

УДК 621.224

Бумарсков С. А., директор (ООО «Минигідро», г. Харьков)

ОБ ОПЫТЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИДРОТУРБИН ДЛЯ НИЗКОНАПОРНЫХ И ВЫСОКОНАПОРНЫХ МАЛЫХ ГЭС

В статье рассмотрен опыт ООО «Минигідро» по проектированию гидротурбин для малых ГЭС. Приведены характеристики гидротурбин собственного производства.

Ключевые слова: гидротурбина, малая ГЭС.

Проектирование турбин для современных малых ГЭС имеет ряд особенностей.

Малые ГЭС строятся сейчас либо преимущественно в горных и предгорных регионах, либо на месте старых, зачастую разрушенных ГЭС, либо на объектах неэнергетического назначения с имеющимся напорным фронтом – при ирригационных водохранилищах, системах коммунального водоснабжения, промышленных водосбросах, на месте старых водяных мельниц.

Создать емкое верхнее накопительное водохранилище при строительстве новой малой ГЭС, сегодня практически не представляется возможным, за исключением проектов станций в малонаселенных горных районах. Поэтому режим работы гидротурбин должен подстраиваться под график расходов воды в реке, то есть ГЭС должны работать «по водотоку».

Поскольку годовые графики расходов воды в малых реках весьма неравномерны, установка на станции одной турбины для режима работы «по водотоку» неэффективна, и как правило, на ГЭС устанавливают две – три турбины, что повышает экономичность использования водных ресурсов и показатели надежности.

Несмотря на часто декларируемые тенденции к унификации и стандартизации турбинного оборудования, разнообразие параметров станций по напорам и расходам приводит к необходимости постоянно расширять имеющуюся номенклатуру турбин, добавляя новые типоразмеры, либо выполнять доработку рабочих колес путем различных модификаций лопастной системы. Иногда на ГЭС дополнительно поставляются сменные рабочие колеса, отличающиеся по геометрии лопастей от штатных. Это позволяет значительно расширить диапазон эффективной работы станций. В частности, для маловодных периодов.

Строительные ограничения, особенно при восстановлении старых станций, также приводят к необходимости внесения изменений в ранее разработанные конструкции турбин, в том числе и для обеспечения бескавитационной работы, при замене старых турбин Френсиса современными быстроходными пропеллерными турбинами.

Для низконапорных ГЭС с напорами примерно до 15м наибольшее распространение получили горизонтальные осевые трубные пропеллерные гидротурбины. Эти наиболее быстроходные турбины давно вытеснили в низконапорном диапазоне тихоходные турбины Френсиса и поперечно-струйные турбины Банки.

Фирмой «Минигидро», предлагается пять типоразмеров трубных осевых турбин с единичным расходом от $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ до $8,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

Простота конструкции, несложный монтаж, надежность в эксплуатации – вот основные критерии, которые закладываются при проектировании и разработке технологии изготовления. В турбинах преобладают сварные стальные конструкции узлов, за исключением литых корпусов подшипников. Подшипники турбин воспринимают радиальные и осевые гидравлические нагрузки, что дает возможность комплектовать турбины генераторами на базе серийных электродвигателей. Турбины являются экологически «чистыми», масляная смазка деталей в пределах проточной части не применяется.

Выполнение, по возможности, прямого соединения турбины с генератором посредством муфты, без применения мультипликатора или ременной передачи, также является желательным условием при проектировании турбин для низконапорных ГЭС.

Решение этой задачи упрощается при установке на станции нескольких мелких турбин вместо одной крупной, поскольку их частота вращения более высокая.

Установка на малой ГЭС нескольких турбин различных типоразмеров с различными характеристиками и с различной пропускной способностью на низконапорных ГЭС позволяет отказаться от достаточно сложной конструкции турбины двойного регулирования типа Каплан. А для высоконапорных ГЭС это помогает расширить диапазон работы станции от номинального расчетного расхода через ГЭС до минимального, составляющего иногда менее 10% от расчетного.

Так на введенных в эксплуатацию в 2012г. – 2013г. малых ГЭС Прочовцы-1 и Прочовцы-2 в Сербии, где установлено по две турбины Френсиса разной мощности, в маловодные периоды малые турбины несут нагрузку при расходе через ГЭС около $0,2 \text{ м}^3/\text{с}$, выдавая в сеть примерно 40...45 кВт, а при большой воде мощности малых агрегатов составляют 280...300 кВт и до 600...700 кВт на больших агрегатах.

Строительство высоконапорных малых ГЭС в горных и предгорных районах, вероятно, является наиболее перспективным направлением в современной малой гидроэнергетике, поскольку позволяет использовать водный потенциал совсем мелких речек и ручьев.

К высоконапорным малым ГЭС прокладывается длинный, иногда в несколько километров, напорный трубопровод, позволяющий создавать напор до ста и более метров. Наиболее эффективными для данных напоров являются радиально-осевые спиральные гидротурбины типа Френсис.

Компоновка турбин с горизонтальным расположением вала значительно упрощает строительство здания ГЭС, дает возможность применить конструкцию генератора в исполнении «на лапах» с опорой на основной бетонный массив фундамента. Такая компоновка облегчает и монтаж, делая все узлы турбины легкодоступными.

Регулируемый направляющий аппарат турбин приводится в действие электро- или гидроприводом. Современные системы автоматического управления и контроля позволяют осуществлять в автоматическом режиме пуск и останов агрегатов, в том числе аварийный при потере напряжения в сети; регулирование турбин по водотоку по датчикам уровня верхнего бьефа; дистанционное управление и контроль за работой многоагрегатной станцией.

