

УЧЕТ КОЛЕБАНИЙ НАПОРА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ РЕЖИМА ГАЭС

Медведева О.Ю.

научный руководитель канд.техн. наук Чижова М. Д.

Сибирский федеральный университет

Работа ГАЭС в системе сопровождается значительными изменениями уровней в верхнем и нижнем бассейнах, а, следовательно, колебанием напора. Кроме того ГАЭС является станцией деривационного типа с длинной подводящей и отводящей деривацией или с длинными водоводами. Поэтому на станциях такого типа возможны значительные потери напора в гидравлическом тракте. Неучет колебаний напора при определении наиболее выгодного распределения нагрузки в турбинном режиме приводит к неоптимальному использованию заданного объема воды. В насосном режиме, кроме того, не будет выполняться условие закаченного заданного объема, т.к. согласно характеристикам при увеличении напора в насосном режиме уменьшается подача агрегата.

Для ГАЭС «чистого» типа, характеризующейся отсутствием приточности, колебания уровней бассейнов можно определить на основании кривых $z_{вб} = f(V)$ и $z_{нб} = f(V)$.

Так как на «чистого» типа ГАЭС отсутствует расход воды в нижнем и верхнем бассейнах, то один и тот же используемый объем вызывает изменение уровней в верхнем и нижнем бассейнах. Тогда изменение напора на ГАЭС в зависимости от используемого объема определяется для турбинного и насосного режимов следующим образом:

$$H_T(V) = z_{вб}(V_0 - V) - z_{нб}(V) \quad (1)$$

$$H_N(V) = z_{вб}(V) - z_{нб}(V_0 - V) \quad (2)$$

где H_T - напор на ГАЭС при сработке объема воды V при начальном объеме V_0 в верхнем водохранилище;

H_N - напор на ГАЭС после закачки объема V при начальном объеме V_0 в нижнем бассейне.

В частном случае, когда сработан или закачен весь полезный объем водохранилища напор в обоих режимах определится как

$$H_{T \max} = z_{вб \max} - z_{нб \text{ умо}} \quad (3)$$

$$H_{N \min} = z_{вб \text{ умо}} - z_{нб \max} \quad (4)$$

где $z_{нб \max}$ $z_{вб \max}$ - максимальная отметка уровня воды соответственно в нижнем и верхнем бассейнах;

$z_{нб \text{ умо}}$ - минимальная отметка уровня воды в нижнем бассейне.

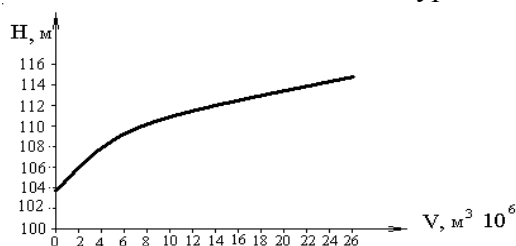


Рис.1 Кривая напора от объема $H=f(V)$

Используя выражения (1) и (2) можно построить зависимость изменения напора от используемого объема в насосном и турбинном режимах (рис.1). По этой зависимости легко определить значение напора при любом состоянии верхнего и нижнего бассейнов (при любом объеме), а также напор после сработки или закачки определенного объема:

$$H_{(t+1)} = H(V_t \pm \Delta V) \quad (5)$$

где $H_{(t+1)}$ – напор на ГАЭС после закачки (знак +) или после сработки (знак –) ΔV .

Как уже указывалось, наличие длинных трубопроводов приводит к заметному снижению напора вследствие потерь в водоподводящих сооружениях. Величина потерь в зависимости от расхода воды определяется следующим образом

$$\Delta H_B = k Q^2 \quad (6)$$

где

ΔH_B - потери напора в трубопроводах и деривации;

k - коэффициент потерь напоре;

Q - расход воды в данный момент времени.

Значение динамического напора, учитывающего потери в водоподводящих сооружениях определится по выражению:

$$H_d = H(V) \pm k Q^2 \quad (7)$$

где $H(V)$ - геометрический напор ГАЭС, по кривой связи.

Знак минус соответствует турбинному режиму, знак плюс – насосному.

В зависимости от гидравлической схемы ГАЭС учет потерь напора в водоподводящих сооружениях при определении режима гидроаккумулирующей станции может быть осуществлен по-разному.

