

## ВОПРОСЫ ГИДРОАККУМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В ТАЛИМАРДЖАНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

*Б.У. Уришев, К.С. Джуроев, Р.Х. Бейтуллаева, Э.К. Мамадиёров  
(ТГИИМ)*

*Мақолада Талимаржон сув омборида электр энергиясини ишлаб чиқариш ва сақлаш масалалари ва 7 – насос станциясида олиб борилган тажрибавий тадқиқотлар натижалари келтирилади.*

*В статье анализируются возможности аккумулирования и производства электроэнергии в Талимарджанском водохранилище, приводятся результаты натурных исследований, проведенных на насосной станции № 7.*

Неравномерность графиков производства и потребления электрической энергии в энергетической зоне расположения Каршинского магистрального канала требует применения более гибкой системы управления производством и распределением энергии. Достижение эффективности перераспределения произведенной энергии во времени возможно лишь путем применения аккумулирующих систем, позволяющих накопить излишки энергии в периоды минимальной нагрузки электроэнергетической системы и отдавать их в периоды прохождения пиковых нагрузок. Из всех известных аккумулирующих систем наиболее эффективна система аккумулирования гидравлической энергии [1].

Аккумулирование гидравлической энергии водотоков осуществляется в водоёмах, позволяющих на определенное время хранить аккумулируемые объёмы воды с тем, чтобы эти объёмы можно было использовать для выработки электрической энергии. Накопление необходимого количества воды в верхнем водоёме и получение из неё электрической энергии осуществляется гидроаккумулирующими электрическими станциями (ГАЭС).

Гидроаккумулирующие электрические станции относятся к особому типу гидроэнергетических установок, которые используются в следующих режимах работы энергетических систем:

- а) в периоды снижения нагрузки в энергетической системе ГАЭС аккумулирует водную энергию в верхнем бассейне, работая в насосном режиме;
- б) в период пиковой нагрузки в энергетической системе агрегаты ГАЭС переводятся в турбинный режим для выработки электрической энергии;
- в) ГАЭС можно использовать для стабилизации частоты тока и покрытия аварийной нагрузки в системе.

Высокая маневренность гидроагрегатного оборудования ГАЭС позволяет использовать их и в других режимах:

- для покрытия самой неравномерной нагрузки, работая в режиме многократных пусков–остановок. Такие нагрузки, как правило, имеют случайный характер и их практически трудно прогнозировать, поэтому наличие ГАЭС с высокоманевренным оборудованием позволяет оперативно реагировать на изменение нагрузки;
- для недельного регулирования нагрузки в энергетической системе, при этом ГАЭС в выходные дни будет работать в насосном режиме, аккумулируя энергию, а в генераторном режиме использует эту энергию для плавного перехода маломаневренных тепловых электростанций в режиме нагрузки в рабочие дни;
- во многих водохранилищах существует возможность использовать ГАЭС для сезонной выработки электроэнергии.

Использование ГАЭС в выше перечисленных режимах улучшает условия функционирования энергетических систем, повышает надежность и эффективность базисных электрических станций, что характеризуются следующими показателями: увеличивается срок службы теплоэнергетического оборудования на 15-20 %, сокращаются затраты на текущий и капитальный ремонт примерно на 20 %, сокращается простой оборудования при аварийном, текущем и капитальном ремонте на 20-30 % [2].

Помимо вышеприведенных преимуществ ГАЭС могут иметь, так называемый, топливный эффект, который достигается за счет разности расходов топлива в периоды аккумулирования энергии и генерирования пиковой мощности. В периоды пониженной нагрузки ГАЭС заряжается при удельном расходе условного топлива базисными электростанциями  $G_n = 0,25-0,27$  кг/ (кВт·ч).

В генерирующем режиме ГАЭС заменяет нагрузки теплоэнергетических установок в пиковых режимах с удельным расходом условного топлива –  $G_r = 0,5 \text{ кг/ (кВт}\cdot\text{ч)}$ . Если кпд ГАЭС принимать  $\eta = 0,70-0,75$ , то удельная экономия топлива  $\Delta G = (G_r - G_n)/\eta$  составляет  $0,1-0,14 \text{ кг/ (кВт}\cdot\text{ч)}$  [2].

