

SCIENTIFIC-TECHNICAL PREREQUISITES IN UKRAINE FOR DEVELOPMENT OF THE WIND-HYDROGEN PLANTS

Glazkov V.A.*, Kirichenko A.S., Kushnir B.I., Solovey V.V.* , Zhirov A.S.⁽¹⁾

State Design Office "YUZHNOYE",

3 Kryvoriska St., Dnepropetrovsk, 49008, Ukraine

⁽¹⁾ Institute of Mechanical Engineering Problem of the National Academy of Science of Ukraine,

2/10 Pozharsky St., Kharkov, 61046, Ukraine

Introduction

Analysis of world-wide trends to windpower engineering development makes it possible to conclude that this ecologically clean and renewable type of power engineering will become one of the key sources for satisfaction of energy needs of the world community in the immediate future. In spite of all windpower engineering intriguing capabilities one cannot but emphasize a drawback peculiar to it in connection with irregularity of power produced and so makes it necessary to search for rational technologies providing power production in periods of time when wind load is not available. To solve this problem, it is necessary to build up a system, which provides energy storage with following consumption.

Results and discussion

At present, Institute for Problems in Machinery of NAS (Ukraine) and "Yuzhnoe" SDO have developed a wind-driven power plant (WPP) with hydrogen storage (accumulator). The wind-driven power plant is intended for conversion of wind energy (at a wind speed ≥ 3 m/s.) into AC electric power of 200-600 kW (voltage – 220/380V, frequency- 50Hz) and production of ecologically clean energy carrier, i.e. hydrogen, as well as gaseous oxygen as a commercial product.

The proposed design of electrolyzer uses new method of separation of gases (hydrogen and oxygen) in time i.e. the process of work of electrolytic system becomes cyclic and consists of alternative cycles of hydrogen and oxygen release.

Separated in time the processes of gas release are possible in the case of accumulation of one of the water electrolysis products in electric-chemically active compound occurring in electric-chemical cell in liquid or solid phase (active electrode). It does not result in considerable volume change of this compound and allows to get the

second component at the passive electrode in a form of gas without any dividing membranes. Then with a change of polarity the cycle of the accumulated component release takes place on the electrodes. With this the gas pressure can be limited only by strength of constructional elements and a threshold of gas solubility in electrolyte. In practice the real level of pressure does not exceed 70.0 MPa. The proposed variant of electrolyzer would provide production of 5 nm³ hydrogen per hour under pressure of 120 atm without compressor.

Stable current of 2.2 kA m³ per hour provides powering of cell 7. In this case voltage on electrodes depends on the degree of oxidation (restoration) of active electrode mass and it is defined by both inner resistance of electrodes and inner EMF. The electrolyzer fuel cell working temperature fluctuates in limits of 353-373 K and does not demand forced cooling. Control for electrolyzer work parameters is realizing by specially developed electronic control block.

The advantage of hydrogen accumulator in use is that it can store hydrogen at a high pressure and generate electric power, working as a fuel cell in the absence of wind. Hydrogen produced can find the following use:

- heating green-houses by catalytic burning of hydrogen;
- provision of working medium applied to hydrogen-oxygen torches for soldering, welding, cutting and heat treatment of metal products;
- heating of lodging spaces with catalytic heaters;
- as an engine fuel;
- as a filling gas for sounding balloons;
- as fuel for electrochemical generation (fuel cell).

This work describes the method, which allows to keep activity of the electrode materials at a sufficiently high level and to extend the list of the materials suitable for design of fuel cells. This method

* Fax: 38 (056) 770 01 25 E-mail: kbu@public.ua.net;

Fax: 38 (0572) 58 56 79 E-mail: solovey@ipmach.kharkov.ua

is connected with practical implementation of keeping the activity of the electrode materials at the given level. This is achieved by setting the operation regimes providing self-regeneration capability of the electro-chemical systems.

As a porous electrode, this system uses the spongy metal deposited on a perforated or a mesh substrate in order to keep the shape of the porous electrode as needed. The merit of the porous deposits is their higher activity as compared to the solid-phase dispersed powder to be in common use for electrode design.

The specific feature of the proposed technology is that the fuel cell uses the electro-chemical regeneration system making it possible to move away (dissolve or transfer it onto the auxiliary electrode) followed by depositing the sponge on the main electrode including the electrolyte used during operation of the fuel cell in the routine regime.

The oxygen and hydrogen electrodes are fabricated of metal with activity meeting both fuel components. The electrode design considered presents mesh tubular frames made of nickel. Between the active electrodes with spongy coating are arranged the passive electrodes fabricated of the same material as the frame of the active electrodes.

When the cell functions in the electrolyzer regime, the gas emission on the active electrode is prevented from the metal sponge of the electrode frame owing to running the reversible processes viz. «dissolution – production». This ensures the basic concept of the high-pressure hydrogen generator characterizing in that the cycles of hydrogen and oxygen liberation are separated in time.

