

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОДВЕСА РОТОРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ

О.В. Крюков (ОАО "Гипрогазцентр"), В.Г. Титов (НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Рассмотрены вопросы модернизации и проектирования современных электроприводных газоперекачивающих агрегатов с электромагнитным подвешиванием валов. Представлены инновационные результаты разработки САР систем электромагнитных подшипников мощных машин и агрегатов.

Ключевые слова: электроприводные газоперекачивающие агрегаты, САУ, электромагнитное подвешивание, синхронные машины.

Введение

В настоящее время синхронные машины мегаваттного класса мощности составляют основу электроэнергетических установок в различных отраслях промышленности. Это обусловлено высокими энергетическими характеристиками и надежностью их работы [1]. Главным их недостатком является наличие подшипников скольжения с системами смазки, уплотнений и охлаждения, значительно влияющих на ресурс и эксплуатационные затраты. В статье рассмотрены современные системы "электромагнитных подшипников", обеспечивающие реализацию бесконтактных и безмасляных технологий стабильной работы синхронных машин в приводе газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций.

Системы электромагнитного подвешивания (ЭМП) и поддержки вращательных и линейных элементов движущихся агрегатов без вхождения в контакт с ротором известны достаточно давно и основаны на принципе левитации или отталкивания (притяжения) ферромагнитного материала ротора полем электромагнита (подшипника) [2].

Основными преимуществами отсутствия прямого контакта между ротором и подшипником являются:

- уменьшение износа узлов из-за отсутствия трения при вращении ротора, что повышает долговечность эксплуатации машины;
- отсутствие затрат на смазочные материалы и дорогостоящие баббит и бронзу для механических частей подшипников;
- вследствие отсутствия трения отсутствуют и механические потери энергии на трение при вращении электродвигателя во всем диапазоне скоростей;
- возможность работы агрегата в экстремальных условиях при воздействии высоких и низких температур в условиях вакуума химически агрессивных сред и повышенной влажности;
- в отсутствии контактной теплопередачи хорошая теплоизоляция корпуса статора от ротора, что улучшает общее тепловое состояние машины;
- максимальная скорость вращения ротора не ограничена как при традиционных подшипниках свойствами материала, из которого они изготовлены, позволяя создавать безредукторные высокоскоростные машины;
- отпадает необходимость в трудоемких работах по техническому обслуживанию и ремонту маслосис-

тем, систем охлаждения и самих подшипников, за счет чего сокращаются эксплуатационные расходы;

- повышается уровень оперативного диагностирования и прогнозирования технического состояния машины за счет адекватной и достоверной системы автоматического мониторинга работы магнитного подвеса;
- экологическая чистота.

Исполнительные механизмы, использующие ЭМП

Главные из перечисленных выше преимуществ ЭМП — отсутствие механического контакта и масло-смазки позволяют использовать его при высоких скоростях вращения, больших перепадах температур и в агрессивных средах. Поэтому наиболее целесообразными областями применения ЭМП являются следующие классы исполнительных механизмов:

- газовые турбины и турбоэлектрические агрегаты, в которых применение ЭМП в качестве опор решает проблемы смазки при высоких температурах, увеличивает ресурс работы и улучшает виброакустические характеристики для автономных энергоустановок и ГПА;
- турбомеханизмы (турбокомпрессоры, воздуходувки и турбовентиляторы), работающие в широких диапазонах скоростей, мощностей, давлений и температур, где использование ЭМП позволяет значительно увеличить скорость вращения без применения редукторов, повысить их производительность и снизить массогабаритные показатели. Если к перекачиваемой среде предъявляются повышенные требования по чистоте или в ней имеются взрывоопасные, агрессивные компоненты, ЭМП являются единственно возможным типом опор (ГПА, лазеры, спецагрегаты для высокотемпературных и взрывоопасных технологий);
- турбодетандеры, используемые в криогенной технике, с помощью ЭМП получают повышенную надежность и производительность в условиях низких температур и больших перепадов давления. При создании агрегатов, совмещенных в одном корпусе с электрической машиной, появляется возможность создания компактных турбодетандеров с электрическим отбором мощности для гелиевых и других криоустановок;
- турбомолекулярные насосы, длительно работающие в вакуумных установках со сверхвысокой сте-

