

сложными. Для правильного учета взаимного влияния предприятий и энергосистем на качество электроэнергии необходима разработка соответствующих методических указаний.

Список литературы

1. ГОСТ 32144-2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения»
2. Жежеленко И.В. Показатели качества электрической энергии и их контроль на промышленных предприятиях. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 168 с.
3. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1974. – 132 с.
4. Эффективные режимы работы технологических установок / И.В. Жежеленко, В.М. Божко. – К.: Техника, 1987. – 183 с.

УДК 621.3

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УНИФИЦИРОВАННЫХ ГИДРОАГРЕГАТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ НАПОРАХ И РАСХОДАХ ВОДЫ НА МАЛЫХ ГЭС

Раупов Насим Махмадшарипович аспирант КГТУ им. И. Разакова, Кыргызстан 720044, г. Бишкек пр. Мира 66, E-mail: nasim.8484@list.ru
Рахимов Калый Рахимович к.т.н, профессор КГТУ им. И.Разакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр.Мира 66.

Цель работ - О возможности использования унифицированных гидроагрегатов при различных напорах и расходах воды на малых ГЭС. Авторами рассмотрена область применения унифицированных гидротурбин на малых ГЭС в зависимости от напора и расхода воды. В случае предложенного нами вариантов унифицированных мощностей в пределах $P = 800-4000$ кВт, наиболее всего подходит радиально-осевая турбина горизонтального исполнения. Применению радиально-осевая турбина горизонтального исполнения следует предпочесть при сравнительно малых колебаниях напоров и при условии, что в эксплуатации обеспечивается нагрузка агрегата преимущественно в пределах от 60-70 до 100% их номинальной мощности. Исходя из имеющегося опыта использования любых турбин в определённых пределах напоров, можно унифицировать малые ГЭС для разных величин напоров и расходов воды.

Ключевые слова: Унификация, проектирование, строительство, мультипликатор, гидрогенератор, расход, напор, гидротехническое сооружение, малая гидроэлектростанция.

ON THE POSSIBILITY OF USING STANDARDIZED HYDRAULIC UNITS WITH DIFFERENT SETS AND WATER COSTS

Raupov Nasim Mahmadscharipovich, graduate student KSTU. I. Razakova, Kyrgyzstan 720044, g. Bishkek Mira 66, E-mail: nasim.8484@list.ru
Rakhimov Kaly Rakhimovich, PhD professor KSTU I.Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, g.Bishkekpr.Mira 66.

The purpose of the work -The possibility of using standardized hydraulic units with different sets and water consumption for small hydropower plants. The authors examined the scope of the unified hydro turbines on small hydropower plants, depending on the pressure and flow rate. In the case of our proposed unified power options within the $P = 800 - 4000$ kVt most suited Francis turbines horizontal design. The application of radial-axial turbine horizontal design should be

preferred at relatively low pressures and vibrations, provided that the operation is provided by the unit load is preferably in the range from 50-70 pressure of up to 100% of their rated power. Based on your experience, the use of any turbine within certain limits heads can unify small hydropower for different values of pressures and flow rates.

Keywords:Unification, design, construction, cartoonist, wind turbine, flow, pressure, hydraulic structure, small hydro power plant.

По схеме создания напора МГЭС можно подразделить на плотинные, деривационные, смешанные (плотинно-деривационные) и МГЭС на готовом напорном фронте (на ирригационных водохранилищах, перепадах каналов, в системах водоснабжения, на водосбросных сооружениях и др.). Однако малые ГЭС также различаются друг от друга по конструкции, напору, расходу и мощности.

По способу создания напора все малые гидроэлектростанции в Кыргызской Республике является деривационным установками и выполнены по традиционному принципу: головной водозаборный узел, безнапорная деривация, водосброс, турбинные трубопроводы, станционный узел и отводящий водовод.

Мощность гидроагрегата определяется в общем виде по формуле

$$P = 9.81 Q H \eta \quad (1)$$

Скорость течения воды и расход воды имеют следующую связь

$$Q = V * F, \quad (2)$$

где Q - расход воды, м³ /с

H –напор, м

V –скорость течения воды, м/с

F –площадь сечения потока воды, м²

η -к.п.д. установки.

Напор и скорость течения воды имеют следующую связь

$$H = V^2 / 2g \quad (3)$$

При подстановке значений QиH в формулу (1), она принимает вид

$$P = 9.81 V^3 F \eta / 2g \quad (4)$$

Где g = 9.81, тогда формула (4) будет выглядеть

$$P = 0.5 V^3 F \eta \quad (5)$$

В обычных гидротурбинах большая мощность достигается за счёт высокого напора и сильного сужения сечения потока для получения высокой скорости воды. Число оборотов рабочего колеса гидротурбины находится в зависимости от скорости подачи воды на лопатки. В варианте строительства малых ГЭС по унифицированному проекту при установке турбин и генераторов на одно и то же число оборотов, при разных напорах с помощью направляющих аппаратов достигается необходимое число оборотов в определённых пределах.