To transfer the electrolysis cell into the fuel cell mode the thicker spongy coating is electrochemically produced on the active electrodes. In operation of the system this coating needs lesser current densities. In the course of metal spongy deposition the passive mesh electrode is used as an insoluble anode. On completion of the sponge coating process the switching of oxygen and hydrogen electrodes is conducted. The passive mesh electrode is cut off from electrical lines and not used when sys-

tem functions in the fuel cell mode.

At regular intervals as the activity of the spongy electrodes reduces, the system is transferred to the steady state mode of operation. The process of complete dissolution of the spongy mass and deposition of the new one takes place. The metal mass used for preparation of the spongy mass is reduced to a minimum providing thereby saving of time and energy consumption for electrode regeneration.

The system functions under high pressure (15 MPa) and is equipped with a special-purpose control system ensuring the reliable and safe operation of the plant.

The proposed plant compares favorably to the known wind-driven power plants of the similar capacity offered in the world market as to its engineering standard, simplicity of assembly and attendance, reliability and safety.

Resume

Use of the wind-driven power plant WPP-200-600 kW will provide annual saving of up to 330-970 ton of coal or 160-500 thousand m³ of natural gas. The proposed plant will reduce environmental pollution with harmful smoke emissions formed during burning of organic fuel.

The plant may be connected to the centralized power-supply system or to operate in self-sustained regime.

References

1. V.Solovey, A. Zhiron, Yu. Shmal'ko, M.Lototsky and A. Prognimak. A reversible electrolyzer-fuel cell for autonomous power plant using renewable energy sources. HYPOTHESIS IV. Hydrogen Power – Theoretical and Engineering Solution International Symposium. Stralsund-Germany 2001. P.354-357
2. Жиров А.С., Соловей В.В., Макаров А.А. Устройство для получения водорода. Патент Украины № 29852А 1998.
3. Жиров А.С., Соловей В.В., Пличко В.С., Макаров А.А. Устройство для получения водорода и кислорода высокого давления. Патент Украины № 29853А 1998.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ В УКРАИНЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВЕТРОВОДОРОДНЫХ СТАНЦИЙ

Глазков В.А.*, Кириченко А.С., Кушнир Б.И., Соловей В.В.* , Жиров А.С.⁽¹⁾

Государственное конструкторское бюро «Южное»,
ул. Криворожская 3, Днепропетровск, 49008, Украина

⁽¹⁾Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины,
ул. Дм. Пожарского 2/10, Харьков, 61046, Украина

Введение

Анализ мировых тенденций развития ветроэнергетики позволяет сделать вывод о том, что этот экологически чистый и возобновляемый вид энергетики в ближайшем будущем станет одним из главных источников удовлетворения энергетических потребностей мирового сообщества. При всей привлекательности ветроэнергетики нельзя не отметить присущий ей недостаток, связанный с неравномерностью выработки энергии, что обуславливает необходимость поиска рациональных технологий, обеспечивающих выработку энергии в периоды отсутствия ветровой нагрузки. Для решения этой проблемы необходимо создание системы, обеспечивающей аккумуляцию и последующую генерацию энергии.

Результаты и обсуждение

В настоящее время Институт проблем машиностроения НАН Украины и ГКБ «Южное» НКАУ разрабатывают ВЭУ с водородным накопителем. Ветроэнергетические установки с водородным накопителем энергии предназначены для преобразования энергии ветра при скорости ≥ 3 м/с в электрическую энергию переменного тока напряжением 220/380 В, частотой 50 Гц и мощностью 200-600 кВт и производства экологически чистого энергоносителя - водорода, а также газообразного кислорода в качестве коммерческого продукта.

В предлагаемой конструкции электролизера используется новый способ разделения процессов выделения газов (водорода и кислорода) во времени, т.е. процесс работы электролитической системы становится циклическим - состоящим из чередующихся периодов выделения водорода и кислорода.

Разделение во времени процессов газовой выделения возможно в случае накопления одного из продуктов электролиза воды в электрохимически активном соединении, находящемся в

электрохимической ячейке в жидкой или твердой фазе (активный электрод), что не приводит к сколь нибудь значительному изменению объема этого соединения и позволяет получить второй компонент на пассивном электроде в виде газа без применения каких либо разделительных мембран. Затем при перемене полярности на электродах происходит цикл выделения накопленного компонента. При этом величина давления газов может быть ограничена только прочностью конструктивных элементов и порогом растворимости газов в электролите. Реально достигнутый уровень давления на практике составляет 70.0 МПа. Разрабатываемый вариант электролизера, обеспечит получение 5 н.м³ водорода в час при давлении 120 атм. без использования компрессора.

