



МАГНИТОЖИДКОСТНЫЕ ГЕРМЕТИЗАТОРЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ

Рассмотрена конструкция магнитожидкостного герметизатора вращающегося вала синхронного электродвигателя мощностью 1600 кВт. Показано, что применение такого типа герметизаторов позволяет повысить надежность подшипниковых узлов электроприводов, используемых во вспомогательном оборудовании ГЭС и ГАЭС.

Гидроэлектростанции по сравнению с другими объектами электроэнергетики обеспечивают наиболее эффективный процесс получения электроэнергии при самых низких эксплуатационных затратах и самом длительном сроке эксплуатации. Учитывая старение со временем как сооружений, так и технологического оборудования, важное значение приобретает реконструкция и модернизация существующих ГЭС и ГАЭС, направленная на дальнейшее совершенствование технологического процесса на основе современных технологий, обеспечения требований промышленной и экологической безопасности, продления срока службы.

Данные о зарегистрированных отказах оборудования ГЭС показывают, что более 50 процентов технологических нарушений приходится на электротехническое оборудование [1]. Рассматривая особенности эксплуатации электротехнического оборудования, подробнее остановимся на работе электропривода, который широко используется во вспомогательном оборудовании ГЭС и ГАЭС для питания пожарных насосов, систем вентиляции путей эвакуации, насосов откачки воды из подводных частей здания ГЭС, компрессоров пневматического хозяйства и т.д. [2]. От его безаварийной работы зависит как надежная эксплуатация, так и промышленная безопасность ГЭС. Статистические данные свидетельствуют, что для многих видов оборудования, в том числе и электродвигателей, наработка на отказ чаще всего определяется надежностью подшипниковых узлов. Согласно литературным данным, до 90% случаев аварийных разрушений подшипниковых узлов вызвано неудовлетворительной работой уплотнений [3]. Потенциальные возможности традиционных уплотнений (манжетных, сальниковых, торцевых, лабиринтных и других типов) в значительной степени исчерпали себя, и обеспечить полную герметичность они не в состоянии [4].

Одним из возможных путей решения данной проблемы является применение нового типа уплотнений — магнитожидкостных герметизаторов (МЖГ) [5]. В упрощенном виде МЖГ можно

представить как наборную магнитную систему, зажатую между двумя стальными кольцами — полюсными наконечниками, охватывающими вал снаружи и заключенными в немагнитную обойму.

Магнитное поле создается постоянными магнитами и замыкается через зазор между полюсными наконечниками и валом, который заполняется магнитной жидкостью, удерживаемой этим магнитным полем. Допустимая величина зазора составляет $0,2 \div 0,25$ мм.

Магнитная жидкость представляет собой устойчивую взвесь магнитных наночастиц (характерный размер частиц — $5 \div 50$ нм) в какой-либо жидкой среде в присутствии поверхностно-активного вещества.

МЖГ имеет ряд преимуществ перед традиционными уплотнениями:

- практически нулевые утечки герметизируемой среды;
- минимальный износ вследствие чисто жидкостного трения;
- низкие энергетические потери;
- высокую ремонтпригодность, простоту техобслуживания.
- работоспособность в статике и динамике.

К недостаткам МЖГ следует отнести проблему совместимости магнитной жидкости и уплотняемой среды.

