

УДК 620.162

Ю.А. Закиева, Г.Г. Безукладников*ОАО «Пермский Моторный Завод»*

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЗАГРУЗКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ. РАСШИРЕНИЕ ДИАПАЗОНА РЕГУЛИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ

Приведен аналитический обзор существующих систем загрузки промышленного газотурбинного двигателя. Загрузочным устройством может являться электрогенератор, компрессор и гидротормоз. При сдаточных испытаниях необходимо измерять эффективную мощность двигателя, которая поглощается загрузочным устройством. При выборе загрузочного устройства учитывают различные факторы, в том числе соответствие запрошенным характеристикам по мощности, диапазон регулирования, экономичность, номенклатура выпускаемой продукции предприятия, опыт других предприятий. Отмечено, что прогрессивным способом загрузки наземного газотурбинного двигателя и его модулей является осецентриробежный компрессор с широким диапазоном регулирования эффективной мощности.

Загрузочное устройство, наземные газотурбинные двигатели, эффективная мощность двигателя, электрогенератор, компрессор, гидротормоз, испытание

Введение

Важнейшим этапом при создании газотурбинных двигателей являются сдаточные испытания. Испытаниям подвергаются все без исключения опытные и серийные двигатели. При проведении испытаний энергия, вырабатываемая двигателем, должна быть воспринята и преобразована загрузочным устройством с целью оценки соответствия заявленных характеристик действительным. В качестве загрузочных устройств могут быть использованы электрогенератор, вырабатывающий электрическую энергию, компрессор, сжимающий воздух или другой газ, и гидротормоз, превращающий механическую энергию вращения турбины в тепло, воспринимаемое водой.

Гидротормоз является специфичной машиной, в которой потребляемую мощность сознательно превращают в потери, так как тепловая энергия, в которую превратилась механическая энергия торможения, уносимая водой или рассеиваемая через стенки в воздухе, полезно не используется. Поэтому у гидротормозов отпадает такой показатель качества, как коэффициент полезного действия. Основными характеристиками являются возможные пределы использования гидротормоза по скорости и моменту, т.е. максимальная тормозная (эффективная) мощность и минимальная скорость вращения.

В условиях развития наземной газотурбинной промышленности, увеличения характеристик по

мощности ГТД, появляется проблема по выбору загрузочного устройства. При выборе загрузочного устройства нужно учитывать различные факторы, в том числе соответствие запрошенным характеристикам по мощности, диапазон регулирования, экономичность, номенклатура выпускаемой продукции предприятия, опыт других предприятий.

1. Экспериментальная часть

На ОАО «Пермский Моторный Завод» (Россия) была поставлена задача: испытать ГТД 25 МВт. При испытаниях ГТД применялся двухдисковый гидротормоз Г828-0126 (рис. 1.). Гидротормоз Г828-0126 рассчитан на мощность 15 МВт при 6500 об/мин. Испытания 25 МВт ГТД осложняются тем, что использование двух гидротормозов в ряд на одной трансмиссии не обеспечивает требуемых 25 МВт. Предполагается, что два гидротормоза способны выдавать мощность 30 МВт, но, по требованиям руководящей документации испытания ГТД мощностью 25 МВт необходимо проводить при 5000 об/мин. Два гидротормоза не могут обеспечить требуемую мощность — 25 МВт при оборотах 5000 об/мин, т.к. зависимость мощности от оборотов непрямоугольная. При оборотах 5000 об/мин мощность получается 18 МВт. Также существует проблема автоматического регулирования гидротормоза.