I. При блочной схеме станции напорный водовод, питающий одну агрегата можно записать

$$H_d = H(V) \pm \Delta H_B \quad (8)$$

Для такой схемы станции изменение напора из-за потерь в трубопроводах может быть учтено в расходной характеристике агрегата и станций. При этом расходная характеристика агрегата должна быть скорректирована на величину:

$$\Delta P_H = 9.81 \cdot Q_a \cdot \Delta H_B \quad (9)$$

и может быть построена на основании выражения

$$P_a = 9.81 \cdot Q_a \cdot H - 9.81 \cdot Q_a \cdot \Delta H_B \quad (10)$$

Полученная характеристика отличается от расходной характеристики агрегата значением экономической мощности. При этом новом значении экономической мощности станция должна работать согласно наивыгоднейшему распределению нагрузок.

Так как работа ГАЭС должна происходить с мощностью $P_{ЭК}$ или $P_{НОМ}$ то для расчета режима необходимо иметь зависимости $P_{ЭК} = f(H)$, $P_{ЭК} = f(Q_{ЭК})$ и $P_{НОМ} = f(H)$, $P_{НОМ} = f(Q_{НОМ})$. Эта зависимости могут быть построены на основании эксплуатационных характеристик обратимых машин. Определив по ним для каждого значения напора величину максимального к.п.д. в экономическую мощность, можно найти экономическое значение расхода воды

$$Q_{ЭК} = 9.81 \cdot H \cdot \eta_{max} / P_{ЭК} \quad (11)$$

В настоящей работе построены и приведены указанные зависимости для радиально-осевых обратимых машин мощностью 200 МВт в насосном и турбинном режимах.

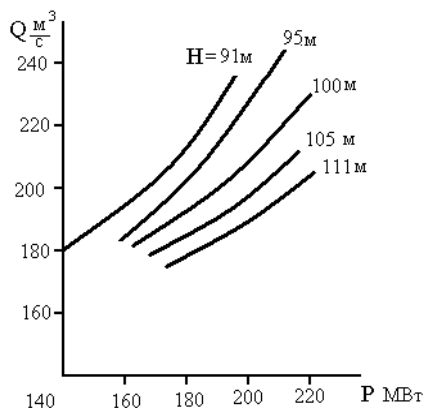


Рис. 2 Турбинный режим ОРО – 812 – 4

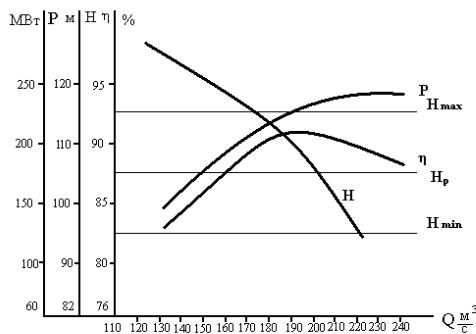


Рис. 3 Насосный режим ОРО–812 –4

2. На высоконапорных ГАЭС подвод воды из верхнего водохранилища к гидроагрегатам может производиться через несколько ниток деривации, через общий туннель или штольню. В этом случае динамический напор станции определяется по формуле [1]:

$$H_d = H(V) \pm \Delta H_v(Q_a) \pm \Delta H_{дер}(Q_{\Sigma}) \quad (12)$$

В зависимости от числа включенных агрегатов значение динамического напора будет различным.

Однако если учесть обстоятельство, что ГАЭС большую часть времени работает с максимальным числом агрегатов, т.е. расходы вода на станции равны $n_{max} Q_{нома}$ ($Q_{нома}$ - расход или подача воды агрегата, соответствующие номинальной мощности), то потеря напоре в водоподводящих сооружениях будут практически постоянными. Поэтому их можно учесть путем вычитания или сложения с геометрическим напором станции, имеющимся в данный момент

$$H = H(V_0) \pm \Delta H_{дер}(n_{max} \cdot Q_{нома}) \pm \Delta H_v(Q_a) \quad (13)$$

Изменение напора вследствие сработки или закачки какого-либо объема вода на ГАЭС не затухает и сохраняется до конца заряда или разряда. Напор в момент времени $(t + 1)$ определится /рис.1/

$$H_{t+1} = H_t \pm \Delta H(\Delta V)$$

или

$$H_{t+1} = H(V_t \pm \Delta V) \quad (14)$$

где $\Delta V = n Q_a 3600$ объем воды, используемый за 1 час

Напор на ГАЭС будем считать постоянным в течение часа. Влияние такого изменения напора может быть учтено в последствии режима ГАЭС. Сущность последствия заключается во влиянии предшествующего на последующий. Методика учета последствия режима на ГЭС вследствие сработки верхнего бьефа разработана и изложена [3]. Эта методика заключается во введении переменной во времени поправки $\Delta \lambda$ к множителю λ .