ГАЭС можно использовать для обеспечения сглаживания непродолжительных колебаний нагрузки, которые по амплитуде составляет  $0,5-1,0 \%$  от максимальной нагрузки системы, по продолжительности несколько десятков минут. При этом число пусков–остановок агрегатов ГАЭС может достичь  $2000-2500$  в течение года. Если на один пуск агрегата газотурбинной установки мощностью  $100 \text{ МВт}$  расходуется  $3,5 \text{ т.у.т.}$ , то при этом получаемая экономия топлива увеличивается до  $(0,18-0,20) \text{ кг/ (кВт}\cdot\text{ч)}$ .

Очевидная эффективность использования ГАЭС в энергетических системах и отсутствие более эффективных установок для получения пиковой мощности послужили основанием для активного их строительства, в основном, в развитых странах. Сегодня количество ГАЭС достигло более  $300$ , их суммарная мощность превысила  $100 \text{ млн кВт}$ .

Такую возможность, т.е. работать в режиме аккумуляирования и производства электроэнергии, имеет Талимарджанское водохранилище.

Талимарджанское водохранилище расположено на юго-западной части Кашкадарьинской области и предназначено для регулирования стока Каршинского магистрального канала. Полезный объем водохранилища  $1,5 \text{ млрд м}^3$ . В состав сооружений Талимарджанского водохранилища входят земляные плотины № 1 и № 2, насосная станция № 7, водовыпускное сооружение, обводной канал и дренажная насосная станция (рис. 1).

Высота земляной плотины № 1 составляет  $35 \text{ м}$ , а длина –  $9745 \text{ метров}$ . Земляная плотина № 2 перекрывает пониженную часть водохранилища, и имеет размеры: высота –  $37 \text{ м}$ , длина –  $1000 \text{ метров}$ . В основании плотины устроено водовыпускное сооружение с  $5$  водопропускными отверстиями размерами  $4 \times 5 \text{ метров}$ . Пропускная способность сооружения –  $360 \text{ м}^3/\text{с}$ . Перепад уровней воды в сооружении составляет  $25-26 \text{ метров}$ .

Насосная станция № 7 работает шесть месяцев в году, а вода в остальное время года будет полностью проходить по обводному каналу с максимальной пропускной способностью  $195 \text{ м}^3/\text{с}$ . Имеющиеся возможности и благоприятные условия в районе Талимарджанского водохранилища способствуют созданию комплекса с гидроэнергетическими установками суточного и сезонного регулирования. В состав предлагаемого гидроэнергокомплекса будет входить: ГЭС на водовыпускном сооружении, Талимарджанское водохранилище, приплотинная ГАЭС суточного и сезонного регулирования в составе насосной станции № 7.

В качестве нижнего водоема можно использовать подводящий канал насосной станции № 7 и грунтовые карьеры, которые образовались после выемки грунта при возведении плотины № 1. В настоящее время в этих карьерах сосредоточена часть фильтрационных вод, вытекающих из Талимарджанского водохранилища. При необходимости после соответствующей реконструкции сооружений и оборудования насосную станцию № 7 можно использовать в качестве суточной и сезонной ГАЭС. В результате строительства этого гидроэнергокомплекса будет возможность выработать электроэнергию не менее  $50000 \text{ МВт ч}$  в год.

На насосной станции № 7 установлены центробежные насосы  $2400 \text{ ВР-25/25}$  и  $1600 \text{ В-10/40}$  с общей суммарной мощностью  $64,8 \text{ МВт}$  и подачей  $142 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Отличительной особенностью насосов  $2400 \text{ ВР-25/25}$  является то, что они имеют регулируемые направляющие лопатки, установленные в конусе всасывающей трубы.



Рис. 1 - Схема Талимарджанского водохранилища

Наличие регулируемых направляющих аппаратов у насосных агрегатов станции заметно упрощает регулирование их мощности в турбинном режиме.

