

УДК 621.311

МАГНИТНЫЕ ПОДШИПНИКИ В ТУРБОДЕТАНДЕРНЫХ УСТАНОВКАХ

Ковалев В.М.

Научный руководитель – старший преподаватель Пантелей Н.В.

В настоящее время в энергетике все большее распространение получили турбодетандерные установки. Турбодетандерная установка представляет собой лопаточную турбинную машину с непрерывным действием. С помощью турбодетандера производится расширение газа с целью его дальнейшего охлаждения. Освобожденная энергия позволяет совершать полезную внешнюю работу. Турбодетандер осуществляет низкотемпературную обработку газа в промышленных установках, принимают непосредственное участие в сжижении газа и разделении многокомпонентных газовых смесей.

Как к любому энергетическому оборудованию, к турбодетандерам предъявляется требование надежности. Одним из способов повышения надежности ТДУ является применение магнитных подшипников.

Магнитный подшипник, как и остальные механизмы подшипниковой группы, служит опорой для вращающегося вала. Но в отличие от распространенных подшипников качения и подшипников скольжения соединение с валом в магнитных подшипниках является механически бесконтактным, то есть используется принцип левитации.

Используя принцип левитации, вращающийся вал буквально парит в мощном магнитном поле. Контролировать движение вала и координировать работу магнитной установки позволяет сложная система датчиков, которая постоянно отслеживает состояние системы и подает необходимые управляющие сигналы, меняя силу притяжения с той или иной стороны.

Магнитные подшипники делятся на две большие группы – активные и пассивные.

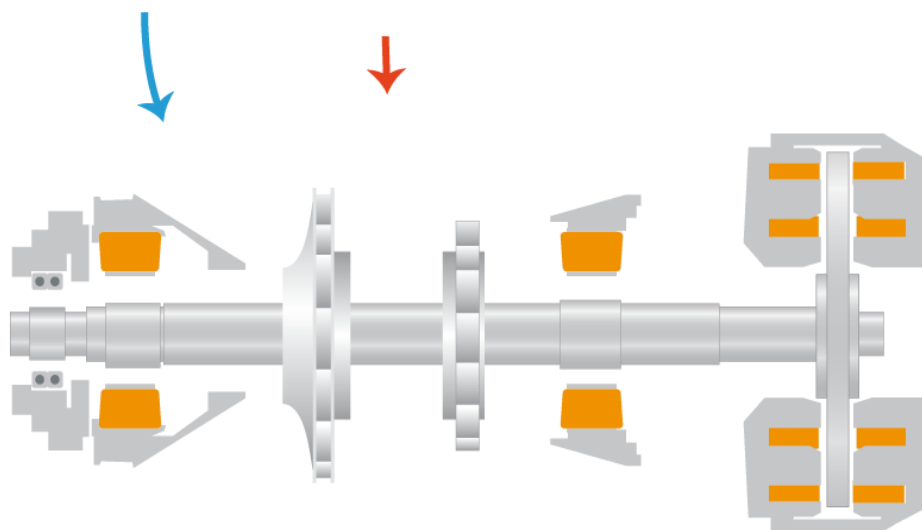


Рисунок 1. Принцип работы активного магнитного подшипника

Магнитный подшипник, где силовое поле создается при помощи электромагнитов, называется активным. Электромагниты позиционные расположены в статоре подшипника, ротор представлен металлическим валом (рисунок 1). Вся система, обеспечивающая удержание вала в агрегате, называется активным магнитным подвесом (рисунок 2). Он имеет сложное строение и состоит из двух частей: блока подшипников и системы электронного управления.