пенью разрежения, где обычные подшипниковые опоры не применимы;

- инерционные накопители энергии на основе маховиковых электроприводов с композитными супермаховиками, в которых использование ЭМП позволяет существенно улучшить массогабаритные и энергетические показатели, обеспечить возможность управления динамикой ротора при резких разгонах и торможениях с уменьшением аэродинамических потерь;
- электрошпиндели для высокопроизводительных металлообрабатывающих станков, где повышение скорости вращения благодаря ЭМП приводит к существенному росту производительности и улучшает чистоту обработки деталей.

Современное состояние развития и внедрения ЭМП

В настоящее время разработкой различных типов ЭМП занимаются во всех промышленно развитых странах, о чем свидетельствуют многочисленные публикации в научных журналах и доклады на международных конференциях авторов из США, Германии, Швейцарии, Японии, Китая, России и других стран.

Конструктивно, как и любой традиционный подшипник, ЭМП состоит из неподвижного статора, который за счет создаваемого электромагнитного поля поддерживает вращающийся вал ротора. Поэтому вместо несущей силы, наводимой масляной пленкой между ротором и статором в обычных подшипниках скольжения, в ЭМП действуют силы магнитного притяжения, устойчиво поддерживающие ротор в состоянии левитации внутри машины. При этом, несмотря на небольшой зазор между статором и ротором, контакт (как и трение) между ними полностью исключается.

Электромагнитное поле, создающее силу левитации ротора, генерируется обмотками электромагнитов, располагаемыми по внутренней окружности статора вокруг вала. Это поле воздействует на ферромагнитные пластины ротора, сводящие к минимуму потери на вихревые токи в роторе при его вращении, обеспечивая высокую магнитную проницаемость и концентрацию магнитного потока в подшипнике с минимальным рассеянием. Таким образом, ротор машины получается "подвешенным" в поле электромагнитов, интенсивность которого регулируется током статорных обмоток по сигналам датчиков положения ротора в различных плоскостях

В особо ответственных механизмах для повышения надежности аппаратура управления ЭМП выполняется с автоматическим резервированием и питанием от нескольких независимых источников переменного и постоянного тока.

Вместе с тем, в отличие от традиционных механических ("пассивных") подшипников, ЭМП являются "активными". Это связано с тем, что по определению ЭМП — это автоматически управляемое устройство, в котором стабилизация положения ротора осуществляется силами электромагнитного притяжения. Эти

силы действуют на ротор со стороны обмоток статора, ток в которых регулируется САУ по сигналам датчиков перемещений ротора.

Для полного неконтактного электромагнитного подвеса ротора в конструкции необходимо предусмотреть либо два радиальных и один осевой ЭМП, либо два конических. Поэтому САУ и стабилизации ЭМП включает сами подшипники, встроенные в корпус статора, и блоки управления, соединенные по цепи обратной связи с датчиками и исполнительными обмотками электромагнитов. Для высокой точности стабилизации и устойчивости подвеса ротора в САУ в основном используется цифровая обработка информации.

Еще в 1980 г. компания Ingersoll Rand запустила в серийное производство полную пятиосную магнитную подвеску для работы с воздухом и азотом в агрегатах мощностью 4 МВт и скоростью вращения 13000 об/мин. Первым промышленным компрессором с ЭМП был агрегат мощностью 12 МВт и скоростью вращения 5250 об./мин.

