

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ ГИДРОГЕНЕРАТОРА БИРОТОРНОЙ МИКРОГЭС

*Аспиранты: Акпаралиев Р.А.<sup>1</sup>, Медеров Т.Т.<sup>1</sup>, Ураимов Р.У.<sup>2</sup>*

*Научный руководитель: Обозов А.Дж.<sup>1</sup>.*

*<sup>1</sup>Кафедра "Возобновляемые Источники Энергии" КГТУ им. И.Раззакова.*

*<sup>2</sup>Ошский Государственный Университет*

*Бишкек, Кыргызская Республика. e-mail: ruslan.akparaliev@gmail.com*

*В статье рассматриваются вопросы исследования, создания и моделирования гидрогенератора для бироторной микроГЭС. Представлены результаты расчета и выбора параметров гидрогенератора бироторной микроГЭС. Описаны его особенности и принципы работы.*

*The paper considers the issues of research, creation and modeling of generator for birotor type micro-hydropower stations. Presented the results of calculation and selection parameters of the generator for birotor type micro-hydropower stations. It is peculiarities and principles of operation are described.*

В настоящее время с интенсивным потреблением человечества традиционного углеводородного топлива как газ, уголь, нефть, стало ясно, что их запасы не безграничны и необходимо искать новые нетрадиционные способы добычи и использования энергии. В этой связи внимание обращено к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) как наиболее перспективным и экологически безопасным.

В ведущих странах Евросоюза (ЕС) по оценкам Международного энергетического агентства (МЭА) производство энергии из ВИЭ ежегодно растет на 10–20%. Согласно данным Евростата, если в 2004 году в ЕС 7,9 % электроэнергии было получено за счет ВИЭ, то в 2011 году этот показатель составил уже 13 %. По прогнозам Европейского совета по возобновляемой

энергетике к 2040 году возобновляемые источники смогут обеспечить 50 % производства энергии в мире. В соответствии с решением Европарламента доля ВИЭ в энергобалансе ЕС в 2020 году должна составить 20 %, в 2040 году – 40 %. Лидерами в использовании ВИЭ в ЕС являются Норвегия (64,7 %), Швеция (46,8 %), Латвия (33,1 %) и Финляндия (31,8 %). Одну из ведущих позиций по уровню развития практически всех видов ВИЭ занимает Германия. В 2004 году в Германии был принят специальный закон («EGG») который предусматривает расширение доли ВИЭ в электроэнергетике к 2020 году до 35%, 2030 году – до 50 %. В 2011 году этот показатель составил 20% [1].

Сложность текущей ситуации в энергетике Кыргызстана вызвана тем обстоятельством, что

базовые генерирующие источники (крупнейшие 5 ГЭС, на долю которых приходится 90 % суммарной установленной мощности энергетического оборудования) сосредоточены в центральных и южных регионах, а основные потребители (около 60 %) – на севере страны. При этом электроэнергия транспортируется частично по территории Кыргызстана, а остальной переток закольцован через Узбекистан, Казахстан и Таджикистан. Рост

потребления электроэнергии в населенных пунктах увеличивается, что характеризуется напряженными режимами работы, как электростанций, так и электрических сетей (рис.1). Следствием такого положения стало ухудшение качества электроснабжения, а также может привести к систематическим отключений потребителей, особенно, в сельской местности.

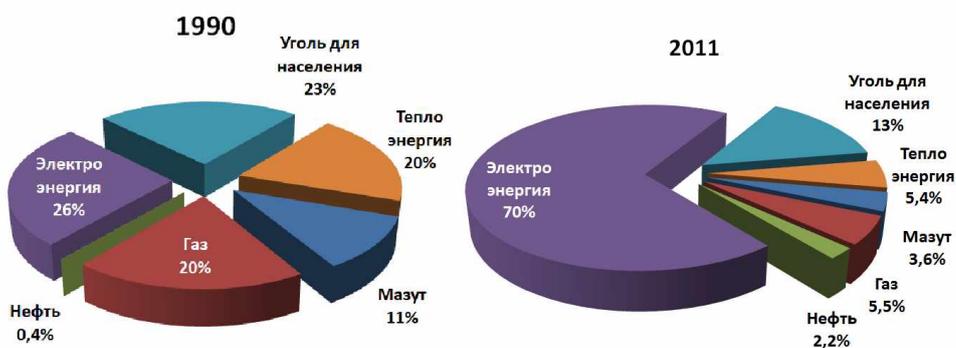
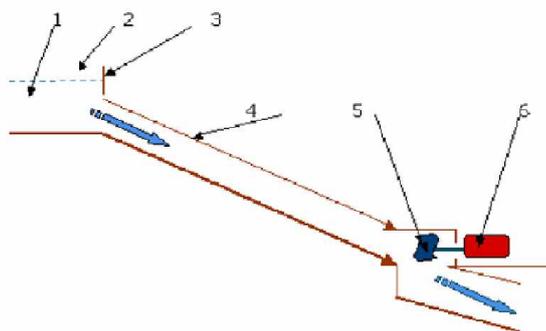