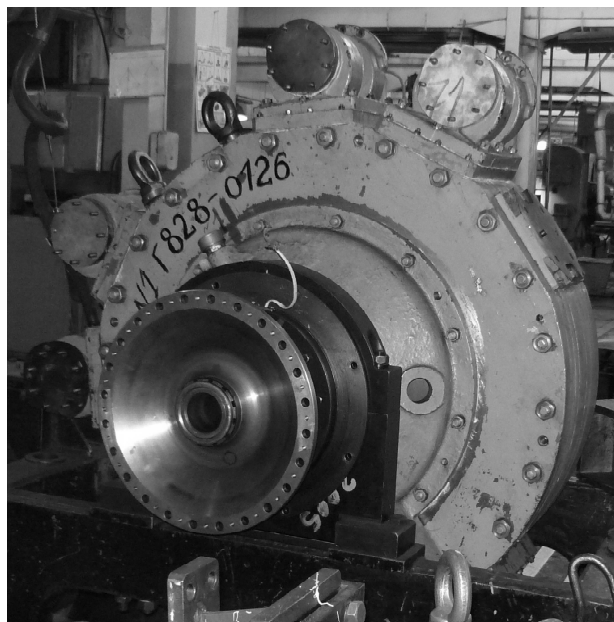
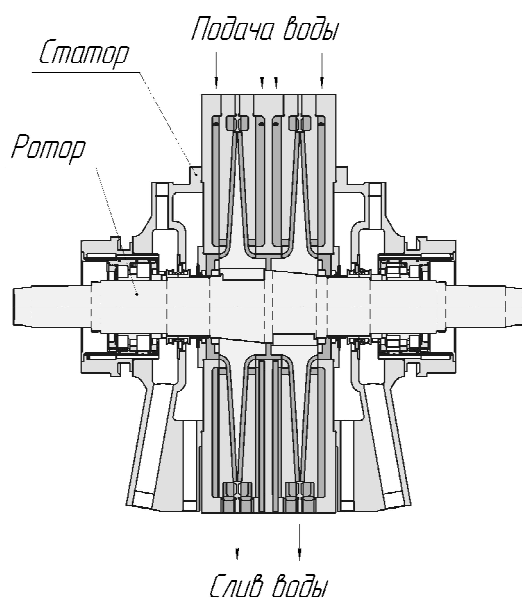


Рис. 1. Гидротормоз Г828-0126

2. Обзорно-аналитическая часть

Применение гидротормоза в качестве грузочного устройства при испытаниях ГТД не самый рациональный способ восприятия энергии двигателя при его испытаниях. Особенно по сравнению с электрогенератором, вырабатывающим электроэнергию, которую можно продать, либо компрессором способным обеспечить испытания газотурбинных установок в достаточно больших диапазонах 3 МВт до 35 МВт (фирма MAN GHH – Германия). Тем не менее, на сегодняшний день гидротормоз является наиболее распространенным типом грузочного устройства при испытаниях ГТД, это связано с тем, что газотурбинные наземные двигатели не требуют большого диапазона регулирования по эффективной мощности и оборотам.

На ОАО «Авиадвигатель» внедрен в испытательный процесс гидротормоз «Осьминог» (производство – ГПНПК газотурбостроения «Заря»-«Машпроект» - город Николаев), с возможностью регулирования по оборотам: от 2800 до 3500 об/мин, при эффективной мощности: от 3 до 20 МВт.

Однако для предприятий, которые производят ряд (по мощности) промышленных газотурбинных двигателей, эффективнее будет использование компрессора в качестве грузочного устройства. Примером может служить испытательный комплекс фирмы MAN GHH (использование осецентричного компрессора). Такой комплекс может обеспечить весь необходимый цикл испытаний большой номенклатуры изделий, как отдельных элементов, так и комплектных установок для газоперекачки и энергоснабжения.

Процесс повышения давления газа осуществляется последовательно в нескольких камерах многоступенчатого осецентричного компрессора. В результате сжатия воздуха его температура повышается и при осевом движении плотность воздуха возрастает. Механическая энергия, подводимая к компрессору от испытуемого двигателя, преобразуется в потенциальную и кинетическую энергию газа. Это преобразование энергии в компрессоре осуществляется в результате аэродинамического взаимодействия потока газа с вращающимся лопаточным аппаратом. Таким образом, регулировать компрессор можно, дросселируя газ либо редуктором по оборотам, что дает огромный спектр регулирования.