В случае предложенного нами вариантов унифицированных мощностей в пределах P =800-4000кВт, наиболее всего подходит радиально-осевая турбина горизонтального исполнения. Унифицированные гидроагрегаты могут быть использованы, как при строительстве новых ГЭС, так и при модернизации уже существующих или восстановлении законсервированных.

Гидротурбины комплектуются контрольно-измерительными приборами и системой автоматического управления агрегатом, что позволяет эксплуатировать оборудование в автоматическом режиме без присутствия на ГЭС обслуживающего персонала.

Применения радиально-осевой турбины горизонтального исполнения следует предпочесть при сравнительно малых колебаниях напоров и при условии, что в эксплуатации обеспечивается нагрузка агрегата преимущественно в пределах от 50 – 70 до

100% их номинальной мощности.[2]. При этом среднеэксплуатационный КПД радиально-осевых турбин будет выше, чем поворотно-лопастных.

Основными элементами каждой турбины являются рабочее колесо и направляющий аппарат. Направляющий аппарат состоит из направляющих лопаток, которые могут одновременно поворачиваться на одинаковый угол и менять направление потока перед рабочим колесом. В результате этого на рабочем колесе меняется расход воды, проходящей через колесо, и меняется мощность турбины.

На плотинных ГЭС по мере накопления или сработки меняется уровень воды, то есть меняется напор, при этом турбина может сохранять постоянное число оборотов с помощью направляющего аппарата. Каждая гидротурбина может работать в определённых пределах изменения напора. На деривационных ГЭС один и тот же тип турбины может быть принят для различных значений напоров так же в определённых пределах.

В литературе приводятся предложения для применения унифицированного оборудования при различных напорах соединять гидротурбину с генератором через мультипликатор, позволяющим при различном числе оборотов турбины добиваться постоянной частоты вращения генератора. В некоторых случаях предлагают устанавливать двухскоростные гидрогенераторы.

Технико-экономические показатели малых ГЭС значительно лучше при их строительстве на существующих водохранилищах, то есть при комплексном использовании гидротехнического сооружения (на 30-50%).

Существенно снижают затраты на малые ГЭС применение стандартных и унифицированных решений. По данным специалистов США эти затраты могут быть снижены на 10-50% от общих затрат на оборудование.

По данным фирмы «Фойт» (Австрия) проведено сопоставление затрат на строительство по индивидуальному и унифицированному проектам малой ГЭС с гидроагрегатом 500 кВт при напоре 18м и готовом напорном фронте (Таблица 1).

Применение мультипликатора удорожает общую стоимость оборудования. Так, по данным фирмы «Фойт» стоимость мультипликатора составляет почти одну треть стоимости турбины.[4]

Таблица. 1

Наименование оборудования и сооружения	Стоимость строительства			
	По индивидуальное проекту		По унифицированному проекту	
	тыс. долл.	%	тыс. долл.	%
Гидротурбина	150	30	140	37
Проектирование	130	26	40	11
Мультипликатор	45	9	40	11
Затвор на вводе	40	8	35	9
Гидротехнические сооружения	35	7	25	7
Прочие сооружения	100	20	95	25
Полная стоимость	500	100	375	100

Исходя из имеющегося опыта использования любых турбин в определённых пределах напоров, можно унифицировать малые ГЭС для разных величин напоров и расходов воды.

Следует, обратит внимание на то, что область применения турбины различных видов перекрываются. Например, при напорах $H = 50 - 70$ м могут быть применены поворотно - лопастные и радиально - осевые турбины.

Выбор наилучшего вида турбин производится на основании технико-экономического сопоставления с учётом конкретных условий с использованием серийного гидросилового оборудования [3].

Серийно изготавливаемое оборудование отличается высокими технико-эксплуатационными показателями и доступными ценами. Производимые гидроагрегаты для малых ГЭС предназначены для эксплуатации в широком диапазоне напоров и расходов, с высокими энергетическими характеристиками. Выпускаются с пропеллерными, радиально-осевыми турбинами. Номенклатура пропеллерных, диагональных, радиально-осевых и ковшовых турбины показано на рис 1.

