

УДК 621.3

## ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТНЫХ ПОДШИПНИКОВ В ТУРБОДЕТАНДЕРНЫХ УСТАНОВКАХ

Калачик И.В., Ковалев В.М.

Научный руководитель – старший преподаватель Пантелей Н.В.

В настоящее время в энергетике все большее распространение получили турбодетандерные установки. Как к любому энергетическому оборудованию к ним 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 является механически бесконтактным, то есть используется принцип левитации.

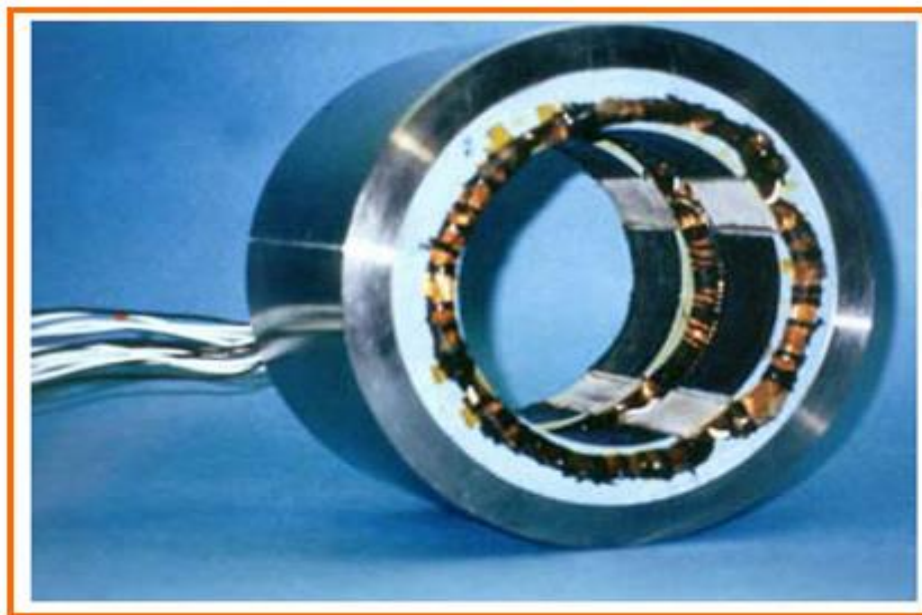


Рисунок 1 – Магнитный подвес

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.

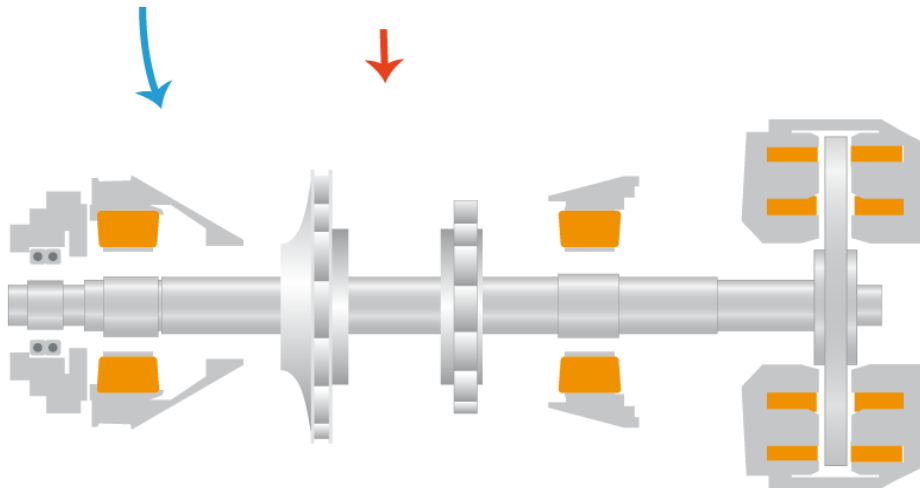


Рисунок 2 – Принцип работы магнитного подшипника

Магнитные подшипники делятся на две большие группы – активные и пассивные. Более подробно об устройстве каждого типа подшипника.

Активные магнитные подшипники также еще называют активными магнитными подвесами. Как упоминалось, состоят они из двух частей – непосредственно сам подшипник, а также электронная система управления магнитным полем.

