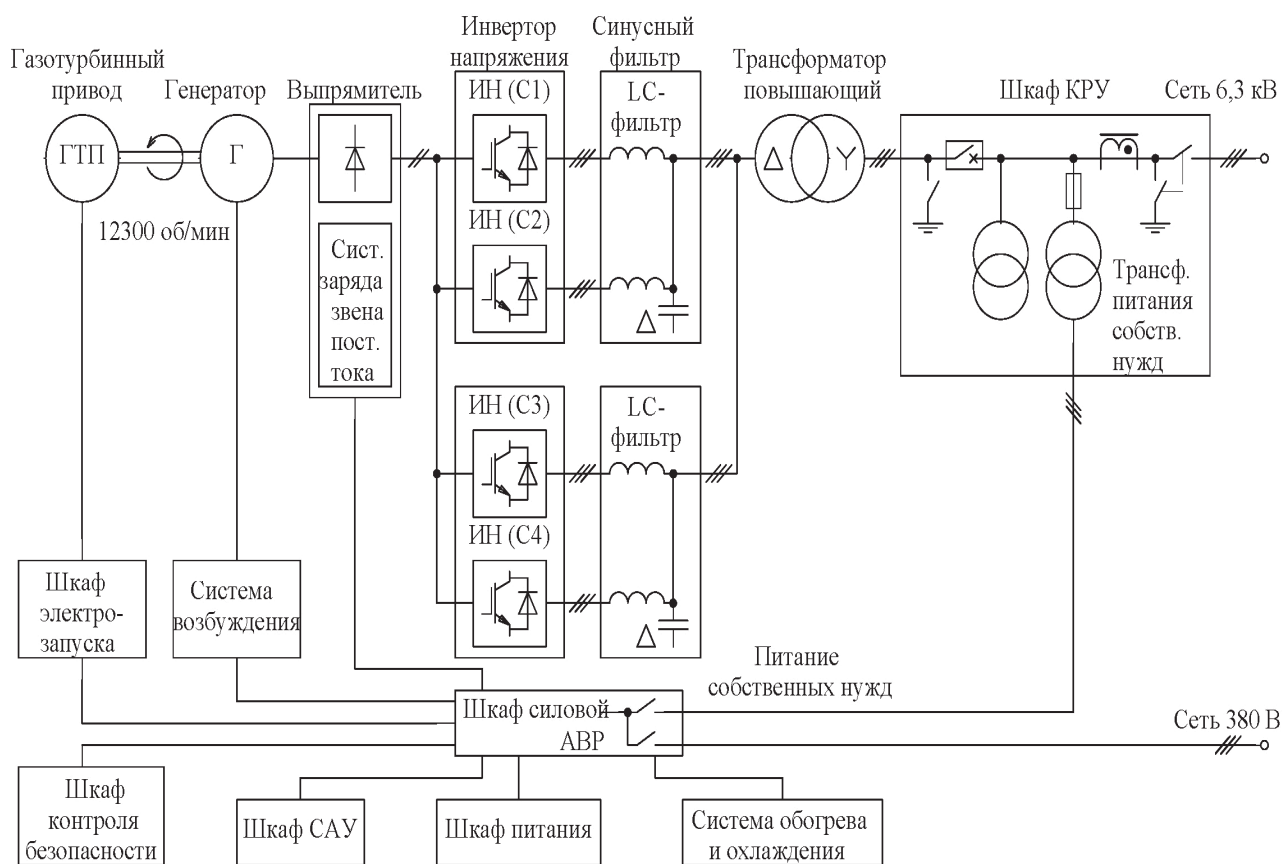


Рис. 1. Структурная схема безредукторной электростанции

Для экспериментальной проверки принятых технических решений в МК «Энергосбережение» была создана экспериментальная установка (гонный двигатель, макет генератора, макет преобразователя, система измерений регистрации). Положительные результаты экспериментов дают основания для перехода к проектированию генератора и

преобразовательного оборудования безредукторной электростанции мощностью 2500 кВт совместно с изготовителями газотурбинных электростанций и электрических машин.

**Список использованной литературы:**

1. Цанев С. В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций : учеб. пособие для вузов / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов ; под ред. С. В. Цанева ; – М. : Издательство МЭИ, 2002. – 584 с.
2. Козаченко В. Ф. Вентильно-индукторный электропривод с независимым возбуждением для тягового применения / В. Ф. Козаченко, М. М. Лашкевич // Электротехнические и компьютерные системы. – 2011, № 03(79).– С. 103–108.
3. Колпаков А. Алгоритмы управления многоуровневыми преобразователями / А. Колпаков, Е. Карташев // Силовая электроника, – 2009, № 2.– С. 57–65.
4. Справочник по преобразовательной технике / И. М. Чиженко, П. Д. Андриенко, А. А. Баран и др. ; под ред. И. М. Чиженко. – К. : Техника, 1978. – 447 с.

**References:**

1. Tsanev S. V., Burov V. D., Remezov A. N. (2002), Gas turbine and combined cycle gas turbine thermal power plants [Gazoturbinnye i parogazovye ustanovki teplovyh elektrostancii], Moscow, MEI, 584 p.
2. Kozachenko V. F., Lashkevich M. M. (2011), Switched reluctance drive with external excitation for the traction electric drive [Ventil'no-induktorny elektroprivod s nezavisimym возбуждением для тягового применения], *Electrotechnic and computer systems.*, no. 03 (79), P. 103–108.
3. Kolpakov A., Kartashev E. (2009), Control algorithms of multilevel converters [Algoritmy upravleniya mnogourovnevnyimi preobrazovatelyami], *Power electronics.*, no. 2, P. 57–65.
4. Chijenko I. M., Andrienko P. D., Baran A. A. and others (1978), Reference book about converter technique [Spravochnik po preobrazovatel'noy tehnike], Kiev, Tehnika, 447 p.

Поступила в редакцию 20.01 2016 г.