Рис.1. Рост потребления электроэнергии за 1990-2011 год.

По величине потенциала гидроресурсов (142 млрд. кВт ч) Кыргызстан занимает 3-е место среди стран СНГ после России и Таджикистана. По состоянию на 2012 год данный ресурс (крупных ГЭС) был задействован не более чем на 10 %, а гидропотенциал малых рек – примерно на 3 %. Из ВИЭ наиболее развито в КР использование гидроэнергетического потенциала малых рек, где используются микрогидроэлектростанции.

Сегодня в мире существует множество типов различных микроГЭС, которые в зависимости от условий и место эксплуатации имеют различный конструктивный облик, а также различные схемы соединения, гидромеханической, электрической частей.

Из известных гидроэнергетических установок, наиболее широкое распространение в практике получили рукавные микроГЭС (рис.2.). Основной принцип работы рукавной микроГЭС является использование разность высоты  $H$  между водозаборным устройством 3 и турбиной 5, которое обеспечивает создание избыточного давления в трубопроводе 4. Избыточное давление водяного потока приводит во вращение лопасти рабочего колеса турбины 5. Вращающаяся турбина передает вращающийся момент валу ротора гидрогенератора, в котором вырабатывается электрическая энергия.

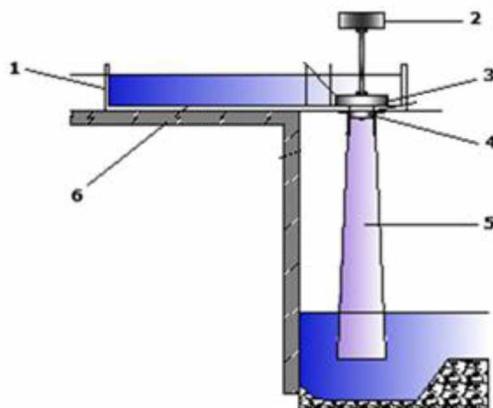


1- объем воды в ВВ; 2-уровень ВВ; 3- водозабор; 4-трубопровод; 5-турбина; 6- гидрогенератор.

Рис.2. Рукавная микроГЭС

Также сегодня получили популярность низконапорные микроГЭС. Синтезированная схема низконапорной микроГЭС не большой мощности дает возможность получения дополнительной энергии за счет установления после тур-

бины конусообразной отсасывающей трубы примерной высотой 1,5 м и обеспечения спиралеобразного вхождения водяного потока на лопасти турбины (рис 3.).



1 - задвижка; 2 - генератор; 3 - турбинная камера; 4 - рабочее колесо;  
5 - отсасывающая труба; 6 - лоток; 7 - спиральная камера.

