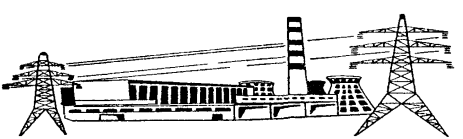
ОРГРЭС — ЭНЕРГЕТИКАМ

РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ "ЕЭС РОССИИ"

ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И РАЗВИТИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ГИДРОТУРБИННЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ ВВОДЕ ИХ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ НА ГЭС

РД 153-34.2-31.302-2001



Москва СПО ОРГРЭС 2001

gost.e-ecolog.ru

Разработано Открытым акционерным обществом "Фирма по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей ОРГРЭС"

Исполнители *В.Н. БАЙКОВ, Г.С. КИСЕЛЕВ*

Согласовано с Департаментом электрических станций РАО «ЕЭС России» 18.01.2001 г.

Первый заместитель начальника *В.А. КУЗНЕЦОВ*

Утверждено Департаментом научно-технической политики и развития РАО «ЕЭС России» 20.01.2001 г.

Первый заместитель начальника *А.П. ЛИВИНСКИЙ*

Срок первой проверки настоящего РД – 2004 г., периодичность проверки – один раз в 5 лет

Ключевые слова: гидроагрегат, гидротурбина, гидрогенератор, натурные испытания.

© СПО ОРГРЭС, 2001

УДК 621.311

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ГИДРОТУРБИННЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ ВВОДЕ ИХ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ НА ГЭС

РД 153-34.2-31.302-2001
Взамен РД 34.31.302-88

Дата введения $\frac{2001 - 12 - 01}{\text{год} - \text{месяц} - \text{число}}$

При составлении настоящих Методических указаний учтены требования РД 34.20.501-95 [1], [2], Эксплуатационного циркуляра № Ц-04-96 (э) [3], РД 34.31.303-96 [4], МУ 34-70-160-86 (РД 34.31.301) [5] и других методических указаний.

Методические указания предназначены для АО-энерго, дирекции ГЭС (каскадов ГЭС), монтажных, наладочных и проектных организаций.

С выходом настоящих Методических указаний утрачивают силу «Методические указания по проведению натурных испытаний гидротурбинных агрегатов перед приемкой ГЭС в эксплуатацию: РД 34.31.302-88 (М.: СПО Союзтехэнерго, 1990).

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Методические указания определяют объем и содержание натурных испытаний гидротурбинных агрегатов (гидроагрегатов) перед приемкой ГЭС в постоянную эксплуатацию, но в течение гарантийного срока каждого гидроагрегата или при вводе гидроагрегатов после реконструкции или

Издание официальное

Настоящий РД не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения организации-разработчика

модернизации на действующей ГЭС. Результаты испытаний представляются приемочной комиссии заказчика для учета их при решении вопроса о готовности гидроагрегатов к сдаче в эксплуатацию.

1.2 Методические указания распространяются на все типы гидроагрегатов горизонтального и вертикального исполнения с радиально-осевыми, поворотно-лопастными (пропеллерными), диагональными и ковшовыми турбинами. Методические указания распространяются также на насос-турбины и генератор-двигатели гидроаккумулирующих электростанций. Они предусматривают проведение энергетических и вибрационных испытаний гидроагрегатов, испытаний системы регулирования и при необходимости специальных испытаний.

1.3 Указанные испытания проводятся в целях:

— выявления имеющихся недостатков проектирования, изготовления и монтажа оборудования;

— проверки выполнения технических условий на поставку и заводских гарантий по энергетическим. механическим и динамическим характеристикам оборудования;

— проверки надежности отдельных узлов гидроагрегата;

— определения и установления оптимальных режимов и условий работы гидроагрегата.

1.4 Испытания проводятся специализированной организацией, обладающей лицензией на право проведения работ, и эксплуатационным персоналом ГЭС по программе, согласованной с заводом-изготовителем оборудования и утвержденной главным инженером ГЭС.

По результатам испытаний организация, проводящая их, представляет дирекции ГЭС технический отчет с выводами и рекомендациями.

1.5 Испытания проводятся при расчетных условиях эксплуатации. Если оборудование вынуждено продолжительно работать в нерасчетных условиях (например, при напоре ниже минимального), допускается проведение испытаний для выявления возможности и оптимальных условий эксплуатации в этом случае. Решение вопроса об объеме испытаний в нерасчетных условиях возлагается на дирекцию ГЭС.

1.6 При проведении испытаний обязательно соблюдение требований РД 34.20.501-95 [1], РД 153-34.0-03.150-00 [6] и РД 34.03.205 [7].

