

Н.Н. САДУЛЛАЕВ, А.Х. ШОБОЕВ, Ш.Н. НЕМАТОВ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ В РЕГИОНАХ СО СЛАБЫМИ ПОТОКАМИ ВЕТРА

В статье изложен принцип построения ветроэлектрической установки с накопителем механической энергии. Для повышения эффективности работы установки вместо преобразователей и накопителя электрической энергии используется накопитель механической энергии. Такое электромеханическое преобразование энергии обеспечивает повышение эффективности работы ветроэлектрической установки в условиях слабых ветряных потоков. Описан принцип работы модели установки и обоснована эффективность его работы.

Ключевые слова: Ветроэлектрическая установка, накопитель механической энергии, энергоэффективность, слабые ветряные потоки, возобновляемые источники, эластичная верёвка, потенциальная энергия, альтернативные источники энергии.

Н.Н. Садуллаев, А. Х. Шобоев, Ш.Н. Нематов

Кучсиз ҳаво оқимлари шароитида шамол электр қурилмасини самарадорлигини ошириш

Мақолада механик энергияни захиралагич билан ишловчи шамол электр ускунасини яратиш принципи баён қилинган. Қурилмани иш самарадорлигини ошириш учун электр энергияси ўзгарткичлари ва захиралагичи ўрнига механик энергия захиралагичидан фойдаланилган. Бундай электромеханик ўзгартириш кучсиз ҳаво оқимлари шароитида шамол электр қурилмасини самарадорлигини оширишни таъминлайди. Қурилма моделини ишлаш принципи баён қилинган ва унинг самарадорлиги асосланган.

Таянч сўзлар: шамол электр ускунаси, механик энергия захиралагич, энергия самарадорлик, кучсиз шамол оқими, қайта тикланувчан энергия манбалари, эластик арқон, потенциал энергия, муқобил энергия манбалари.

N. N. Sadullev, A.H. Shoboyev, Sh. N. Nematov

Increase of the overall performance of renewed sources in regions with weak wind streams

In article it is stated a construction principle wind electric installation with the store of mechanical energy. For increase of an overall performance of installation instead of converters and the store of electric energy the store of mechanical energy is used. Thus, overall performance increase wind electric installation in the conditions of weak wind streams is provided. The principle of work of model of installation is described and proved efficiency of its work.

Keywords: wind electric installation, the store of mechanical energy, energy efficiency, the weak wind streams, renewed sources, an elastic cord, the potential energy, alternative energy sources.

В последнее годы в мире активно развиваются альтернативные источники энергии на основе возобновляемых источников энергии. Развитие этих

источников позволяет экономить энергоресурсы, повысить надежность электроснабжения потребителей и улучшить экологическую обстановку. Основными недостатками этих источников является низкое КПД и высокая себестоимость энергии. Показатели качества электроэнергии в этих источниках зависят от случайных факторов (например, направления и скорости ветра), отрегулировать которые практически невозможно. Для генерации качественной электроэнергии переменного тока необходим непрерывный постоянный поток энергии. Из-за широкого диапазона изменения параметров потока энергии (ветра, воды и др.) полученная электроэнергия переменного тока на выходе генератора становится непригодной к применению. Поэтому, эта энергия обычно используется через аккумуляцию в виде энергии постоянного тока, что приводит к удорожанию и уменьшению эффективности этих установок (рис. 1).



Рис.1. Этапы электромеханического преобразования и кривые изменения параметров преобразуемых энергий существующих ветрогенераторов.

Важнейшей энергетической характеристикой ветра является ее скорость. Количество энергии, которую сможет вырабатывать ветроэлектрическая установка (ВЭУ), зависит в первую очередь, от усредненной скорости ветра как во времени, так по площади поверхности, обметаемой ветроколесом. Существует критерий, построенный на основе среднегодовой скорости ветра, при которой ВЭУ рентабельна и окупает себя. Эта скорость находится в диапазоне 5,1-5,9 м/с [1]. В условиях Узбекистана редко встречаются зоны с ветром такой скорости. Таким образом, слабые непостоянные потоки ветра являются одной из основных проблем использования ветроэнергетики в условиях Узбекистана.