Рис.3. Принципиальная схема низконапорной микроГЭС

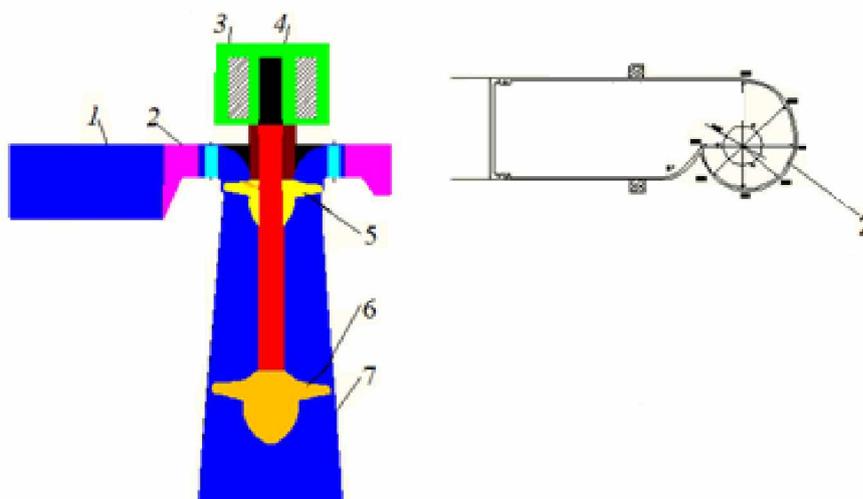
Анализ существующих конструкции микроГЭС, показывает что они имеют множество различных технических и конструктивных решений причем очень трудно отдать предпочтение той или иной конструкции, так как каждая из них оригинальна по своему и имеет свои как положительные так и отрицательные стороны. Более того использование одних типов микроГЭС в одних условиях, не возможны в других. Некоторые из них требуют высокие напоры или большие расходы гидравлического потока, которые не в каждой местности эксплуатации можно обеспечить. Однако не смотря на высокие напоры и расходы многие микроГЭС имеют не большие обороты. В связи с этим в большинстве случаев в микроГЭС используются мультипликаторы для увеличения частоты вращения ротора генератора. Следовательно решать вопрос оптимизации типов микроГЭС с точки зрения их наибольшей эффективности представляется не целесообразными.

В микроГЭС используется достаточно разнообразие типов генераторов в зависимости от типа и вида микроГЭС, однако они все имеют одно конструктивное сходство: ротор гидрогенератора вращается, а статор не подвижен - статичен.

Нами предлагается принципиально новая конструкция микроГЭС с бироторным гидрогенератором на техническое решение, которой получен патент[2]. Практически принцип работы микрогидроэлектростанции с бироторным гидрогенератором существенно не отличается от типичных микроГЭС, только гидравлический поток подводится рабочим колесам ротора и статора, которые расположены один за другим в единой турбинной камере и работают автономно (рис.4).

*Работает установка следующим образом.* Первоначально единый водяной поток по трубопроводу поступает к подводящему лотку 1 и затем поступает в спиральную камеру 2. Обтекая лопасти направляющего аппарата по всему периметру, под определенным углом направляется на лопасти первого рабочего колеса турбины 5 и вращает его в одну сторону. После рабочего колеса турбины 5 далее гидравлический поток под определенным углом направляется на лопасти второго рабочего колеса турбины 6 которая вращается противоположную сторону за счет обратного расположения профиля лопасти рабочего колеса турбины 6. Причем турбины 5 и 6 расположены последовательно друг за другом в одной отсасывающей трубе. Турбина 5и турбина 6 соединены с ротором и соответственно с статором генератора через вал, где вал одной турбины располагается внутри вала другой турбины. Таким образом в турбине происходит преобразование гидравлической энергии водяного потока в энергию вращения валов генераторов ( ротора ) 4 и 3 (статора). При этом вращение ротора и статора осуществляется относительно друг друга в противоположные стороны, что обеспечивает увеличение частоты пересечения магнитным полем электрической обмотки гидрогенератора[2].

Такое техническое решение позволяет избежать наличия мультипликатора для увеличения частоты вращения ротора как в классическом генераторе. Более того появляется возможность упростить саму конструкцию такого бироторного гидрогенератора и снизить его массогабаритные размеры.



1-подводящий лоток; 2-спиральная камера; 3-статор бироторного гидрогенератора; 4-ротор бироторного гидрогенератора; 5 и 6- турбины; 7-отсасывающая труба.

Рис.4.Вертикальнаябиротронная микроГЭС.

Важнейшей характеристикой синхронного гидрогенератора является частота вращения ротора генератора, которой позволяет получить необходимые стандартные значения оборотов. Как видно по формуле 1, увеличение частоты вращения ротора гидрогенератора  $n$  приводит к уменьшению числа пар полюсов  $p$ . [3].

$$p = 60 \cdot \frac{f}{n}; (1)$$

Для увеличения частоты вращения ротора гидрогенератора необходимо увеличить расход или напор гидравлического потока в подводящей части микроГЭС. Однако увеличение гидравлических параметров микроГЭС, не всегда возможны и целесообразны.