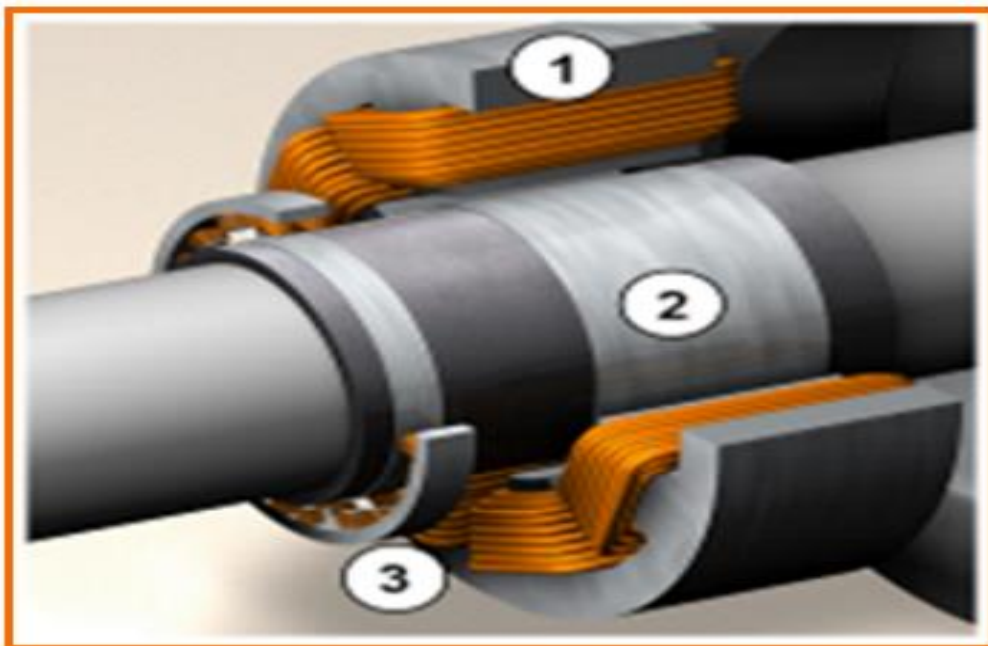


Рисунок 3 – Устройство активного магнитного подвеса  
1, 3 – силовые катушки; 2 – вал

По типу воспринимаемой нагрузки различают радиальные и упорные механизмы, но 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.

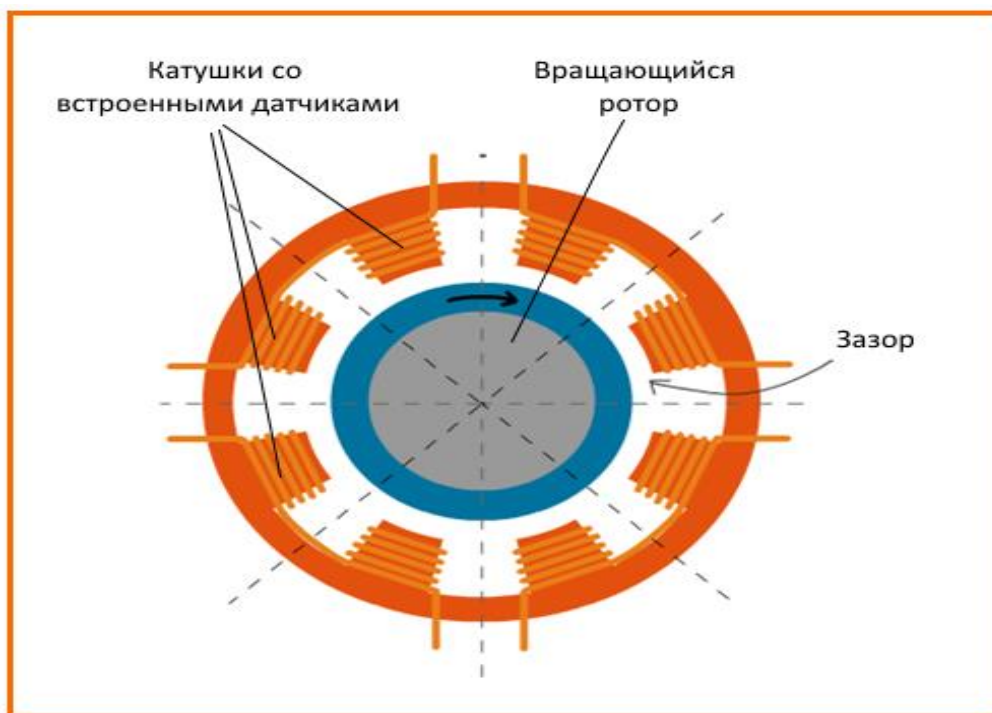


Рисунок 4 – Система в разрезе

Механизмом управляет специальная электронная система, которая с помощью датчиков постоянно отслеживает положение ротора относительно катушек и при малейшем его смещении подает управляющий ток на соответствующую катушку. Это позволяет поддерживать ротор в одном и том же положении.

