

АНАЛИЗ МАЛОЙ И МИКРОГИДРОЭНЕРГЕТИКИ

Мажидов Хомидхон Орифхон ўгли
Джизакский политехнический институт
 Кафедра электротехнологии, ассистент
22xomidxon13@gmail.com

Ахмедов Абдурауф Абдугани ўгли
Джизакский политехнический институт
 Кафедра электротехнологии, ассистент
axmedovabdurauf24@gmail.com

АННОТАЦИЯ: В статье анализированы состав сооружений, их конструкция и компоновка, количество и тип основного и вспомогательного оборудования, классификация ГЭС малой мощности по установленной мощности, а также плюсы и минусы микро-ГЭС и малых ГЭС.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Микро-ГЭС - надежные, экологически чистые, компактные, быстро окупаемые источники электроэнергии для деревень, дачных поселков, фермерских хозяйств, небольших производств в отдаленных горных и труднодоступных районах.

Малые ГЭС представляют собой комплекс сооружений и оборудования, обеспечивающих электроснабжение различных по своей структуре потребителей, в соответствии с их требованиями. Состав сооружений, их конструкция и компоновка, количество и тип основного и вспомогательного оборудования определяются исходя из принципов комплексного использования гидроэнергетических ресурсов и обеспечения экологической безопасности функционирования объектов.

Вопрос использования малых ГЭС в энергосистеме имеет основное значение при обосновании экономической целесообразности строительства малых ГЭС. Функционирование электроэнергосистемы обеспечивает покрытие графика электропотребления т.е. выдачу требуемого количества электроэнергии в нужное время. В этих условиях эффективно использование малых ГЭС в местных энергосистемах, где они выполняют функцию суточного или недельного регулирования, а иногда используется для регулирования частоты тока в сети.

Автономные малые ГЭС используют гидроэнергоресурсы малых водотоков и строятся для электроснабжения потребителей, удаленных от энергосистемы. Для таких ГЭС определяющим являются их сравнительно низкая стоимость, высокая надежность и малые эксплуатационные затраты. Эффективность строительства автономных малых ГЭС определяется путем сравнения затрат на их создание с затратами на альтернативные варианты электроснабжения по длинным линиям электропередач или с использованием дизельных электростанций. Автономные малые ГЭС предназначены для работы на изолированного потребителя самостоятельно или параллельно с другими электрическими станциями малой мощности, такими как дизельные, ветровые, солнечные. В этом случае создается автономный миниэнергокомплекс и эффективность работы малой ГЭС повышается.

Верхняя граница мощности малой ГЭС в разных странах оценивается по разному. Она зависит от уровня развития энергетического хозяйства страны, особенностей обоснования проектов малых ГЭС и лицензионных процедур, объемов оборотного капитала и принятия программ структурирования малой гидроэнергетики. В разных странах верхняя граница мощности малых ГЭС колеблется от 1,5 до 30 МВт. Малыми ГЭС в Норвегии, Швейцарии, Венесуэле считаются установки мощностью от 1 до 1,5 МВт., в Австрии, Испании, Индии, ФРГ, Канаде - мощностью до 5 МВт. Энергетическая организация латиноамериканских стран (ОЛАДЭ) к малым относит ГЭС мощностью до 10 МВт. В странах Юго-Восточной Азии в качестве малых ГЭС рассматриваются гидроэлектростанции мощностью до 12 МВт. США неоднократно стимулировали развитие малой гидроэнергетики, законодательно изменяя ограничение по предельной мощности малых ГЭС. Первоначальное предельное значение мощности малых ГЭС в 5 МВт было



увеличено до 15 МВт, а затем максимальная мощность в 1980 г установлена на уровне 30 МВт. В Германии, согласно закона о ВИЭ от 21.07.2004 г, при назначении цены на электроэнергию покупаемую от МГЭС введены градации: до 500 кВт, от 500 кВт до 10 МВт, от 10 до 20 МВт, от 20 до 50 МВт. Цена на электроэнергию установлена 7,67; 6,65; 6,1; 4,56 евроцентов за киловатт·час соответственно. Для ГЭС мощностью более 50 МВт установлена цена 3,7 цент/кВт·ч. В России установленная мощность малой ГЭС принята равной 30 МВт. А максимальная мощность одного агрегата определена в 10 МВт.

Условными являются границы между малыми ГЭС и мини-ГЭС, между мини-ГЭС и микро-ГЭС. Технические конструктивные и технологические различия между этими категориями ГЭС до конца нормативно не определены и устанавливаются в соответствии с конкретными условиями (таблица 1).

Таблица 1.