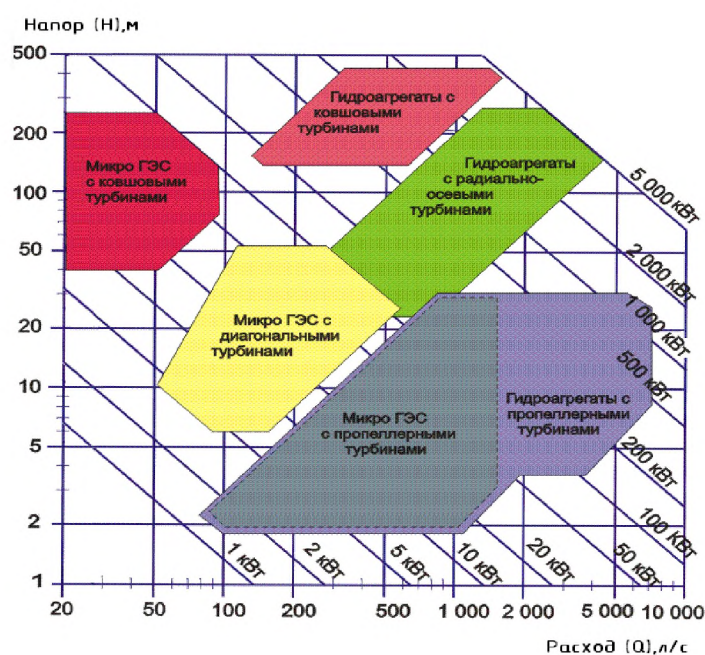


Рис.1.Номенклатура пропеллерных, диагональных, радиально-осевых и ковшовых турбин.

Унифицированные гидроагрегаты производится в нескольких зарубежных странах, в том числе Австрия, США, Канада и Китай.

Анализ по данным изготовителей, которые показаны на рис 1 показывает следующее:

- осевые турбины выпускаются для напора от 2-5 до 30-80 м, исполнение вертикальное, горизонтальное, Г-образное (для агрегатов);
- радиально-осевые турбины предназначены для напора от 10-20 до 500-600 м с горизонтальным или вертикальным валом;
- ковшовые турбины изготавливают для напора 30-50 – 500-1000 м горизонтального или вертикального исполнения;
- поперечно-струйные турбины выпускают на напор 2-5 – 100-200 м только с горизонтальным валом.

Номенклатура по напору и расходу одной турбины позволяет определить тип гидроагрегата.

Поддержание стабильной частоты вращения вала турбины осуществляется изменением расхода воды, проходящей через рабочее колесо, с помощью поворота направляющих лопаток. Поворот направляющих лопаток, установленных перед рабочим колесом, осуществляется системой автоматического управления гидроагрегата посредством гидромеханического привода-сервомотора. Сервомотор поворачивает регулирующее кольцо, связанное с рычагами поворота направляющих лопаток при помощи серёг. На тяге сервомотора и на направляющих лопатках установлены датчики, позволяющие контролировать положение направляющих лопаток.

С учётом того, что экономичные конструкции генераторов характеризуются высокой частотой вращения (750-1000 об/мин и более), а низконапорные турбины имеют частоты вращения 125-300 об/мин, малые турбины с генераторами соединяют на практике с помощью механической повышающей передачи. Это может быть цилиндрический или планетарный мультипликатор для генератора с горизонтальным валом или конический - для горизонтальной гидротурбины и вертикального гидрогенератора. [4]

Мультипликатор может иметь различные передаточные числа, благодаря чему турбину заданной быстроходности, которая при различных диаметрах и напорах имеет разную частоту вращения, легко соединить с высокоскоростным генератором путём подбора рационального передаточного отношения. Кроме того, установка мультипликатора сокращает размеры и стоимость гидрогенератора, позволяет выбрать оптимальную частоту вращения гидротурбины и исключает необходимость форсирования быстроходности, как у крупных турбин, вследствие чего малые турбины вообще менее опасны в кавитационном отношении.

При расчёте мощности гидротурбины, соединённой с генератором с помощью мультипликатора, необходимо учитывать потери в мультипликаторах: около 3 % для тщательно изготовленных планетарных и около 5 % - для цилиндрических. Конструктивно мультипликатор является весьма сложным и дорогим устройством и приводит к снижению КПД на 0,5-1,0 % и к повышению эксплуатационных издержек.

Выводы: Анализ собранной информации позволяет нам сделать следующие выводы: для использования унифицированных гидроагрегатов при различных напорах и расходах воды при мощностях в пределах $P = 800 - 4000 \text{ кВт}$, наиболее всего подходит радиально-осевая турбина горизонтального исполнения. Нагрузку радиально-осевой турбины горизонтального исполнения желательно использовать в пределах от 50-70 до 100% их номинальной мощности.

Список литературы

1. Карелин В.Я., В. В. Волшаник Сооружения и оборудование малых ГЭС. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 186 с.
2. Жабудаев Т.Ж. Гидроэнергетическое установки. Бишкек 2009-223с
3. Г.И. Кривченко Гидравлические машины турбины и насосы. М -1978г
4. Беляков Ю. П., Рахимов К. Р. Малая гидроэнергетика Кыргызстана. Бишкек. 2009. 171с.
5. Гидротехническое строительство. - 1983. - №8. - С. 5-7.
6. Гидроэнергетика / Под ред. В. И. Обрезкова. 2-е изд., пер. и доп. М., 1988.