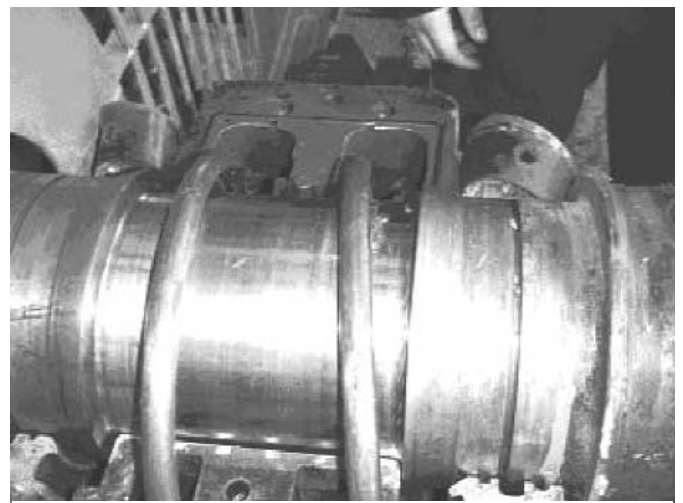


Рис. 1. Подшипниковая опора со снятой верхней крышкой

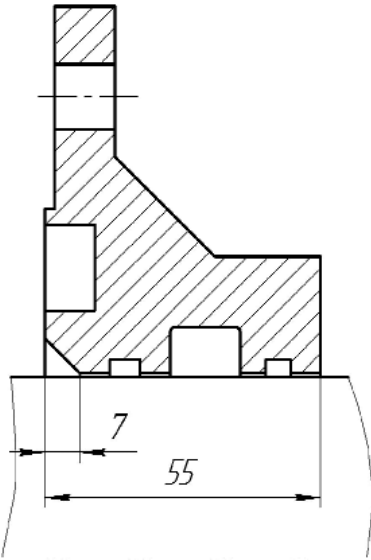


Рис. 2. Конструкция лабиринтного уплотнения

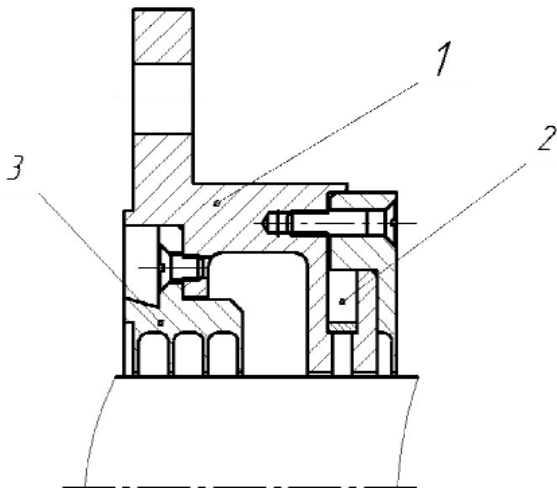


Рис. 3. Конструкция МЖГ электродвигателя СДН 2-17-44

В качестве примера остановимся на конструкции МЖГ для синхронного электродвигателя типа СДН 2 – 17 – 44 мощностью 1600 кВт, выпускаемой АО "Завод крупных электрических машин" (г. Новая Каховка). Чаще всего он применяется для привода центробежных водяных насосов большой производительности.

Подшипниковые узлы в месте выхода вала закрыты разъемными лабиринтными уплотнениями. Опора подшипника со снятой верхней крышкой показана на Рис. 1. Конструкция штатного лабиринтного уплотнения показана на Рис. 2.

Штатное лабиринтное уплотнение изготовлено из алюминия и состоит из двух частей – верхней и нижней. Со стороны вала на уплотнении расположены три кольцевых канавки. В нижней части центральной канавки выполнено сверление для стока масла в полость подшипника, в боковых канавках такие сверления отсутствуют. Подобная конструкция уплотнений является весьма распространенной, но недостаточно эффективной и часто не учитывает особенности работы конкретного подшипникового узла.

Проблема при эксплуатации электродвигателя состоит в выбрасывании масляного тумана и мелкодисперсного масла из подшипников, попадании его на обмотку электродвигателя и щеточное устройство, а также ухудшении условий работы обслуживающего персонала и потерях масла. Жидкое масло, подаваемое в полость подшипника, образует на поверхности вала масляную пленку, которая, перемещаясь вдоль вала, часто проникает через бесконтактные уплотнительные устройства.