2 ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

2.1 Энергетические испытания гидроагрегатов проводятся в целях:

– проверки соответствия фактических значений максимального КПД и максимальной мощности гидротурбины гарантированным заводом-изготовителем турбины значениям;

– получения натурных энергетических характеристик – мощностной, рабочей, расходной и эксплуатационной, а также подачи в насосном режиме работы гидроагрегатов ГАЭС;

– определения оптимальной комбинаторной зависимости поворотно-лопастных гидротурбин и проверки ее соответствия установленной комбинаторной связи;

– определения эффекта от повышения КПД и мощности после замены или модернизации турбинного оборудования.

2.2 Энергетические испытания могут выполняться абсолютным и индексным методами.

Абсолютный метод предусматривает определение фактических (абсолютных) значений КПД. При индексном методе определяется индексное, или относительное значение КПД, т.е. степень изменчивости КПД от мощности. При проведении испытаний следует руководствоваться требованиями ГОСТ 28842-90 [8] и Международных правил натурных приемочных испытаний по определению гидравлических характеристик турбин, аккумулирующих насосов и обратимых турбин (стандарт МЭК 4(ЦБ) 48).

2.3 При проведении испытаний абсолютным методом рекомендуется использовать наиболее отработанный в отечественной практике метод «площадь-скорость», при котором расход воды определяется интегрированием поля местных скоростей, измеряемых гидрометрическими вертушками. При этом испытания следует проводить при напоре, близком к расчетному.

По договоренности между заказчиком и заводом-изготовителем гидротурбины при испытаниях может быть применен ультразвуковой способ измерения расхода воды.

2.4 Количество испытываемых по п. 2.3 гидроагрегатов рекомендуется принимать: для ГЭС с количеством установленных или модернизированных гидроагрегатов до 4 — 1, от 5 до 10 — 2, от 11 до 20 и более — 3.

В случае установки на одной ГЭС разнотипного оборудования или оборудования, имеющего существенное отличие в конструкции отдельных узлов (рабочего колеса турбины, спиральной камеры, отсасывающей трубы и др.), количество испытываемых гидроагрегатов должно быть увеличено. Это распространяется и на гидроагрегаты с различной компоновкой в здании ГЭС.

2.5 Гидроагрегаты рекомендуется испытывать абсолютным методом только в том случае, когда может быть обеспечено выполнение всех требований, предъявляемых к измерительному створу по ГОСТ 28842-90 [8]. При невозможности выполнения указанных требований целесообразность проведения испытаний решается в каждом конкретном случае. При этом должны быть приняты во внимание результаты модельных испытаний гидротурбины, проведенных на модели, соответствующей проточной части гидротурбинного блока, и результаты входного контроля геометрических размеров рабочего колеса. (Контроль геометрических параметров рабочего колеса. Требования МЭК. Международный код модельных приемо-сдаточных испытаний гидравлических турбин. Публикация МЭК № 193).

2.6 При проведении испытаний абсолютным методом должна быть произведена градуировка расходомерного створа спиральной камеры, которая может быть использована для определения энергетических характеристик в полном диапазоне изменений напора путем проведения испытаний индексным методом.

2.7 Для проведения испытаний индексным методом необходимо наличие как минимум двух пьезометрических выводов из спиральной камеры, расположенных в одном и том же радиальном ее сечении, один из которых размещается на

внешнем радиусе спирали, другой — на внутреннем радиусе у статорных колонн.

Градуировочное уравнение расходомерного створа спиральной камеры, определяемое по результатам испытаний абсолютным методом, устанавливает зависимость перепада давлений между двумя выводами от расхода воды и позволяет поэтому вычислять значения фактического расхода воды.

При отсутствии градуировочного уравнения следует принимать, что расход воды пропорционален корню квадратному из перепада давлений, т.е. показатель степени равен 0,5. При этом индексный метод дает достаточно надежные результаты при испытании радиально-осевых турбин с полноохватной металлической спиральной камерой. При испытании поворотно-лопастных турбин с не полноохватной бетонной спиральной камерой следует уточнить принятое значение показателя степени путем использования другой пары выводов, измерением средней скорости потока и другими способами. В противном случае индексный способ следует использовать только для определения оптимальной комбинаторной зависимости.

2.8 Испытания индексным методом должны проводиться на всех гидроагрегатах ГЭС не менее чем при трех значениях напоров, охватывающих полный диапазон их изменения (при выполнении гарантий завода-изготовителя по высоте отсасывания).

При выполнении работ по модернизации гидротурбинного оборудования рекомендуется выполнять испытания индексным способом как старой, так и вновь установленной гидротурбины.

По результатам испытаний строится эксплуатационная характеристика гидроагрегата, на которой должны быть указаны либо фактические значения КПД (при известной градуировке), либо прогнозируемые значения КПД в абсолютных единицах (полученные из условия равенства максимального значения индексного КПД максимальному значению КПД, гарантированному заводом-изготовителем).