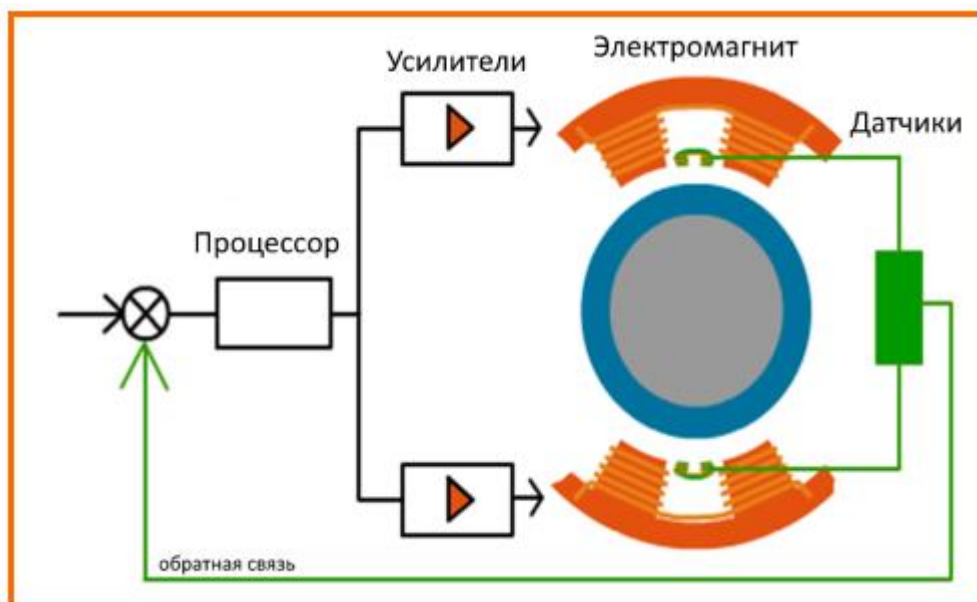


Рисунок 5 – Устройство электронной системы управления

Активные магнитные подвесы достаточно широко используются в промышленности, в то время как пассивные системы еще находятся в стадии разработки и испытаний. Как вытекает из названия, ключевым отличием является отсутствие активных элементов, то есть используются постоянные магниты. Но система из нескольких постоянных магнитов очень неустойчива, поэтому практическое применение подобных систем пока под вопросом. На схеме ниже условно представлен принцип работы пассивных механических подвесов.

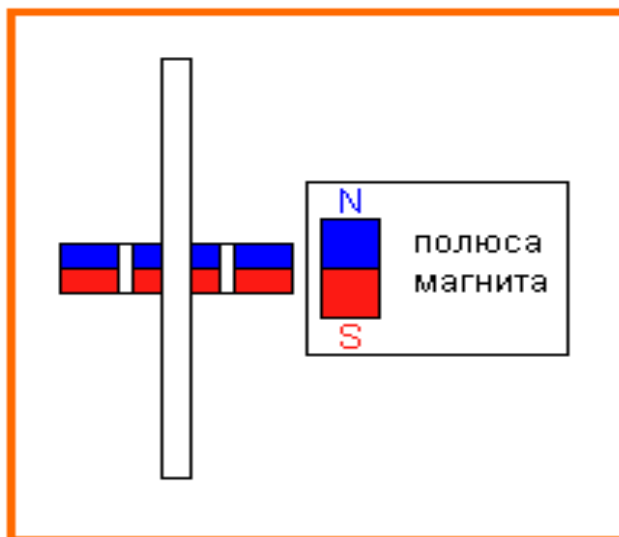


Рисунок 6 – Пассивный магнитный подшипник

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. Подобную систему можно даже собрать своими руками.

Магнитные подшипники обладают рядом преимуществ. Основным их преимуществом является отсутствие механического взаимодействия между вращающимся ротором и статором (кольцом). Из этого следует, что подобные подшипники очень долговечны, то есть обладают повышенной износоустойчивостью. Также конструкция магнитного подшипника позволяет использовать его в агрессивных средах – повышенной либо пониженной температуре, агрессивная воздушная среда. Поэтому магнитные подшипники находят все большее применение в космической промышленности.

К сожалению, как и любая система, магнитные подшипники обладают и недостатками. К ним относятся:

- 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.

Возможность работы при любых температурах, в условиях вакуума и отсутствие 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, в частности в турбодетандерных установках.