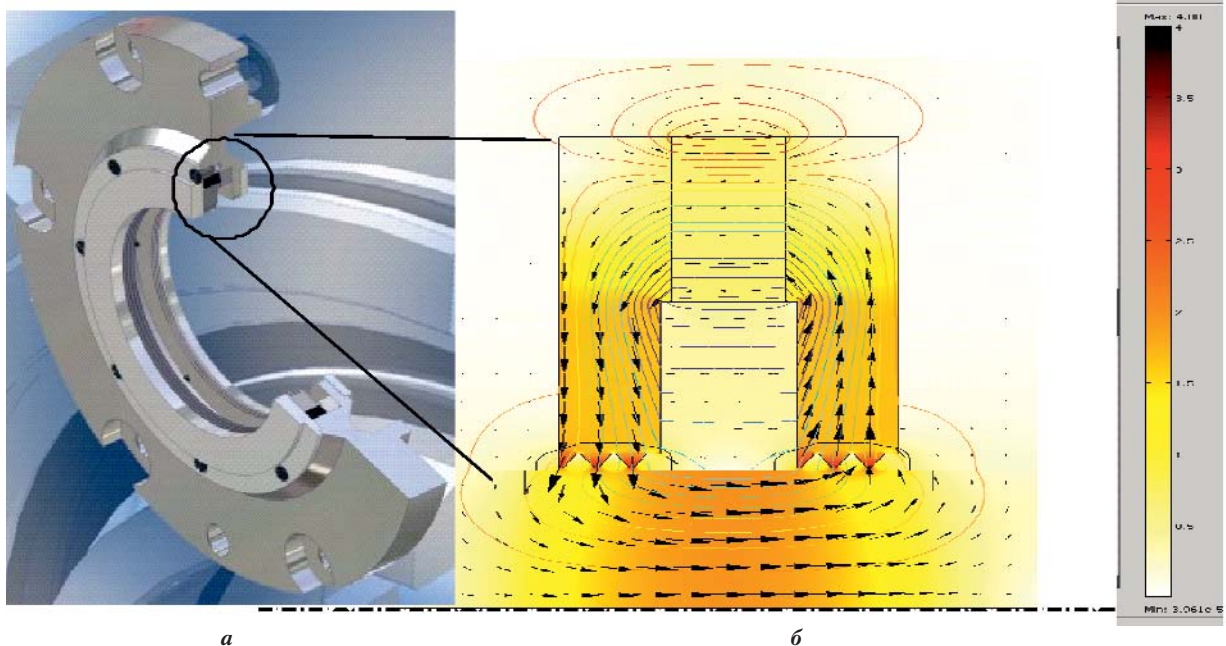


Рис. 4. Общий вид типовой конструкции МЖГ (а) распределение магнитной индукции (показано в цвете и стрелками) в его активной зоне (б)



Конструкция герметизатора, установленного на валу вышеуказанного электродвигателя, показана на Рис. 3. Такой МЖГ выполнен по аксиальной схеме расположения постоянных магнитов, размеры штатного уплотнения позволили создать конструкцию без применения немагнитного корпуса. В данной конструкции использованы высокоэнергетические магниты из сплава неодим-железо-бор размером $20 \times 10 \times 6$ мм, которые позволили создать достаточно мощную магнитную систему при небольших ее габаритах.

Данный герметизатор также состоит из корпуса 1 с фланцем и кольцевой частью, выполняющей роль одного полюсного наконечника, второго полюсного наконечника с магнитной системой 2 между ними, разделяющего полюсные наконечники немагнитного кольца, крышки и отбойника 3, выполняющего функции лабиринтного уплотнения. Между отбойником и полюсным наконечником расположена разгрузочная полость.

Слив удерживаемого масла осуществляется по сверлениям, выполненным в ее нижней части и каждой полости отбойника. Для заправки магнитной жидкости в МЖГ также имеется заправочный канал (на рисунке не показан). Такие герметизаторы хорошо зарекомендовали себя во время эксплуатации.

Для проектирования МЖГ для каждого типоразмера вала и при различных значениях зазора между валом и герметизатором была разработана компьютерная методика расчета магнитного поля, удельных магнитных сил и гидродинамических процессов в его активной зоне [6]. Пример распределения магнитной индукции в зазоре герметизатора показан на Рис. 4, из которого видно, что величина магнитной индукции на поверхности зубцов достигает максимального значения, равного около 3 Тл. Разработанная методика используется для определения оптимальной струк-

туры зубцовой зоны проектируемого МЖГ, ее использование особо важно при необходимости герметизации больших зазоров — 1 мм и более.

В заключение отметим, что магнитожидкостные герметизаторы вращающегося вала являются перспективным видом оборудования, обеспечивающим более надежную работу электрических двигателей и генераторов, применяемых в качестве вспомогательного оборудования на ГЭС и ГАЭС. В Украине благодаря усилиям таких организаций, как НПВП "Феррогидродинамика" и Институт электродинамики НАН Украины разработана база для разработки, изготовления и внедрения традиционных конструкций МЖГ, а также созданы научные основы для проектирования новых видов герметизаторов и исследования физических процессов в магнитных жидкостях, применяемых в таких герметизаторах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алимаров А.Г. Повышение эффективности эксплуатации оборудования ГЭС за счет введения автоматизированной системы контроля и оперативной диагностики состояния агрегатов./ Автореф. диссерт. канд. тех. наук. — М.: МЭИ, 2005. — 24 с.
2. Кожевников Н.Н. "Устройство и эксплуатация оборудования гидроэлектростанций". — М.: Высшая школа, 1985. — 200 с.
3. Шец С.П. Повышение износостойкости подшипниковых узлов трения машин и механизмов / Автореф. дис. докт. техн. наук. — Брянск, 2011. — 36 с.
4. Скаскевич А.А., Струк В.А. Основы герметологии. — Гродно: ГрГУ, 2010. — 140 с.
5. Берковский Б.М., Медведев В.Ф., Краков М.С. Магнитные жидкости. — М.: Химия, 1989. — 240 с.
6. Радионов А.В., Подольцев А.Д., Загорюлько А.В. Конечнo-элементный анализ магнитного поля и течения магнитной жидкости в активной зоне магнитожидкостного герметизатора вращающегося вала./ Сб. Вибронадежність и герметичність центробежних машин. — Сумы, 2011. — С. 77–87.

© Радионов А.В., Подольцев А.Д., Вишняков В.Ф., 2013