2.9 Для возможности сравнения натурных характеристик гидроагрегата с заводскими характеристиками необходимо:

мощность и КПД гидроагрегата пересчитать для гидротурбины, принимая значения КПД генератора согласно заводским гарантиям; измеренные значения мощности и расхода воды привести по формулам подобия к постоянному напору гидротурбины.

2.10 В процессе энергетических испытаний должны быть определены потери напора в водоподводящем тракте.

Для деривационных ГЭС и сложной системы подводящих сооружений потери напора должны определяться отдельно по каждому участку, а затем суммироваться.

Полученные значения потерь напора следует сравнить с расчетными данными.

2.11 Испытания по определению оптимальной комбинаторной зависимости поворотно-лопастных гидротурбин должны проводиться на всех вновь введенных в эксплуатацию гидроагрегатах, а также после замены или модернизации турбинного оборудования не менее чем при трех значениях напоров, охватывающих полный диапазон их изменения. Испытания следует выполнять индексным методом. При этом гидроагрегат должен работать на ручном регулировании с разобщенной комбинаторной связью. Оптимальные по КПД соотношения между открытиями направляющего аппарата и углами разворота лопастей рабочего колеса получают из пропеллерных характеристик. Каждая такая характеристика представляет собой зависимость индексного КПД от мощности гидроагрегата при неизменном угле разворота лопастей. В некоторых случаях такую характеристику удобнее строить при неизменном открытии направляющего аппарата.

При отсутствии пьезометрических выводов допускается определять оптимальную комбинаторную зависимость методом постоянной мощности. В этом случае точка оптимума определяется по линии постоянной мощности, представляющей собой зависимость между углом разворота лопастей и открытием направляющего аппарата при условии поддержания постоянной мощности гидроагрегата.

2.12 Полученные в результате испытаний графики оптимальных комбинаторных зависимостей следует сравнить с рекомендованными заводом-изготовителем и фактическими

комбинаторными зависимостями. При несоответствии фактических и оптимальных комбинаторных зависимостей следует произвести наладку комбинаторной связи. При больших несоответствиях, не устраняемых наладкой, следует изменить профиль пространственного кулачка комбинатора или произвести перепрограммирование устройства, задающего комбинаторную зависимость.

3 ВИБРАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ

3.1 Вибрационные испытания гидроагрегатов проводятся в целях:

– определения вибрационного состояния гидроагрегата и проверки соответствия уровня вибрации нормам;

– получения вибрационных характеристик гидроагрегата в эксплуатационных режимах его работы;

– определения зоны допустимых режимов работы гидроагрегата;

– определения при повышенном уровне вибрации наличия механических, электрических или гидравлических возмущающих сил.

3.2 При проведении вибрационных испытаний следует руководствоваться требованиями Эксплуатационного циркуляра № Ц-04-96(э) [3] и РД 34.31.303-96 [4].

3.3 Вибрационные испытания проводятся на каждом смонтированном гидроагрегате в период действия гарантий заводов-изготовителей гидротурбины и гидрогенератора.

3.4 Результаты вибрационных испытаний являются исходным материалом по оценке вибрационного состояния гидроагрегата в целом.

3.5 При проведении вибрационных испытаний при необходимости измеряются также показатели, которые могут быть важными для анализа вибрационного состояния гидроагрегата (например, пульсация давления в различных точках проточного тракта гидротурбины, ЭДС витка в зазоре между ротором и статором генератора и др.).

3.6 Оценку уровня вибрации гидроагрегата следует производить в соответствии с требованиями РД 34.31.303-96 [4].

Оценку уровня биения вала следует производить сравнением результатов измерений с предельными значениями, установленными заводами-изготовителями турбины и генератора и указанными в местных инструкциях по эксплуатации.

3.7 В случае неудовлетворительной оценки вибрационного состояния гидроагрегата по результатам испытаний следует провести специальные испытания по определению причин повышенной вибрации от наличия механических, электрических или гидравлических возмущающих сил.

4 ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ

4.1 Натурные испытания системы регулирования частоты вращения проводятся с целью проверки соответствия ее технических характеристик техническим условиям поставки и паспортным данным регулятора, проверки выполнения гарантий регулирования и качества процессов регулирования частоты и активной мощности. Испытания должны проводиться в соответствии с требованиями Международного кода для испытания систем регулирования гидравлических турбин (публикация МЭК № 308, 1970) и МУ 34-70-160-86 (РД 34.31.301) [5].