Турбины Френсиса мощностью от 100 до 1000 кВт с единичным расходом от 0,2 до 2,8 м³/с, разработанные в ООО «Минигидро» в шести типоразмерах, при установке на ГЭС в различных комбинациях, позволяют эффективно работать в диапазоне до 100 м напора и выше.

Высокие энерго-кавитационные показатели турбин обеспечивают устойчивую работу в широком диапазоне мощностей при положительной высоте отсасывания (не менее 1,5 м над уровнем нижнего бьефа).

Хорошие вибрационные показатели обеспечиваются точным исполнением элементов проточной части и повышенной металлоемкостью корпусных деталей. Вибрационные характеристики, а также температурные показатели в районе подшипников и уплотнений контролируются САУ.

Турбины проходят предотгрузочные статические гидроиспытания при повышенных давлениях для всего турбинного блока в сборе.

Масляные смазки в деталях элементов проточной части турбины не применяются. Турбины являются экологически «чистыми».

Для высоконапорных станций с длинными напорными трубопроводами при проектировании турбин и САУ необходимо выполнять расчеты сброса нагрузки при различных режимах работы агрегатов. Осо-

бенно критичным является случай сброса нагрузки при работе всех агрегатов ГЭС на полной мощности.

Кратковременное повышение давления в трубопроводе в этой ситуации может приводить и к кратковременному забросу оборотов. Регулированием времени закрытия направляющего аппарата не всегда удается удержать агрегат в необходимом диапазоне по разгонным оборотам. В этом случае в систему управления может быть введен предохранительный клапан, срабатывающий при повышенном давлении. Либо в качестве электрического тормоза применяется переключение агрегата на работу на балластную нагрузку (примерно $25 \div 30\%$ мощности агрегата). Однако, при аварийной ситуации с самим генератором и его отключением, балластная нагрузка уже не спасает. Поэтому для высоконапорных ГЭС, где турбины работают с частотами вращения 600, 750, 1000, 1500 об/мин, требования по допускаемой разгонной частоте вращения генератора (примерно $180 \div 200\%$ от номинальной) должны выполняться.

В 2011 г. фирмой «Минигидро», было изготовлено и отгружено Заказчикам 12 малых гидротурбин. Из них 7 трубных пропеллерных турбин для ГЭС в Таджикистане и на Украине. И 5 спиральных турбин Френсиса, из них 3 турбины для Болгарии.

В 2012 г. было изготовлено 13 турбин, из них 7 трубных (2 для Украины и 5 для Латвии) и 6 турбин Френсиса, 5 из которых для МГЭС в Сербии.

Поставки радиально-осевых турбин для Болгарии и Сербии выполнялись через наших партнеров и заказчиков из чешской фирмы «SH Control».

Специалисты фирмы «SH Control» помимо разработки систем автоматического управления для ГЭС осуществляли функции Генподрядчика по комплексной поставке оборудования на ГЭС, контролю и приемке изготовленных турбин, генераторов, монтажным и пусконаладочным работам на ГЭС, гарантийное обслуживание оборудования и дистанционный мониторинг работы ГЭС.

Согласно условиям Контрактов турбины из Харькова вначале поставлялись на генераторный завод «TES», г.Всетин, Чехия. Здесь выполнялась контрольная сборка агрегатов на единой для турбины и генератора раме, разработанной и изготовленной фирмой «Минигидро» под размеры агрегата. И затем все оборудование отправлялось на монтаж на ГЭС.

Сотрудничество с фирмой «SH Control» и с чешским заводом-изготовителем генераторов «TES», г.Всетин, для фирмы «Минигидро» стало, в определенной мере, новой ступенькой по повышению качест-

ва поставляемого турбинного обладнання, по дисципліні виконання умов Контрактів, зокрема, стосуються жорстких строків поставок, і по взаємному обогаченню досвідом при проведенні пуско-налагодочних робіт на ГЕС.

В Україні традиційними партнерами фірми «Мінігідро» являються ООО «Вінниця СпецЕнерго Монтаж», ЧП «Променергія», ЧП «Маяк», ЧП «Укрелектробуд», в співробітництві з якими вирішуються будь-які питання по будівництву, реконструкції і комплектації основним обладнанням практично будь-яких малих ГЕС.

Рецензент: д.т.н., професор Рябенко О. А. (НУВГП)

Bumarskov S. A., Director (Co LTD of "Minigidro", Kharkov)

EXPERIENCE HYDRO-TURBINES DESIGN FOR LOW-PRESSURE AND HIGH-PRESSURE SMALL HYDRO POWER

In the article describes the experience of "Minigidro" Co LTD design of the turbines for small hydroelectric power plants. Shows the characteristics turbines of its own production.

Keywords: turbine, small hydro.

Бумарсков С. А., директор (ТОВ «Мінігідро», м. Харків)

ПРО ДОСВІД ПРОЕКТУВАННЯ ГІДРОТУРБІН ДЛЯ НИЗЬКО-НАПІРНИХ І ВИСОКОНАПІРНИХ МАЛИХ ГЕС

У статті розглянуто досвід ТОВ «Мінігідро» з проектування гідротурбін для малих ГЕС. Наведено характеристики гідротурбін власного виробництва.

Ключові слова: гідротурбіна, мала ГЕС.