Повышение эффективности этих машин можно обеспечить генерированием электроэнергии после накопления слабых и непостоянных потоков энергии возобновляемых источников во время отсутствия потребления

электроэнергии. Для этого используется более рациональная последовательность преобразования энергии в ветроустановке, т.е. генерировать электроэнергию после накопления механической энергии от возобновляемых источников. Накопленная энергия расходуется мощным и постоянным потоком, который обеспечивает генерацию переменного тока с более высоким КПД. Это позволяет исключить из ветроустановки выпрямитель, аккумулятор и инвертор, и соответственно повышается эффективность этих источников (рис. 2). По мере поступления механической энергии от альтернативных источников, энергия в упругих элементах машины постепенно накапливается в виде потенциальной энергии. Регулированием потока мощности накопленной энергии при расходе обеспечивается генерация электроэнергии переменного тока с постоянной частотой и амплитудой синусоидального напряжения. Это позволяет получить электроэнергию переменного тока в пределах нормативных показателей качества напряжения. Источник последовательно работает или в режиме накопления механической энергии, или генерирования электрической энергии.



Рис. 2. Этапы электромеханического преобразования ветроустановки с накопителем механической энергии.

Основная часть конструкции установки состоит из накопителя механической энергии. Модель установки в виде спортивного тренажера показана на рис.3, который состоит из корпуса 1, в котором размещено два диска 4 с барабанами 2 и 3 с разными диаметрами, связанных между собой эластичной верёвкой 5. Барабан 2 имеет больше диаметр, чем барабан 3. Диски 4 имеют жесткую зубчатую передачу, обеспечивающую противоположное вращение с одинаковой угловой скорости (частотой вращения) для перематывания эластичной верёвки 5 с одного барабана на другой. Диск 4 приводится в движение зубчатой передачей 10 и педалью ножного привода 12 (или альтернативного источника энергии, т.к. ветер, поток воды и др.). В отсутствие альтернативных видов энергии устройство может работать от ножного привода 12. При перематке в один оборот гибкий материал растягивается на расстояние $-\Delta l$, определяемое следующей формулой:

$$\Delta l = \pi(D_2 - D_3) \quad (1)$$

где D_2 и D_3 – соответственно, диаметры барабанов 2 и 3, м;

При этом появляется постоянная сила тяги (растяжения) $-F_p$ или момент вращения M , которые определяются следующими формулами:

$$F_p = k \cdot \Delta l \quad (2)$$

$$M = \frac{F_p \cdot D_3}{2} \quad (3)$$

где k -коэффициент жесткости гибкого материала, Н/м;

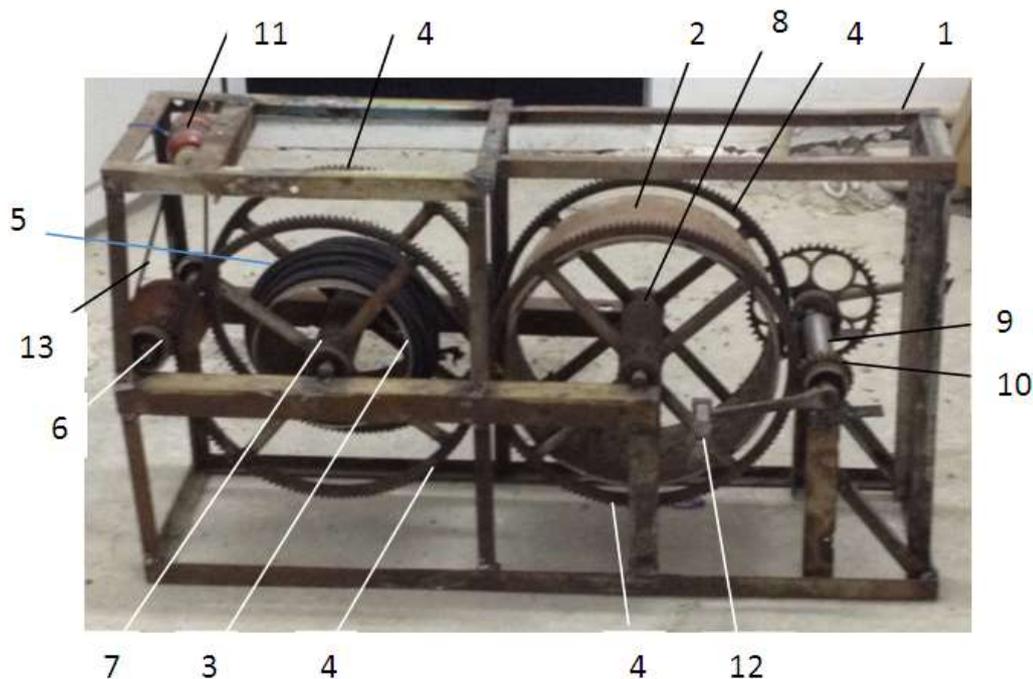


Рис. 3. Модель установки в виде спортивного тренажера.