4.2 Наиболее полный объем испытаний должен быть выполнен при вводе гидроагрегатов в эксплуатацию на новых объектах или после замены системы регулирования на действующих гидроагрегатах. Он должен включать в себя:

— проверку регулятора на соответствие техническим данным завода-изготовителя;

— снятие характеристик обратных связей от сервомоторов направляющего аппарата и рабочего колеса;

— определение времени открытия и закрытия направляющего аппарата и разворота и свертывания лопастей рабочего колеса;

— определение времени закрытия направляющего аппарата от золотника аварийного закрытия;

— определение перестановочных усилий сервомоторов направляющего аппарата и рабочего колеса;

— определение качества процесса регулирования частоты при работе гидроагрегата на холостом ходу и под нагрузкой в изолированном энергорайоне;

— проверку выполнения гарантий регулирования при сбросах нагрузки.

При вводе гидроагрегатов в эксплуатацию после модернизации с сохранением прежней системы регулирования объем испытаний зависит от характера выполненных при модернизации работ. Испытания по проверке выполнения гарантий регулирования при сбросах нагрузки должны выполняться на каждом вводимом после монтажа гидроагрегате.

4.3 В процессе пуска гидроагрегата должны быть проверены устанавливаемые регулятором пусковое открытие направляющего аппарата и пусковой угол разворота лопастей рабочего колеса, а также открытие холостого хода.

4.4 Испытания маслонапорной установки (МНУ) проводятся в следующем объеме:

— определение протечек масла в системе регулирования и утечек воздуха из аккумулятора давления;

— проверка цикличности работы маслонасосов МНУ.

5 СПЕЦИАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

5.1 В объем натурных испытаний гидроагрегатов при сдаче в эксплуатацию могут при необходимости дополнительно входить:

— испытания по выяснению причин повышенной вибрации и биения вала гидроагрегата;

— испытания воздушной системы перевода гидроагрегатов в режим синхронного компенсатора;

— испытания направляющих подшипников и подпятника гидроагрегата;

— испытания системы технического водоснабжения;

— прочностные испытания конструктивных элементов гидротурбины и генератора;

— испытания по определению кавитационного запаса гидротурбины;

— гидравлические испытания с измерениями пульсаций давлений в проточном тракте гидротурбины;

— вибрационные и прочностные испытания металлических напорных трубопроводов гидроэлектростанций;

— испытания по определению протечек через направляющий аппарат гидротурбины и др.

5.2 Специальные испытания необходимо проводить в соответствии с действующими отраслевыми методическими указаниями. В случае их отсутствия программа испытаний разрабатывается специализированной организацией, согласовывается с заводом-изготовителем, на оборудовании которого проводятся испытания, и утверждается заказчиком.

6 ИСПЫТАНИЯ ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ

6.1 Каждый гидрогенератор и генератор-двигатель, работающий в паре с гидротурбиной, после окончания монтажа должен пройти приемо-сдаточные испытания в соответствии с требованиями РД 34.45-51.300-97 [9] и ГОСТ 5616-89 [10].

6.2 Приемо-сдаточные испытания гидрогенераторов и генераторов-двигателей должны проводиться заказчиком совместно с заводом-изготовителем по согласованной ими программе. Заказчик может привлекать к проведению приемо-сдаточных испытаний специализированные научно-исследовательские и наладочные организации, имеющие лицензию на проведение испытаний.

6.3 По проведенным приемо-сдаточным испытаниям составляется техническая документация, которая при приемке ГЭС в эксплуатацию или при сдаче замененного или модернизированного гидроагрегата на действующей ГЭС представляется приемочной комиссии заказчика.

Список использованной литературы

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации: РД 34.20.501-95.- М.: СПО ОРГРЭС, 1996.
2. Методические указания по эксплуатационным энергетическим испытаниям гидроагрегатов.— М.: СПО Союзтехэнерго, 1988.
3. Эксплуатационный циркуляр № Ц-04-96(э) «О контроле вибрационного состояния гидроагрегатов».— М.: РАО «ЕЭС России», 1996.
4. Методические указания по эксплуатационному контролю вибрационного состояния конструктивных узлов гидроагрегата: РД 34.31.303-96.— М.: РАО «ЕЭС России», 1996.
5. Методические указания по испытаниям систем регулирования гидротурбин: МУ 34-70-160-86 (РД 34.31.301).— М.: СПО Союзтехэнерго, 1987.
6. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок: ПОТ РМ-016-2001: РД 153-34.0-03.150-00.— М.: ЭНАС, 2001.
7. Правила безопасности при обслуживании гидротехнических сооружений и гидромеханического оборудования энергоснабжающих организаций: РД 153-34.0-03.205-2001.— М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2001.
8. ГОСТ 28842-90. Турбины гидравлические. Методы натурных приемочных испытаний.
9. Объем и нормы испытаний электрооборудования: РД 34.45-51.300-97.— М.: ЭНАС, 1998.
10. ГОСТ 5616-89. Генераторы и генераторы-двигатели электрические гидротурбинные. Общие технические условия.

gost.e-ecolog.ru