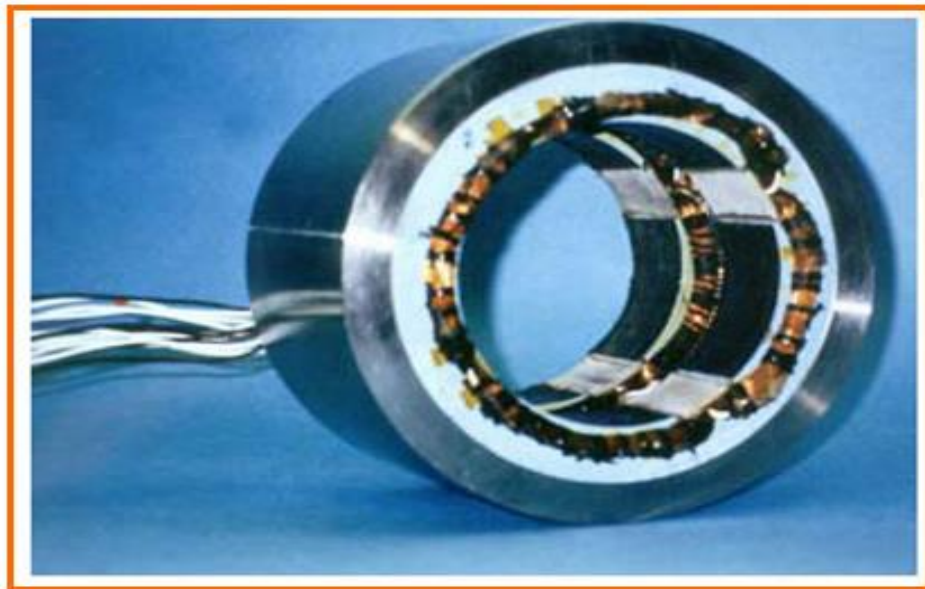


Рисунок 2. Общий вид магнитного подвеса

По типу воспринимаемой нагрузки блок подшипников может состоять из радиальных или упорных механизмов. Принцип работы у них один и тот же. Используется специальный ротор (обычный вал не подойдет), модифицированный ферромагнитными блоками. Этот ротор «висит» в магнитном поле, создаваемом электромагнитными катушками, которые находятся на статоре, то есть вокруг вала на 360 градусов, образуя кольцо.

Между ротором и статором образуется воздушный зазор, что позволяет деталям вращаться с минимальным трением. Общий вид активного магнитного подвеса представлен на рисунке 3.

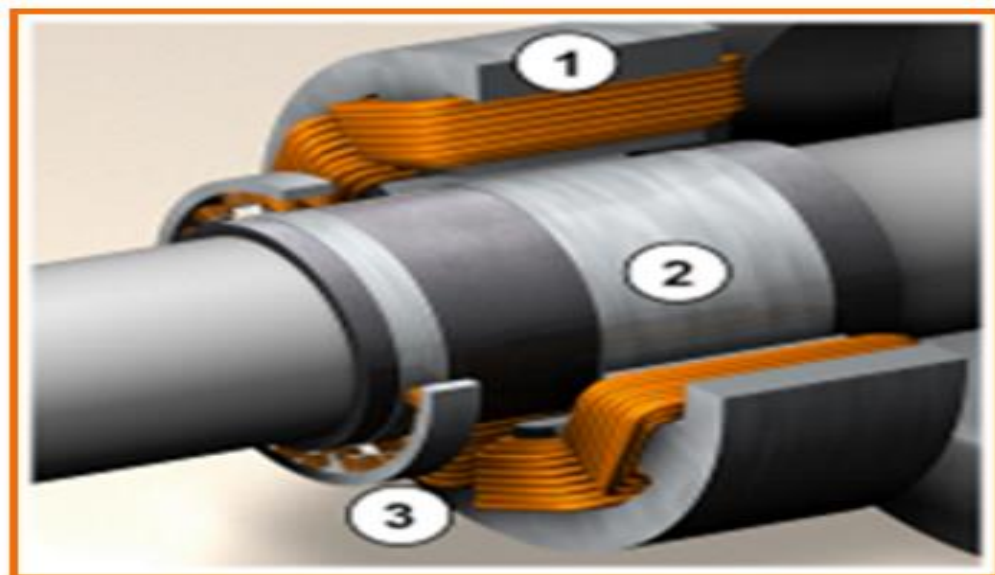


Рисунок 3. Устройство активного магнитного подвеса
1 – силовая катушка; 2 – вал; 3 – силовая катушка

Схематично активный магнитный подшипник представлен на рисунке 4.