Энергия $-W_p$, накапливаемая при перемотке резины в один оборот, определяется по следующей формуле, кВт.ч:

$$W = \frac{k \cdot \Delta l^2}{2} \quad (4)$$

Накопленная механическая энергия, после полной перемотки, кВт.ч:

$$W = \frac{n \cdot k \cdot \Delta l^2}{2} \quad (5)$$

где $n_{сл}$ -число слоев намотки, шт;

При режиме генерации электроэнергии опускаются диски 4 и генератор вращается со скоростью, которая определяется по следующей формуле:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} (M - M_c) \quad (6)$$

где J -суммарный момент инерции, приведенный на валу генератора, кг·м²; M и M_c – вращающий момент и момент сопротивления на валу генератора, Н·м.

Время работы устройства в генераторном режиме:

$$t = \frac{W_{el\delta}}{P_{el\delta}}, \quad (7)$$

где $P_{мех}$ - механическая мощность на валу генератора, кВт.

$$P_{el\delta} = M \cdot \omega \quad (8)$$

где M и ω - частота вращения и момент на валу генератора

Электрическая мощность генератора определяется по следующей формуле:

$$P_{y\delta} = P_{el\delta} \cdot \eta_{ali} \quad (9)$$

где $\eta_{ген}$ - КПД генератора.

Для генерации электроэнергии генератор 11 соединяется шестернёй 6 и, диски 4, с помощью накопленной эластичной верёвкой потенциальной энергии 5 вращаются в обратном направлении. Так как, эластичная верёвка обмотано с постоянным натяжением, генератор через клиноременную передачу вращается почти с постоянной скоростью и генерирует переменный ток почти неизменной частоты и амплитуды напряжения. Скорость вращения уравнивается моментом сопротивления генератора и определяется по следующей формуле:

$$\omega = \frac{P_{el\delta}}{M} \quad (10)$$

В этом устройстве электромеханическое преобразование происходит только один раз. Поэтому, КПД этого устройства будет максимальным и будет выше чем от носителя альтернативных источников, имеющих устройства преобразования и накопления электрической энергии. В традиционных ветрогенераторах скорость ветра должна быть не менее 3-4 м/с, а также для максимальной скорости ветроколеса лопасти колеса должна быть минимальными. В предложенной установке параметры генерированной электроэнергии не зависят от параметров потока ветра или воды (так как, в это время не будет генерации электроэнергии), а только от количества накопленной механической энергии. Поэтому, для увеличения КПД ветроколеса число лопастей можно увеличить до максимально возможного. Из-за сокращения числа преобразований и элементов схемы уменьшается стоимость установки и повышается надежность работы устройства.

Основным недостатком данного устройства является небольшое время работы генератора от накопленной энергии. Экспериментальные исследования показали, что без регулирования скорости вращения накопителя, каждые 8 м эластичной верёвки обеспечивают 1 минуту работы генератора с мощностью

500 Вт. Расчеты показали, что при регулировании частоты вращения накопителя с устройствами регулирования скорости, с длиной верёвки около 200 м, можно достичь работы генератора до 1 часа, с мощностью потребления 200 Вт.

Так как устройство не может работать непрерывно, предлагается его использовать как резервный источник при сбое электроснабжения или для потребителей небольшой мощности (до 1 кВт) в небольшом промежутке времени (до 1 часа). Для непрерывной работы устройства следует объединить несколько накопителей в одну каскадную схему.

Имеются отдельные потребители электроэнергии, находящиеся далеко от электрических сетей и работающие в кратковременном режиме. Создание для этих потребителей альтернативных источников, использующих возобновляемые виды энергии, обеспечивает востребованность этих источников в производстве. Например, электроприводы задвижек дамб водяных каналов работают всего несколько минут. Обычно для приводов этих установок протягивают электрическую сеть с трансформатором, который работает 99% времени в холостую. Накапливая энергию потока воды в этих дамбах, в нужное время можно генерировать электроэнергию для нужды этих электроприводов или для других потребителей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. В.С.Кривцов, А.М.Олейников, А.И.Яковлев. Неисчерпаемая энергия. Книга 1. Ветроэлектрогенераторы. Харьков «ХАИ» -2003, 203 С.
2. Marc Schwartz, Donna Heimiller, Steve Haymes, and Walt Musial. Assessment of Offshore Wind Energy Resources for the United States. Technical Report NREL/TP-500-45889 June 2010.