В случае использования бироторного гидрогенератора, как видно из(1), требуется меньшее количество пар полюсов, чем в традиционном гидрогенераторе, так как при определенном значении частоты вращения ротора гидрогенератора можно получить частоту вращения статора в противоположном направлении с теми же значениями (рис.4). При этом вращение ротора и статора гидрогенератора, как уже выше указывалось, осуществляется относительно друг друга в противоположные стороны. Это приводит к увеличению частоты пересечения магнитным полем электрической обмотки генератора. Такой принцип работы даст удвоение частоты вращения гидрогенератора.

Произведенный анализ и исследование электромагнитного расчета бироторного гидрогенератора, включающего в себя выбор основных размеров статора и ротора бироторного гидрогенератора показывают, что число витков обмотки  $w_0$ , внутренний диаметр сердечника статора бироторного гидрогенератора  $D_0$ , практически в два раза меньше, чем у традиционного гидрогенератора  $w_1$  и  $D_1$ . Эти результаты достигаются только

в случае вбироторном принципе работы гидрогенератора, которое в целом приводит к уменьшению геометрических и масса-габаритных размеров гидрогенератора[4].

$$w_0 = \frac{N_{п1} \cdot p \cdot q_1}{a_1} = 180 \quad (2)$$

$$D_0 = 6 + 0.69 \cdot D_{H1} = 90.18 \text{ мм} \quad (3)$$

$$w_1 = \frac{N_{п1} \cdot p \cdot q_1}{a_1} = 594 \quad (4)$$

$$D_1 = 6 + 0.69 \cdot D_{H1} = 126.75 \text{ мм.} \quad (5)$$

где-  $w_0$  - число витков обмотки бироторного гидрогенератора;  $p=1$ , - число пар полюсов бироторного гидрогенератора;  $N_{п1}=60$ , - количество эффективных проводников в пазу бироторного гидрогенератора;  $q_1=3$ , - количество пазов бироторного гидрогенератора;  $a_1=1$ , количество параллельных ветвей в обмотке статора бироторного гидрогенератора;  $D_0$ - внутренний диаметр сердечника статора бироторного гидрогенератора;  $D_{H1} = 122$ мм, -наружный диаметр сердечника статора бироторного гидрогенератора.  $w_1$ - число витков обмотки традиционного гидрогенератора;  $p=2$ , -число пар полюсов традиционного гидрогенератора;  $N_{п1}=99$ , - количество эффективных проводников в пазу традиционного гидрогенератора;  $q_1=3$ , - количество пазов традиционного гидрогенератора;  $a_1=1$ , количество параллельных ветвей в обмотке статора традиционного гидрогенератора;  $D_1$ - внутренний диаметр сердечника статора традиционного гидрогенератора;  $D_{H1} = 175$ мм, -наружный диаметр сердечника статора традиционного гидрогенератора.

Анализ и исследование особенностей электромагнитного расчета бироторного гидроге-

нератора в статическом режиме не позволяет полноценно оценить работу бироторного гидрогенератора. Связи с этим были проведены исследования динамического режима работы бироторного гидрогенератора. Исследования и расчеты были проведены с помощью компьютерного мо-

делирования с использованием программы «AnsoftMaxwell». В процессе моделирования изучены особенности наведения ЭДС в обмотке статора бироторного гидрогенератора. На рисунке.5. показан фрагмент момента магнитной индукции и силовые линии поля для момента времени  $t=0.2с$ .