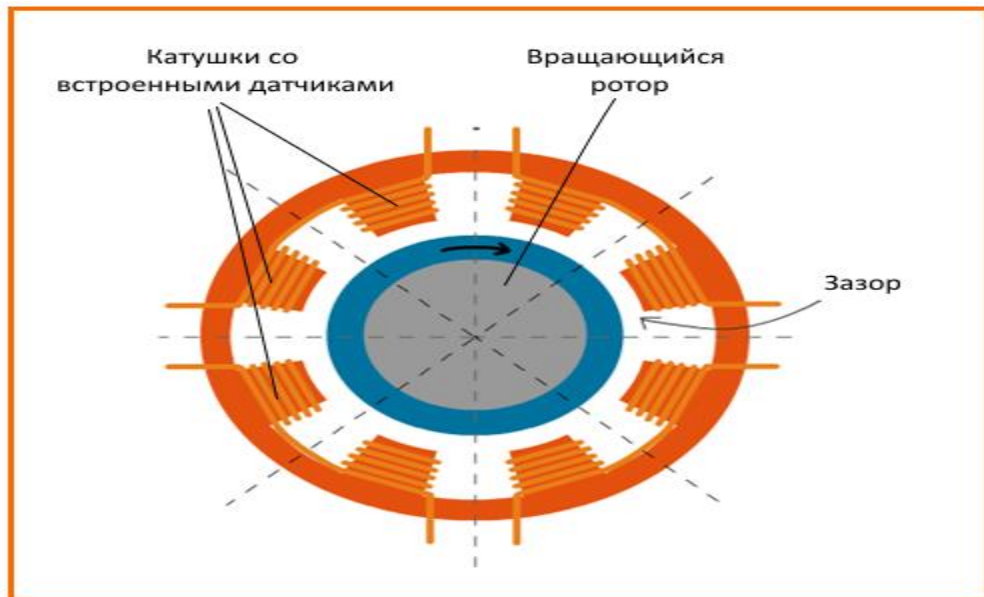


Рисунок 4. Система в разрезе

Как уже упоминалось, активным магнитным подшипником управляет специальная электронная система, которая с помощью датчиков, преобразователей и усилителей постоянно отслеживает положение ротора относительно катушек и при малейшем его смещении подает управляющий ток на соответствующую катушку. Схема электронной системы управления активного магнита представлена на рисунке 5.

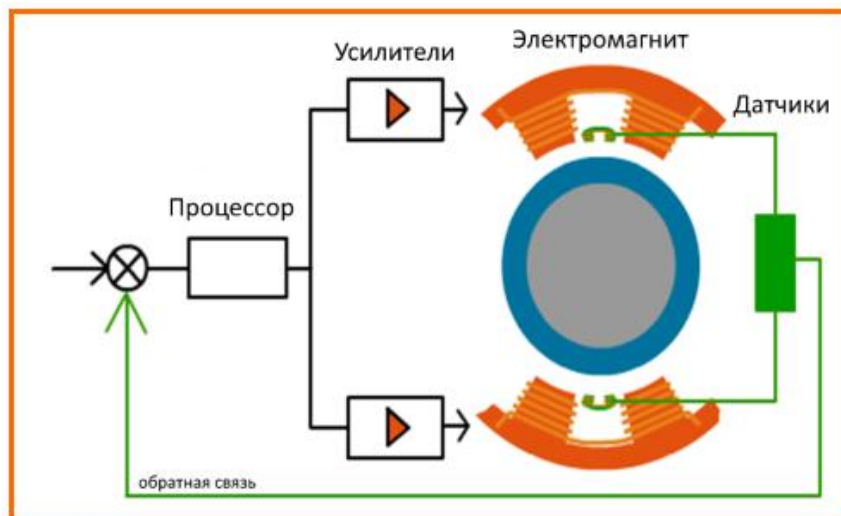


Рисунок 5. Устройство электронной системы управления

Пассивные магнитные подшипники – это подшипники на постоянных магнитах, в которых для системы удержания вала ротора не используется схема управления, включающая обратную связь. На рисунке 6 схематично представлен пассивный механический подшипник.