Категория ГЭС	Классификация ГЭС малой мощности по установленной мощности (МВт)					
	Страны и организации					
	Итальянский Национальный комитет	ОЛАДЭ	Россия	Новая Зеландия	Австрия, Испания, Индия, Канада, Франция	Япония
Малые ГЭС	5	10	30	30-50	5	20
Мини ГЭС	0,5	11	1	10	2	-
Микро ГЭС	0,1	0,1	0,1	1	0,1	0,1

Проектирование и строительство малых и мини-ГЭС осуществляется по тем же правилам, что и крупных ГЭС. Микро-ГЭС мощностью несколько десятков киловатт отличается схемами, составом и компоновкой гидротехнических сооружений. Эта категория ГЭС включает в себя бесплотинные, рукавные, свободно-поточные, переносные и другие типы ГЭС компактного и блочного исполнения.

Малые ГЭС по напору делятся на низко-, средне- и высоконапорные. Граничные значения напора для каждой категории ГЭС в разных источниках различно.

Ряд зарубежных и отечественных машиностроительных фирм и проектных организации предлагают предельные значения напоров, основываясь на своих разработках турбинного оборудования.

Обобщая эти данные можно следующим образом классифицировать МГЭС по напору:

- низконапорные $H < 20$ м;
- средненапорные $H = (20 - 100)$ м;
- высоконапорные $H > 100$ м.

Плотинная схема создания напора - это наиболее распространенная схема использования гидроэнергетического потенциала малых водотоков. Особое влияние на тип и компоновку сооружений, образующих гидроузлы, играет величина напора и место расположения здания ГЭС. По этим признакам различают два основных варианта компоновки ГЭС: русловые и приплотинные.

Плотинная схема энергетического использования водотока зависит от рельефа местности в долине реки, создаваемого напора, регулирования естественного стока и потребности неэнергетических водопользователей в различной степени зарегулированности стока.

Основными сооружениями МГЭС в плотинной схеме являются плотина и здание ГЭС. В русловых ГЭС здание с основным оборудованием расположено либо в русле реки, при этом напоры составляют 4-6 м, либо на обводном канале. В этом случае напоры могут достигать 6-8 м. В обоих случаях здание ГЭС входит в состав напорного фронта и

воспринимает разность давления воды между верхним и нижним бьефами. Высота здания определяется напором и отметкой нормального подпорного уровня (УНПУ).

На реках с широкой речной долиной и явно выраженным руслом реки предпочтительнее назначать отметку гребня глухой плотины так, чтобы нормальный подпорный уровень не выходил из основного русла реки. Для такой схемы характерна русловая компоновка с размещением здания ГЭС и водосливной плотины в русле реки. Однако, этот вариант требует, при строительстве малых ГЭС, возведения перемычек для создания осушаемого котлована, в котором будет возводиться то или иное сооружение или его часть, что естественно увеличивает капиталовложения в строительство ГЭС. Данная схема выполняется при небольших напорах от 1,5 до 4 м, реже до 6м, и небольшой мощности станции (от нескольких сотен киловатт до одного, реже двух мегаватт). Это также обусловлено малой регулирующей емкостью водохранилища.

Другой вариант строительства малой или мини- ГЭС без затопления поймы реки, это размещение здания ГЭС на обводном канале вне русла реки. Это позволяет возводить здание ГЭС и водосливную плотину на незатапливаемых бытовым стоком реки отметках, что значительно упрощает производство строительных работ, облегчает условия перекрытия русла реки и снижает общие капиталовложения в строительство гидроузла.

Приплотинная компоновка гидроузла предусматривает расположение здания ГЭС за напорным фронтом. Само здание не воспринимает напор со стороны верхнего бьефа и только испытывает давление воды, сосредоточенное по сечению турбинных водоводов. Основной вопрос, который необходимо решить при проектировании приплотинной ГЭС малой мощности - это взаимное расположение глухой, водосливной плотин и здания ГЭС. Определяющим в этом случае является создаваемый напор и тип глухой плотины, т.к. от высоты плотины и ширины ее по основанию зависит тип и длина турбинного водовода, а следовательно и местоположение здания ГЭС.

В широком створе русла реки и небольших напорах глухая плотина выполняется из местных материалов. Здание ГЭС размещается обособленно и может располагаться непосредственно за плотиной или вблизи нее. Водосбросы, водоприемник ГЭС и турбинные водоводы размещаются отдельно и не совмещаются с плотиной.

На ГЭС малой мощности с безнапорной деривацией вода транспортируется по безнапорному водопроводящему тракту, обычно по открытым каналам или лоткам. Безнапорная деривация применяется в тех случаях, когда отметки рельефа местности на прилегающей территории близки к отметкам уровня верхнего бьефа (УВБ), а колебания УВБ незначительные. Каналы в подводящей деривации используются при слабо пересеченной местности и достаточной устойчивости склонов речной долины.