Питание электролитической ячейки осуществляется стабилизированным током (исходя из величины 2.2 кА). При этом напряжение на электродах изменяется в пределах 2В в зависимости от степени окисления (восстановления) активной массы электрода и определяется как внутренним сопротивлением электродов, так и внутренней ЭДС. Рабочая температура электролизной ячейки колеблется в пределах 353-373К и не требует принудительного охлаждения. Контроль за рабочими параметрами электролизера и их изменением осуществляется специально разработанным электронным блоком управления.

Преимущество использования водородного накопителя состоит в том, что он может аккумулировать водород при высоком давлении, а при отсутствии ветра вырабатывать электрическую энергию, работая в качестве топливного элемента. Полученный водород можно использовать:

- для обогрева теплиц посредством каталитического сжигания водорода;
- для обеспечения рабочим телом водород-

* Факс: 38 (056) 770 01 25
Факс: 38 (0572) 58 56 79

E-mail: kbu@public.ua.net;
E-mail: solovey@ipmach.kharkov.ua

кислородных горелок для пайки, сварки, резки и термообработки металлоизделий;

- для обогрева жилых помещений с помощью каталитических нагревателей;

- в качестве моторного топлива;

- в качестве газа-наполнителя метеорологических шаров-зондов;

- в качестве топлива в электрохимических генераторах (топливных элементов).

В работе рассмотрен метод, позволяющий сохранить активность электродных материалов на достаточно высоком уровне и расширяющий перечень материалов пригодных для конструирования топливных элементов. Он связан с реализацией, обеспечивающей поддержание активности на заданном уровне электродных материалов, путем выбора режимов работы, обеспечивающих способность электрохимических систем к саморегенерации.

В качестве пористого электрода в такой системе выступает губчатый металл, осажженный на перфорированный или сетчатый носитель для придания пористому электроду требуемой формы. Положительным свойством губчатых осадков является более высокая активность в сравнении с твердодисперсным порошком, применяемым в традиционных конструкциях электродов.

Особенностью предлагаемой технологии является то, что в топливном элементе используется электрохимическая система регенерации, которая позволяет убирать (растворять или переносить на вспомогательный электрод), а затем и наносить губку на рабочие электроды, в том же электролите, который используется при работе топливного элемента в штатном режиме.

Кислородный и водородный электроды изготовлены из металла, удовлетворяющего по активности обоим компонентам топлива. В рассматриваемой конструкции электроды представляют собой сетчатые трубчатые каркасы, выполненные из никеля. Между активными электродами с губчатым покрытием, располагаются пассивные сетчатые электроды, выполненные из того же материала, что и каркас активных электродов.

При работе ячейки в режиме электролизера, выделение газа на активном электроде предотвращается за счет осуществления обратимых процессов «растворение – образование» металлической губки на каркасе электрода. Этим обеспечивается основной принцип работы генератора водорода высокого давления, заключающийся в разнесении во времени циклов выделения водорода и кислорода.

Для перевода электролизной ячейки в режим

топливного элемента на активных электродах электрохимическим путем создается более плотное губчатое покрытие, требующее меньших плотностей тока при работе системы. В процессе осаждения металлической губки пассивный сетчатый электрод используется в качестве нерастворимого анода. После завершения процесса образования губчатого покрытия, осуществляется коммутация кислородного и водородного электродов. Пассивный сетчатый электрод отключается от электрических цепей и при работе системы в режиме топливного элемента не используется.

Периодически, по мере снижения активности губчатых электродов, система переводится в регламентный режим. Происходит полное растворение губчатой массы и осаждение новой. Количество металла, используемое для приготовления губчатой массы выбирается минимальным, что снижает время и энергозатраты на регенерацию электродов.

Вся система работает под высоким (15 МПа) давлением и снабжена специальной системой управления, обеспечивающей надежную и безопасную работу установки.

По своему техническому уровню, простоте монтажа и обслуживания, надежности и безопасности она превосходит традиционные ветроэнергоустановки аналогичной мощности, предлагаемые мировым рынком.

Выводы

Применение ВЭУ с водородным накопителем позволят экономить природное топливо и способствует снижению загрязнения окружающей среды вредными выбросами, образующимися при сжигании органического топлива.

Установка может быть подключена к централизованной системе электроснабжения или эксплуатироваться в автономном режиме.

Литература

1. V.Solovey, A. Zhiron, Yu. Shmal'ko, M.Lototsky and A. Prognimak. A reversible electrolyzer-fuel cell for autonomous power plant using renewable energy sources. HYPOTHESIS IV.Hydrogen Power – Theoretical and Engineering Solution International Symposium. Stralsund-Germany 2001. P.354-357
2. Жиров А.С., Соловей В.В., Макаров А.А. Устройство для получения водорода. Патент Украины № 29852А 1998.
3. Жиров А.С., Соловей В.В., Пличко В.С., Макаров А.А. Устройство для получения водорода и кислорода высокого давления. Патент Украины № 29853А 1998.