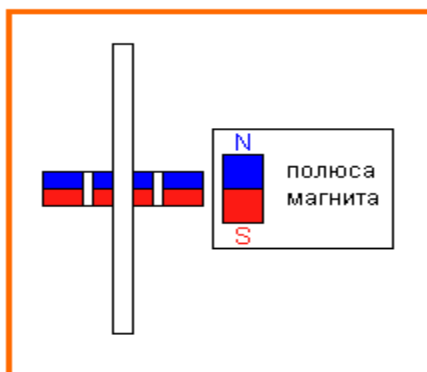


Рисунок 6 Пассивный магнитный подшипник

Ротор оснащен постоянным магнитом так же, как и статор, расположенный кольцом вокруг ротора. Одноименные полюса расположены рядом в радиальном направлении, что создает эффект левитации вала.

К сожалению, система, состоящая из магнитных подшипников, обладает рядом недостатков. К ним можно отнести:

- Сложность управления активными подвесами. Необходима сложная, дорогостоящая электронная система управления подвесом. Ее использование может быть оправдано только в «дорогих» отраслях – космической и военной.
- Необходимость использования страховочных подшипников. Резкое отключение электричества или выход из строя магнитной катушки может привести к катастрофическим последствиям для всей механической системы. Поэтому для страховки совместно с магнитными используют и механические подшипники. В случае отказа основных, они смогут взять на себя нагрузки и избежать серьезной поломки.
- Нагрев обмотки катушек. Вследствие прохождения тока, создающего магнитное поле, обмотка катушек нагревается, что зачастую является неблагоприятным фактором. Поэтому необходимо использовать специальные охлаждающие установки, что еще больше увеличивает стоимость использования подвеса.

Магнитные подшипники имеют также ряд достоинств. Основным преимуществом магнитных подшипников является отсутствие механического взаимодействия между вращающимся ротором и статором. Из этого следует, что подобные подшипники очень долговечны, то есть обладают повышенной износоустойчивостью. Также конструкция механизма позволяет использовать его в особых условиях (при низких и высоких температурах, в вакууме в агрессивных воздушных средах, при больших скоростях вращения, а также в стерильных условиях).

Возможность работы при любых температурах, в условиях вакуума и отсутствия смазки позволяет использовать подвесы в космической промышленности, в станках нефтеперерабатывающей промышленности. Также они нашли свое применение в газовых центрифугах для обогащения урана. Различные электростанции также используют магнитные подвесы в своих генерирующих установках. Один из вариантов применения магнитных подшипников в энергетике – это использование данного типа подшипников для турбодетандеров. Общий вид турбодетандера с применением магнитных подшипников представлен на рисунке 7. Разрез подшипника представлен на рисунке 8.

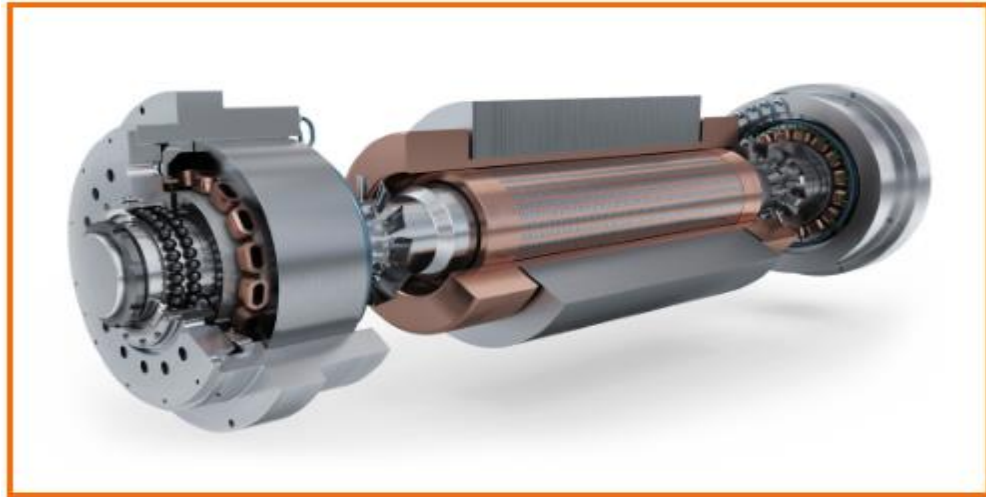


Рисунок 7. Турбодетандеры с магнитными подшипниками (общий вид)

Значительный технологический прорыв произошел в 1989 году, когда компания Mafit-Trench впервые встроила магнитные подшипники S2M в турбодетандер для углеводородов. Теперь турбодетандеры с магнитными подшипниками считаются обычной практикой для определенных условий применения.

