

УДК 621.825

С.Н. СОЛОВЬЕВ, А.Н. ГУРСКИЙ

*Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, Украина***УЛУЧШЕНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ МУФТ**

Рассмотрена возможность улучшения рабочих характеристик электромагнитных муфт, путем введения магнитной жидкости в конструктивный зазор между неподвижным корпусом с обмоткой возбуждения и рабочими частями. Приведены диаграммы распределения магнитных полей в электромагнитных муфтах.

**магнитная жидкость, магнитореологическая жидкость, электромагнитная индукционная муфта, магнитореологическая муфта, магнитопорошковая муфта, метод конечных элементов, электромагнитная индукция**

**1. Формулировка проблемы**

В приводах различных машин и механизмов широко применяют электромагнитные муфты (индукционные, фрикционные, а также муфты передающие момент вращения через рабочую среду).

При проектировании муфты желательно избежать недостатков, связанных с подвижными контактными кольцами, поэтому разработаны электромагнитные муфты с неподвижной обмоткой возбуждения [1, 2]. Между неподвижной частью с обмоткой возбуждения и рабочими вращающимися частями имеется конструктивный воздушный зазор, который приводит к возрастанию магнитодвижущей силы (МДС) катушки управления и увеличению ее размеров [3].

Вследствие малой теплопроводности воздуха ухудшаются условия теплообмена [4].

**2. Решение проблемы**

Указанные недостатки можно устранить путем введения в конструктивный зазор магнитной жидкости [5], рис. 1.

Муфта содержит неподвижный корпус 4 с обмоткой возбуждения 6, внутри которого смонтированы подшипники качения, ведущая и ведомая части.

Ведущая часть состоит из вала 1, на котором смонтированы ведущие обойма 2 и втулка 3, содер-

жащая немагнитную проставку 5.

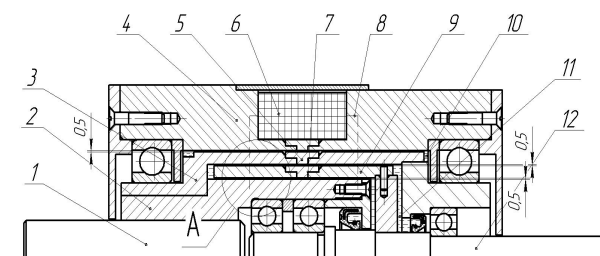


Рис. 1. Электромагнитная бесконтактная муфта

Ведомая часть состоит из ведомого вала 12, содержащего ведомую втулку 9 с немагнитной проставкой 7.

Электромагнитная муфта работает следующим образом. При отсутствии питания в обмотке возбуждения ведущая часть вращается свободно, не передавая при этом вращающий момент.

При подаче питания в обмотку магнитный поток проходит через корпус, рабочие поверхности и зазоры с магнитореологической жидкостью 11, образуя замкнутую цепь (обозначенную штриховой линией 8).

В результате воздействия электромагнитного поля на ферромагнитную суспензию из ферромагнитных частиц образуются связки, ориентированные вдоль магнитных силовых линий, соединяющие ведущую и ведомую часть. В конструктивном зазоре под действием магнитного поля магнитная жидкость 10 втягивается в зону наибольшего магнитного поля.

Магнитная жидкость имеет относительную магнитную проницаемость  $\mu = 3 \dots 4$  и коэффициент теплопроводности равный коэффициенту теплопроводности жидкости носителя (вакуумное масло)  $\lambda_0 = 0,1 \text{ Вт/м} \times \text{°С}$ , который в  $4 \dots 4,5$  раз выше чем у воздуха [6].

Распределение магнитного поля данной муфты было исследовано в программном комплексе, использующем в расчетах метод конечных элементов. На сравниваемых диаграммах показан выделенный участок магнитной цепи А, рис. 1.