При строительстве деривационных ГЭС малой мощности на горных реках в условиях сильно пересеченной местности и резком падении реки используют напорную деривацию в виде трубопровода или реже напорного туннеля. Напорные трубопроводы укладываются по поверхности земли или выполняются засыпными, а туннели - в толще горного массива.

Напорные деривационные водоводы располагаются на пониженных, по отношению к верхнему бьефу, отметках, при этом гидродинамическое давление даже в самой верхней точке сечения деривации выше атмосферного. Из-за заглубления водоприемника напорной деривации под минимальный уровень верхнего бьефа становится необходимым увеличение высоты плотины в реке. Это позволяет увеличить полезную емкость водохранилища и глубину сработки, т.е. стабилизировать режим работы ГЭС.

В конце длинной напорной деривации при необходимости уменьшения гидравлического удара при резких изменениях расхода воды ГЭС устанавливается уравнильный резервуар. После уравнильного резервуара напорная деривация переходит в турбинные водоводы.



Комбинированная схема (плотинно-деривационная) по принципам создания напора использует выгодные свойства обеих предыдущих схем, т.е. может быть создано значительное по объему водохранилище и использовано падение реки ниже плотины.

В схемах с высокими плотинами водоприемник устраивается глубинный, а сама деривация - напорной. В зависимости от типа плотины применяется соответствующий тип водосбросного сооружения гидроузла и выбирается местоположение водоприемника. Компонировка сооружения с высокой плотиной аналогична компоновке гидроузлов с приплотинной ГЭС.

Схемы использования существующего напорного фронта малыми ГЭС. На гидротехнических сооружениях неэнергетического назначения могут быть размещены малые, мини- и микроГЭС для использования потенциала холостых сбросов воды. Такие сбросы возможны из: водохранилищ систем орошения, водоснабжения и рыбовоспроизводства; каналов отраслевого и комплексного назначения; трубопроводов систем водоснабжения и др.

Эксплуатируемые водохранилища неэнергетического назначения, как правило, имеют в своем составе плотину из местных материалов, водосбросное сооружение для пропуска паводка и специальное гидротехническое сооружение для обеспечения водой потребителя в заданном режиме. Если сооружение, предназначенное для снабжения водой потребителя, выполнено в виде напорного туннеля или трубопровода, то целесообразно подключить к ним турбинные водоводы МГЭС.

Существует целый класс наливных водохранилищ, наполнение которых осуществляется по быстротокам. Здесь строительство малых ГЭС целесообразно осуществлять по деривационной схеме. Рядом с входом в быстроток строится водоприемник безнапорной деривации, и осуществляется переключение расходов в деривацию с подводом воды к напорному бассейну и турбинным водоводам.

Накоплен определенный опыт строительства малых ГЭС на перепадах оросительных каналов Средней Азии и Казахстана. По данным института Гидропроект технический гидроэнергетический потенциал потока на перепадах каналов на территории России и стран СНГ составляет 5,4 млрд. кВт-ч, в том числе 25,9 % этого потенциала сосредоточено на перепадах каналов в европейской части, 74,1% - на каналах Средней Азии. В качестве примера в [20] приведено компоновочное решение МГЭС Даргом на оросительном канале в Узбекистане (мощность 6х500 кВт, напор 9,0м).

В США (штат Калифорния) была использована энергия воды на отводе напорного трубопровода обогатительной фабрики, где была установлена радиально-осевая турбина мощностью 1325 кВт при напоре 28 м. В Германии построена 4-х агрегатная малая ГЭС мощностью 14 тыс. кВт на перепаде отводящего канала системы охлаждения конденсаторов турбин ТЭС.

Энергоустановки на малых реках имеют ряд достоинств. В частности: требуют меньших объемов инвестиций; могут возводиться в короткие сроки, что позволяет ускорить получение эффекта и сократить период оборачиваемости капитала; для выполнения строительных работ используются только местные трудовые ресурсы; с помощью таких установок можно обеспечить энергией изолированных от существующей электросети потребителей и др.

Малые ГЭС, по сравнению с крупными и средними, оказывают существенно меньшее влияние на окружающую природную среду, позволяют использовать унифицированные строительные конструкции, а также обеспечить полную автоматизацию процесса эксплуатации.

В качестве недостатков малых ГЭС можно отметить также и такие, как резкое сокращение водного стока в зимний период (вплоть до полного прекращения из-за промерзания реки), существенные удельные показатели затопления земель, значительные удельные капитальные вложения и др.



Наиболее простые и технологичные мини и микроГЭС - это мобильные или переносные гидроэнергетические установки. Они, как правило, используются для энергоснабжения автономных потребителей. К таким установкам относятся микроГЭС рукавного типа и установки со свободнопоточными турбинами.