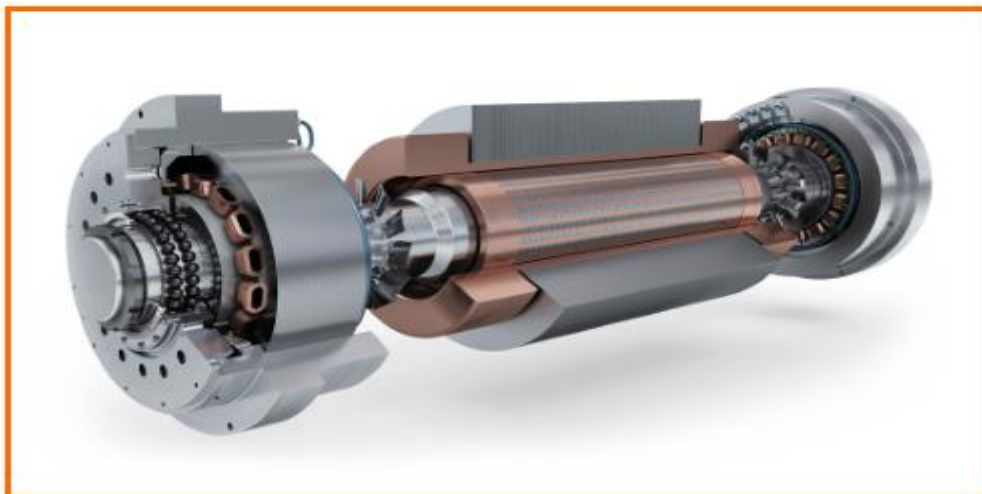


Рисунок 7 – Турбодетандеры с магнитными подшипниками

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

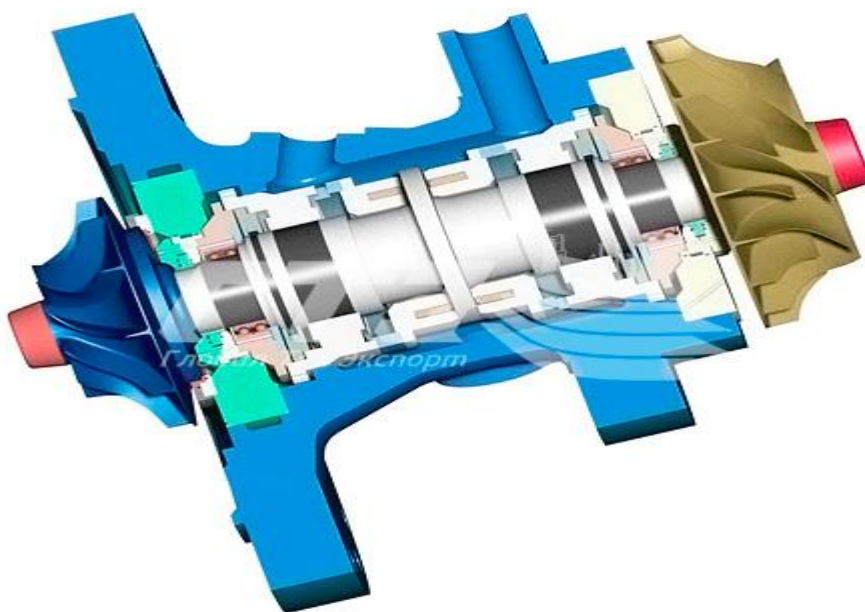


Рисунок 8 – Магнитные подшипники: разрез модуля

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.



Над разработкой и производством магнитных подшипников ведут работы западные и российские производители. В настоящее время наибольшее распространение получили следующие типы и производители:

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 (ЭМП) исключают использование смазочного масла и, таким образом, полностью исключают загрязнение газа. На поставляемых магнитных подшипниках применено специальное коррозионностойкое покрытие, что позволяет эксплуатацию в агрессивных, кислых средах. Отсутствие механического контакта означает отсутствие износа узлов и, как следствие, ЭМП практически не требуют 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. Заметим, что на масляном оборудовании требуется дополнительная установка датчиков вибродиагностики.

2. Специалисты «НИИ турбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» осуществляют работы по проектированию, сопровождению изготовления, пусконаладке, вводе в эксплуатацию и сервису систем АМП центробежных компрессоров, включая. "Казанькомпрессормаш" изготавливает и поставляет «сухие» нагнетатели с магнитным подвесом ротора для газоперекачивающих агрегатов 4; 6,3; 8; 12 и 16 МВт.

3. В активных магнитных подшипниках компания Schaeffler реализовала концепцию стандартизированного, универсального цельного узла, состоящего из магнитного и резервного подшипников, а также вспомогательных систем. Их особенностью является то, что в качестве резервных используются подшипники качения, доступные для валов диаметром свыше 200 мм и сохраняющие работоспособность даже после падения вала. В существующих магнитных подшипниках в качестве резервных обычно применяются подшипники скольжения, требующие замены в случае отказа магнитного компонента системы. Использование высококачественной электроники Siemens способствует легкой интеграции системы в конструкцию оборудования. Надежность резервных подшипников и электроники, а также модульность и ремонтпригодность системы в целом обеспечивают высокую производительность, эффективность и снижение затрат. Таким образом магнитные подшипники — это хорошее решение для увеличения надежности замкнутых турбодетандерных агрегатов

#### Литература

1. А.А. Степанец. Энергосберегающие Турбодетандерные Установки Москва: Недра. – 1999.
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/>