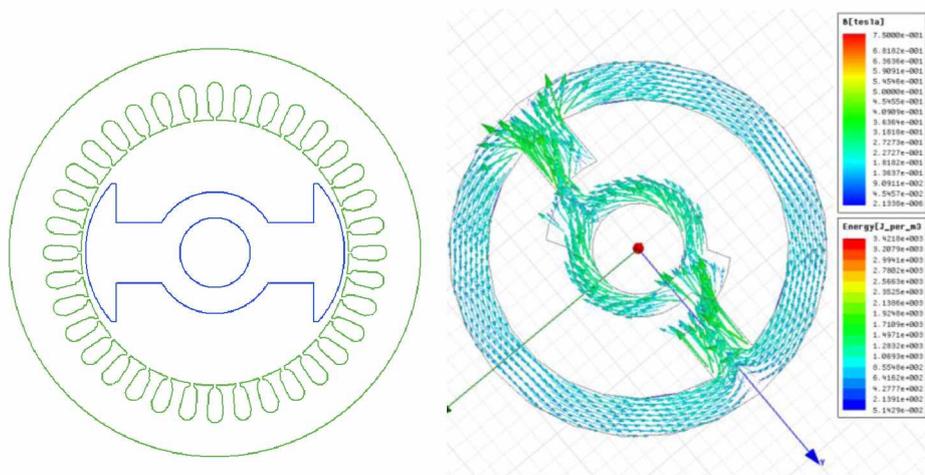


Рис. 5. Модуль магнитной индукции и силовые линии поля для момента времени  $t=0.2с$

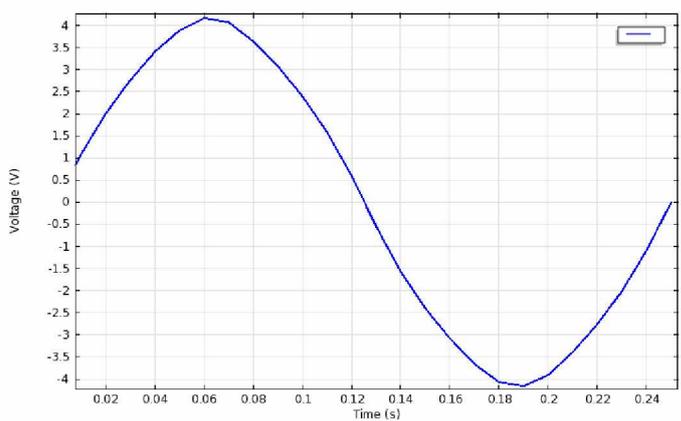


Рис.6. Форма напряжения бироторного гидрогенератора.

Таким образом, в первые предложена принципиально новая схема бироторного гидрогенератора для микроГЭС с новым техническим решением и ее конструкции. Проведенный анализ и исследования электромагнитных процессов на основе моделирования бироторного гидрогенератора показывает, что создания бироторного гидрогенератора для микроГЭС даст удвоение частоты вращения гидрогенератора, который позволяет уменьшить число пар полюсов, число витков обмотки, а также к уменьшить внутренний диаметр сердечника статора. Это в целом приводит к уменьшению геометрических и массогабаритных размеров гидрогенератора, и как следствие снижению стоимости микроГЭС. Дополнительно к этим расчетам компьютерное моделирование показывает полноценную динамическую устойчивость работы бироторного гидро-

нератора, которая характеризуется формами напряжения и величиной наведения ЭДС (рис.6).

### Заключение

1. В первые предложена принципиально новая схема бироторного гидрогенератора для микроГЭС с новым техническим решение и ее конструкции.
2. Использования бироторного гидрогенератора может привести к снижению массогабаритных размеров, повышению эффективности и как следствие снижению стоимости микроГЭС.
3. Исследование бироторного гидрогенератора с использованием компьютерной программы «AnsoftMaxwell» показывает, что его динамическая устойчивость адекватно устойчивости традиционного гидрогенератора.

**Литература**

1. Развитие использования возобновляемых источников энергии в государственных - участниках СНГ. Москва, 2013.
2. Патент Кыргызской Республики. Бироторная микрогидроэлектростанция №1506. Обозов.А.Дж, Акпаралиев Р.А. и.др. Бишкек, 2012.-с.1-8.
3. Ruslan Akparaliev. Analyse des Arbeitsprinzips von Birotor Generatoren für Mikrowasserkraftwerke ( Анализпринципаработыбироторного-генераторадлямикроГЭС). /Angewandte Forschung zur Stadt der Zukunft/. Берлинский технический университет им. Бойта, Берлин, 2012.- с.32-34.
4. Рольф Фишер. Электрические машины. Вена, 2004. (Carl Hanser Verlag, München, Wien 2004).