Генератор – устройство, преобразующее механическую энергию, получаемую от двигателя, в электрическую. Принцип действия генератора основан на явлении электромагнитной индукции – возникновении электрического напряжения в обмотке статора, находящейся в переменном магнитном поле. Оно создается с помощью вращающегося электромагнита – ротора при прохождении по его обмотке постоянного тока. При работе на режиме генераторного торможения очень просто регулировать скорость при постоянном тормозном усилии и величину тормозного момента при постоянной скорости. Применение электрогенераторов, в качестве испытательных устройств, ограничивается тем, что максимальные обороты испытуемого изделия могут достигать только 3000 об/мин. Необходимо электроэнергию, вырабатываемую электрогенератором гасить на сопротивлениях. Потому что требования, предъявляемые к качеству элек-

троэнергии поставляемой во внешнюю сеть вы-соки (по частоте, напряжению) и обеспечить их достаточно сложно и дорого.

Заключение

Сравнение полученных данных зависимости полного обзора загрузочных устройств от заданных начальных характеристик испытываемого изделия является необходимыми сведениями при создании новых наземных газотурбинных двигателей. Поэтому в конечном итоге необходимо получить полную картину наиболее эффективного применения того или иного загрузочного устройства для определенного наземного газотурбинного двигателя с его характеристиками.

Перечень ссылок

1. Гавриленко Б.А. Гидравлические тормоза / Б.А.Гавриленко, В.А. Минин, Л.С. Оловников; под редакцией Б.А. Гавриленко – монография: МАШГИЗ: 1961. – 241 с.
2. Двигатель/ А. Головащенко, В. Спицын, А. Боцула, С. Косе // «Осьминог» или о роли тормоза в прогрессе турбиностроения. – 2004. – №4 (34). – С. 16 – 54.
3. [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://www.man.de/MAN-Downloadgalleries/ All/ 3Investor_Relations/Hauptversammlung/2010/ MAN_GBd_2009_Lagebericht.pdf](http://www.man.de/MAN-Downloadgalleries/All/3Investor_Relations/Hauptversammlung/2010/MAN_GBd_2009_Lagebericht.pdf) – С. 74 – 98.

Поступила в редакцию 31.05.2010 г.

Y.A. Zakiev, G.G. Bezukladnikov

OPTIMIZATION OF SYSTEMS OF LOADING OF THE EXAMINEE OF THE ENGINE. EXPANSION OF THE RANGE OF REGULATION

Наведено аналітичний огляд існуючих систем завантаження випробуваного газотурбінного двигуна. Завантажувальним пристроєм може бути електрогенератор, компресор і насос (гідротормоз). При випробуваннях необхідно заміряти ефективну потужність двигуна, яка поглинається завантажувальним пристроєм. При виборі завантажувального пристрою враховують різні фактори такі як: відповідність запитані характеристиками по потужності, діапазон регулювання, економічність, номенклатура підприємства, досвід інших підприємств. Відзначено, що прогресивним способом завантаження випробуваного газотурбінного наземного двигуна і його модулів з великою номенклатурою є осецентробежний компресор з широким діапазоном регулювання ефективної потужності.

Завантажувальний пристрій, наземні газотурбінні двигуни, ефективна потужність двигуна, електрогенератор, компресор, гідротормоз, випробування

The state-of-the-art review of existing systems of loading of the examinee gas turbine the engine is resulted. The loading device the electrogenerator, the compressor and the pump (hydrobrake) can be. At tests it is necessary to measure effective power of the engine which is absorbed by the loading device. At a choice of the loading device consider various factors such as: conformity to the requested characteristics on capacities, a regulation range, profitability, the enterprise nomenclature, experience of other enterprises. It is noted that a progressive way loading test of gas turbine engine and its ground units with large nomenclature is osesentrobezhny compressor with a wide range of effective regulatory capacity.

The loading device, land gas turbine engines, effective power of the engine, the electrogenerator, the compressor, a hydrobrake, test