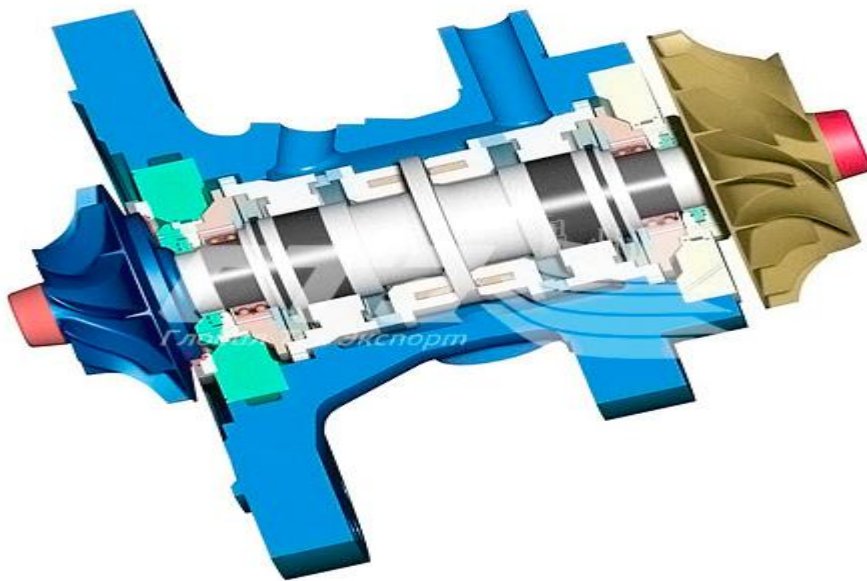


Рисунок 8. Магнитный радиальный подшипник (разрез модуля)

Применение магнитных подшипников в турбодетандерах для углеводородов имеет некоторые особенности. В турбодетандерах - турбинах, в которых газ под высоким давлением используется для отделения более тяжёлых фракций и приведения в действие компрессора - подшипники находятся в постоянном и непосредственном контакте с газом. Более того, рабочая среда агрессивная, что может привести к преждевременному износу и отказу оборудования. В ответ на эту проблему, магнитные подшипники предлагают более надёжное решение без использования масла для высокоскоростных турбодетандеров природного газа. Имеется разные производители подшипников западные и российского производства. Например: 1 В комплект магнитных подшипников SKF S2M входят два радиальных подвеса (диаметра 150 мм на валу) со встроенными датчиками и вспомогательными (страховочными) шарикоподшипниками, а также один упорный подвес, рассчитанный на высокие осевые нагрузки. Электромагнитные подшипники исключают

использование смазочного масла и, таким образом, полностью исключают загрязнение газа. В электромагнитных подшипниках применено специальное коррозионностойкое покрытие, что позволяет эксплуатацию в агрессивных и кислых средах. Отсутствие механического контакта означает отсутствие износа узлов и, как следствие, электромагнитный подшипник практически не требует техобслуживания. Магнитные подшипники SKF S2M также позволяют проводить диагностику и мониторинг оборудования, регистрируя данные о виброперемещениях, температуре и частоте вращения вала с помощью встроенных датчиков.

Литература

1. Степанец, А.А. Энергосберегающие турбодетандерные установки/ А.А.Степанец; под ред. А.Д. Трухния. - Москва: Недра. 1999 г. - 258 с.
2. ПодшипникЦентр.ЕУ [http:// www. podshipnikcentr.ru/](http://www.podshipnikcentr.ru/)
3. "Группа ГМС" [Электронный ресурс] Инженерные решения для управления потоками <http://www.compressormash.ru/>