Микро ГЭС рукавного типа эффективны для использования энергии воды на предгорных и горных участках рек со значительными уклонами дна реки и большими скоростями потока. Напор на таких ГЭС создается за счет прокладки напорного рукава вдоль русла реки.

Рукавные ГЭС просты в установке и не требуют сооружения плотины и здания ГЭС. Их можно транспортировать с одного места на другое, монтировать за несколько часов и с малыми трудозатратами.

Установка РПГЭС-3 мощностью 3 кВт снабжена гибким водоводом длиной 100 м, по которому подается 120 л/с воды. Этого достаточно для выработки трехфазного тока частотой 50 Гц напряжением 380/220 В. Масса такого энергоблока составляет около 100 кг.

МикроГЭС со свободнопоточными гидротурбинами использует скоростной напор течения воды и не требуют возведения специальных гидротехнических сооружений.

В настоящее время разработаны различные по конструкции и принципу работы свободнопоточные гидротурбины, которые могут использовать энергию скоростного напора океанских и морских течений, речных потоков, существующих каналов различного назначения и т.д. В микро ГЭС данного класса могут быть использованы гидротурбины различного типа: осевые, карусельные, «лифт Шнайдера», гирляндные. Условием для их работы является возможность свободного обтекания турбины массой набегающей воды. Компоновки энергоблоков микро ГЭС со свободнопоточными турбинами выполняются как с вертикальным, так и с горизонтальным расположением оси вращения вала турбины. В первом случае энергоустановка размещается в реках малой ширины и представляет собой несколько гидротурбин, жестко закрепленных на стальном тросе, выполняющем роль гибкого вала. Этот трос располагается вдоль реки и удерживается на берегу якорями. Сила лобового сопротивления гирлянды натягивает трос, благодаря чему гирлянда не опускается на дно реки и создаются условия для передачи крутящего момента от троса редуктору и генератору, расположенным на берегу.

Поперечная гирляндная микроГЭС отличается конструктивным исполнением гидротурбин, а также тем, что ее трос располагается поперек реки. Диаметр таких турбин обычно составляет 0.2 - 0.5 м. Могут применяться многогирляндные микроГЭС с параллельным и лучевым расположением гирлянд. Известны также и другие схемы энергетических установок мощностью до 100 кВт, работающих от кинетической энергии потока. Например: штанговые плоскопараллельные или плоскоподъемные, торцовые мембранные, роторные, капсульные и другие. Свободнопоточные турбины обладают двумя главными недостатками: 1 - из-за малого используемого напора они имеют значительные размеры при малой мощности; 2 - существует опасность их разрушения во время паводка и ледохода на реках, а так же шторма в океане или море. Поэтому, при разработке свободнопоточных турбин и микро ГЭС на их базе стремятся к повышению КПД гидроагрегата, снижению его габаритных размеров, обеспечению круглогодичной эксплуатации без строительства капитальных зданий ГЭС. Таким образом, можно выделить плюсы и минусы микро-ГЭС:

Плюсы микро-ГЭС: генерация электроэнергии происходит от возобновляемого источника, более стабильного, чем солнечный свет и ветер; близость к конечному потребителю, энергетические потери на транспортировку при этом минимальны либо отсутствуют; низкая стоимость электроэнергии, с учетом нулевых затрат на исходное топливо; полное отсутствие каких-либо выбросов в атмосферу, минимальное воздействие на водные бассейны; выход на полную мощность у малых гидроэлектростанций занимает меньше времени, чем у генераторов на нефтепродуктах; вдали от центральных сетей

энергоснабжения лишь малые ГЭС способны обеспечивать потребителей электроэнергией бесперебойно, т.к. не зависят от регулярных поставок горючего.

Минусы малых гидроэлектростанций: русла небольших рек и ручьев часто пересыхают летом и промерзают зимой; производительность мини-ГЭС связана с напором воды и ее количеством. Чтобы обеспечить свой дом электроэнергией в полном объеме, может потребоваться создание запруды выше по руслу водоема – но это нарушение законодательства; строительство полноценной, пусть даже и небольшой гидроэлектростанции, способной исправно снабжать загородный коттедж электрической энергией круглый год, обходится недешево.

Литература

1. Свит П.П. Разработка микро-ГЭС с асинхронными генераторами для сельскохозяйственных потребителей: диссертация кандидата технических наук: 05.20.02 Барнаул, 2007.- 246 с.
2. Устинов Н. А., Земсков И. В. Ресурсосбережение в микро-гидроэнергетике // Молодой ученый. - 2016. - №22. - С. 51-53.
3. Липкин В.И., Богомбаев Э.С. Микрогидроэлектростанции: Пособие по приме-нению. Бишкек: 2007 г. – 30 с.