Так как характер изменения напора и причины последствия режима, на ГАЭС и ГЭС идентичны, то методику, разработанную для ГЭС, можно применить для гидроаккумулирующих станций. При этом для проведения практических расчетов удобнее воспользоваться величиной поправки S_{nt} , полученной в [4]:

$$S_{nt} = (102 \cdot 3600 \cdot W_{t-T}) / (H_{cp} \cdot \eta_{cp} \cdot F) \quad (15)$$

H_{cp} - среднее значение напора, (м);

F - площадь зеркала водохранилища, (м²);

η_{cp} - среднее значение к.п.д.;

W_{t-T} - выработка электрической энергии за период времени от часа t до конца цикла регулирования.

Упрощенная методика расчета режима ГАЭС с учетом колебаний

напора

Учет колебаний напора на ГАЭС можно производить либо путем подбора начальных условий, либо путем последовательных приближений.

Наиболее распространен второй способ, когда в первом приближении задают режим ГАЭС без учета изменений напора, а затем производится корректировка λ «ходом назад». Воспользуемся этим способом для учета изменений напора на ГАЭС. Введение к множителю λ поправки учитывающей изменение напора на ГАЭС, будет проявляться в том, что доля участия ГАЭС снижается в начале и повышается в конце заряда и разряда. Для режима разряда поправка $\Delta \lambda$ должна вводиться со знаком плюс, а для режима заряда со знаком минус.

При использовании методики корректировки режима ГАЭС изложенной в [2], относительный прирост расхода воды на ГАЭС в обоих режимах определяется по выражению

$$q' = q (1 \pm S_{nt}) \quad (16)$$

где

q - частичный удельный расход воды на станции без учета колебаний уровня в бассейнах

q' - скорректированный относительный прирост расхода воды поправка, рассчитываемая по выражению (15).

Корректировка турбинного режима ГАЭС

В турбинном режиме введение поправки S_{nt} приводит к уменьшению мощности в первые часы работы станции. Величина уменьшения мощности в отдельные часы зависит от величины S_{nt} . Так как изменение нагрузки происходит путем последовательного отключения или включения агрегатов с мощностью $P_{ном}$ или $P_{эк}$, то зная закон действия этой поправки можно уменьшить нагрузку ГАЭС соответственно на величину $P_{ном}$ или $P_{эк}$ в час для которого нагрузка системы является минимальной. Уменьшение мощности ГАЭС может не соответствовать тому изменению режима, которое вызывает введение поправки S_{nt} вследствие ее малости. Поэтому для компенсации уменьшения срабатываемого объема воды необходимо увеличить мощность ГАЭС на мощность одного агрегата в часы максимальной нагрузки системы.

Корректировка насосного режима ГАЭС

В насосном режиме неучет изменения напора приводит к закачке меньшего, чем оптимальный объема и неоптимальному распределению нагрузки. Поэтому, прежде всего, определяется дополнительное количество агрегатов, необходимых для закачки оставшегося объема

$$\Delta V_{ост} = V_{гаэс} + V_{H=const} \quad (17)$$

здесь $V_{гаэс}$ - объем воды подлежащий закачке;

$V_{H=const}$ - объем, закачиваемый агрегатами при допущении постоянства напора на ГАЭС. Количество дополнительных агрегатов определяется

$$n = \Delta V_{ост} / 3600 \cdot Q_{ном а} \quad (18)$$

Увеличение числа работающих агрегатов приводит к необходимости корректировки режима ГАЭС.

Определив число дополнительных агрегатов и скорректировав режим, следует определить поправку S_{nt} для каждого часа. Изменение режима ГАЭС с учетом последствия осуществляется как в турбинном режиме, но в этом случае уменьшение нагрузки ГАЭС производится в часы максимальной нагрузки системы, а увеличение в часы с минимальной нагрузкой.