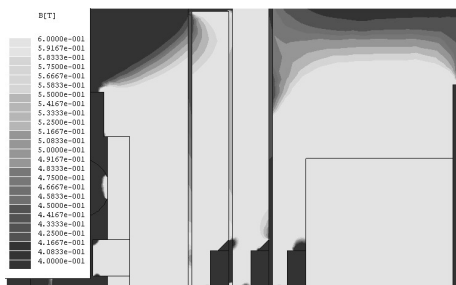


Рис. 2. Распределение электромагнитных полей в магнитной системе муфты до внедрения в конструктивный зазор магнитной жидкости

При детальном изучении распределения магнитного поля в муфте до внедрения магнитной жидкости (рис. 2) индукция в рабочем зазоре в зависимости от расстояния до обмотки возбуждения составляла  $B = 0,45 \dots 0,53 \text{ Тл}$ .

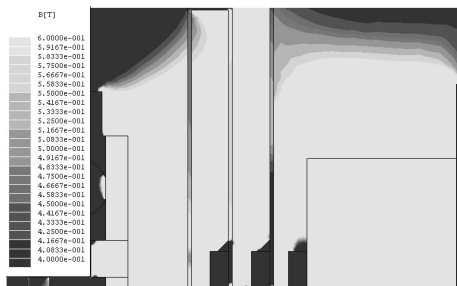


Рис. 3. Распределение электромагнитных полей в магнитной системе муфты после внедрения в конструктивный зазор магнитной жидкости

После заполнения конструктивного зазора муфты магнитной жидкостью (рис. 3) индукция в рабочем зазоре составляла соответственно  $B = 0,49 \dots 0,61 \text{ Тл}$ .

Данное техническое решение может найти применение и в других видах электромагнитных муфт (индукционных, магнитопорошковых), в которых имеются конструктивные воздушные зазоры.

Индукционные экранированные муфты широко применяются в герметичной технике, насосном и компрессорном оборудовании (рис. 4). В данном типе муфт основные потери магнитодвижущей силы (МДС) возникают в конструктивном и рабочих воздушных зазорах. [7]

Потери МДС в конструктивном зазоре:

$$F_{\delta_k} = \frac{\delta \cdot B_{k\delta}}{\mu \cdot \mu_0}, \quad (1)$$

где  $\delta$  – величина конструктивного зазора;

$B_{k\delta}$  – величина индукции в конструктивном зазоре;

$\mu$  – относительная магнитная проницаемость (для воздуха  $\mu = 1,01$ ; для магнитной жидкости  $\mu = 3 \dots 4$ );  
 $\mu_0 = 1,26 \times 10^{-6} \text{ Г/м}$  – магнитная проницаемость вакуума.

При использовании магнитной жидкости потери МДС будут ниже в  $\mu$  раз.

Потери МДС в конструктивном зазоре приводят к снижению индукции в рабочем зазоре.

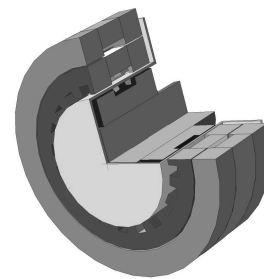


Рис. 4. Трехмерная твердотельная модель индукционной экранированной муфты, которая принималась при расчете магнитных полей

Величина индукции магнитного поля в рабочем зазоре до внедрения магнитной жидкости (рис. 5) составляла порядка  $B = 0,33 \dots 0,38 \text{ Тл}$ .

После заполнения конструктивного зазора муфты магнитной жидкостью (рис. 6) индукция в рабочем зазоре соответственно  $B = 0,37 \dots 0,42 \text{ Тл}$ . При

увеличении индукции в рабочем зазоре увеличивается максимальный передаваемый муфтой момент и соответственно мощность.