Возможности работы насосной станции № 7 в турбинном режиме нами исследованы путем проведения натурных экспериментов. В частности, были измерены частота вращения вала и величина гидродинамических нагрузок в выбранном характерном створе проточной части насоса при вращении ротора в обратном направлении. Как известно, характерными створами проточной части насосных агрегатов, где наблюдаются наибольшие гидродинамические нагрузки, являются створ под рабочим колесом и створы в напорном патрубке и трубопроводе [3]. Под рабочим колесом наибольшие величины пульсации давления наблюдаются при остановках насосов, т.е. при обратном вращении ротора. Исходя из этого, нами был выбран створ под рабочим колесом, ниже направляющего аппарата.

Анализ результатов исследований показал, что на 10 секунде после отключения электродвигателя режим противотока сменяется турбинным режимом и в это время интенсивность пульсации давления в выбранном створе (рис. 2) равна  $2A/H_p = 0,26$  ( $2A$  – двойная амплитуда колебания гидродинамического давления,  $H_p$  – расчетный напор насосной станции).

Через 22 секунде после потери привода частота вращения вала насоса принимает величину  $n = 1,05 \cdot n_0$  (в разгонном режиме) и при этом интенсивность пульсации давления достигает значения  $2A/H_p = 0,40$ .

С целью снижения интенсивности пульсации давления в указанном створе при обратном вращении насоса на 50 секунде после отключения электродвигателя был осуществлен разворот направляющего аппарата от первоначального угла на  $30^\circ$ . При этом, в соответствии с эксплуатационной характеристикой, разворот направляющего аппарата приводит к уменьшению расхода пропускаемой воды на 12 %. Анализ результатов измерений показал, что при развороте направляющего аппарата наблюдается снижение интенсивности пульсации давления на 20 % от ее максимального значения (рис. 2).

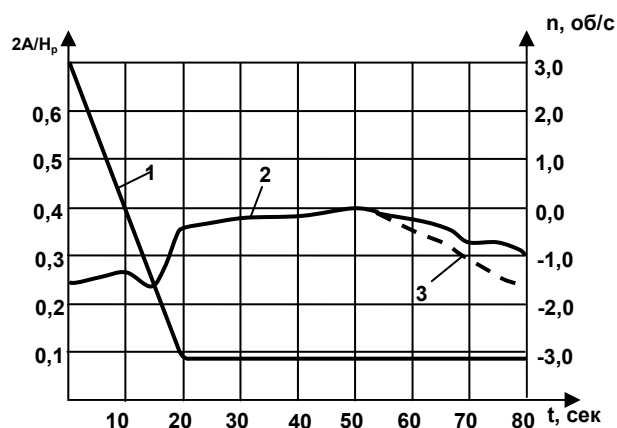


Рис. 2 - Интенсивность пульсации давления при остановке насосного агрегата 2400 ВР–25/25  
 1 – изменение частоты вращения вала насоса; 2 – интенсивность пульсации давления под рабочим колесом насоса; 3 – интенсивность пульсации давления под рабочим колесом насоса при регулировании направляющего аппарата

Все эти измеренные значения по нормативам гидродинамических и вибрационных, в том числе по нормам VDI, [4] позволяют судить о том, что в турбинном режиме инерционные и гидродинамические свойства насоса 2400 ВР–25/25 не превышают допустимых величин и эти данные могут служить основанием для выполнения работ по технико-экономическому обоснованию гидроэнергокомплекса на базе Талимарджанского водохранилища.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Васильев Ю.С., Елистратов В.В., Мухаммадиев М.М., Претро Г.А. Возобновляемые источники энергии и гидроаккумулирование. - СПб, 1996. – 103 с.
2. Васильев Ю.С., Претро Г.А. Гидроаккумулирующие электростанции. – Л., 1984. – 76 с.
3. Карелин В.Я., Новодережкин Р.А. Насосные станции гидротехнических систем с осевыми и диагональными насосами. – М.: Энергия, 1980. – 228 с.
4. Киселев И.И., Герман А.Л., Лебедев Л.М., Васильев В.В. Крупные осевые и центробежные насосы. Справочное пособие. - М.: Машиностроение, 1977. – 184 с.