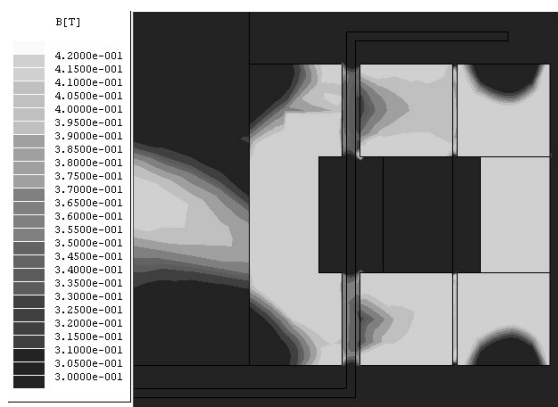


Рис. 5. Распределение электромагнитных полей в магнитной системе индукционной муфты до введения в конструктивный зазор магнитной жидкости

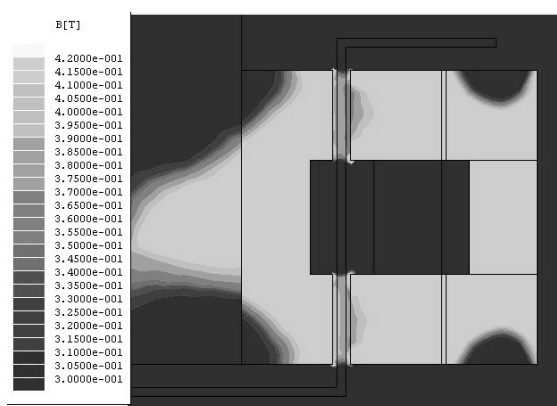


Рис. 6. Распределение электромагнитных полей в магнитной системе индукционной муфты после введения в конструктивный зазор магнитной жидкости

Максимальный момент, передаваемый муфтой, зависит от величины индукции в рабочем зазоре во второй степени.

$$M_{эм} = 0.5\pi \cdot D^2 \cdot l \cdot B_{z\delta}^2 \cdot m \cdot K / \mu_3, \quad (2)$$

где  $D$  – диаметр внутренней полумуфты, м;

$l$  – длина зубцов полюсных систем, м;

$B_{z\delta}$  – величина индукции в рабочем зазоре, Тл;

$m$  – количество рабочих зазоров;

$K$  – коэффициент, зависящий от геометрии зубцов;

$\mu_3$  – магнитная проницаемость экрана.

## Заключение

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что введение магнитной жидкости в конструктивный зазор уменьшает потери в магнитной цепи, повышает индукцию в рабочих зазорах на 9...12%, что соответственно приводит к увеличению максимального передаваемого момента и мощности при одинаковых размерах магнитной системы и обмотки возбуждения, при этом увеличивается теплоотвод от рабочих частей в окружающую среду.

## Литература

1. А.С. 1439710 СССР. Асинхронно-синхронная муфта / А.П. Щетинин, И.П. Еремкин // Б.И. – 1988. – № 43.
2. А.С. 1460463 СССР. Электромагнитная порошковая муфта / С.В. Никитин, С.В. Баранов // Б.И. – 1989. – № 7.
3. Магнитные жидкости в машиностроении / Д.В. Орлов, Ю.О. Михалев, Н.К. Мышкин и др. – М.: Машиностроение, 1993. – 272 с.
4. Хабенский М.Я. Электромагнитные порошковые муфты. – М.: Машиностроение, 1968. – 340 с.
5. А.С. 16582 Электромагнитна безконтактна муфта / С.М. Соловйов, О.М. Виноградов, А.М. Гурський. – Бюл. 2006. – № 8.
6. Уплотнения и уплотнительная техника: Справочник / Л.А. Кондаков, А.И. Голубев, В.В. Гордеев и др.; Под общ. ред. А.И. Голубева, Л.А. Кондакова. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Машиностроение, 1994. – 448 с.
7. Ганзбург Л. Б., Федотов А. И. Проектирование электромагнитных и магнитных механизмов: Справочник. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1980. – 364 с.

Поступила в редакцию 27.04.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. А.С. Каиров, Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, Николаев.