Необходимо отметить достижения французской фирмы S2M (Сосьете де Меканик Маньетик), опыт промышленного внедрения ЭМП серии ACTIDYNE которой начинается с 1985 г. и насчитывает уже более 300 успешных реализаций на турбомашинных мощностях до 29 МВт и скоростью вращения до 70000 об/мин. В основном эти работы были связаны с модернизацией устаревших систем традиционных подшипников с масляной смазкой, но в последние годы ЭМП, параметры которых представлены в таблице, используются и для вновь проектируемых агрегатов.

Лидером отечественных разработок в области ЭМП является предприятие НПП ВНИИЭМ, которое впервые реализовало идею ЭМП в уникальных электромеханических комплексах для космической техники, а также для газоперекачивающих агрегатов мощностью 12...16 МВт, с частотой вращения 3000...6800 об./мин и массой 1200 кг.

ЭМП, разработанные НПП ВНИИЭМ, успешно работают на нагнетателях КС "Тольяттинская" (ГПА-Ц-16), КС "Сызранская" (4ГПА-Ц-16), а также на КС "Помарская" и "Пермская".

Инновационные исследования по совершенствованию ЭМП также ведутся в ряде отраслевых исследовательских институтах и научных коллективах вузов (ЗАО "НИИтурбокомпрессор", "Энергомашкорпорация", ИЦ "Департамент турбин" и др.), где на основе экспериментальных данных получены оригинальные технические решения и внедрены пилотные проекты новых ЭМП:

- газоперекачивающий агрегат ГПА-16 "Волга" с приводом от авиационного двигателя НК-38СТ;
- нагнетатели природного газа с роторами на ЭМП и с сухими уплотнениями для использования в составе ГПА на линейных дожимных КС и ПХГ;
- центробежные многовалвные компрессорные установки "Аэроком" для системы термостатирования ракет проекта "Морской старт";

Таблица. Номенклатура унифицированных электромагнитов и аппаратура управления для ЭМП

Грузоподъемность подшипника, Н	1000...2500	2500...6000	6000...12000	12000...25000	25000...80000
Диаметр расточки электромагнита, мм	100	150	200	300	500
Длина пакета электромагнита, мм	75...150	100...200	120...250	150...300	200...600
Габариты аппаратуры управления, мм	600x400x400	1200x450x600		2000x600x600	
Мощность потребления, кВт	0,25...0,75		0,5...1,5	0,75...3,0	
Мощность потребления, кВт	0,25...0,75	0,5...1,5	0,75...3,0	Масса ротора, кг	100...600
Области применения	Вентиляторы, турбодетандеры, насосы		Турбокомпрессоры	Синхронные компенсаторы, мощные преобразователи, синхронные двигатели	

- опытно-промышленные образцы газотурбинных электростанций блочной поставки ГТ-009 мощностью 9 МВт с ЭМП газовой турбины и генератора;

- опытные образцы систем ЭМП для металлообработки, электрошпинделей, инерционных накопителей энергии, турбодетандеров, вибровозбудителей и других механизмов.

Одним из факторов, препятствующих более широкому применению ЭМП, является устаревшее ошибочное представление о низкой степени надежности работы их электронной САУ в цеховых условиях. Однако многолетний опыт их устойчивой работы в тяжелых климатических и производственных условиях, например, американской фирмы Federal-Modul Magnetic Bearings на компрессорах и насосах ядерных реакторов, турбинах и центрифугах свидетельствует об обратном. Для работы в условиях воздействия агрессивных сред в этой фирме созданы специальные ЭМП с герметически изолированными электромагнитами, причем их датчики могут определять положение вала даже через стальную оболочку герметичной защиты. САУ ЭМП обеспечивает практически 100% гарантии надежности работы турбины и генератора во всех режимах.

Сегодня по всему миру работают, демонстрируя превосходную надежность, системы ЭМП, более сотни машин фирм "Дженерал Электрик Ротофлор", "БОК Криостар", "Мафи-Тренч" и др.

Особенности применения ЭМП в газоконпрессорах

Вся гамма выпускаемых сегодня в мире центробежных компрессоров для целей ГПА КС может быть разделена на пять основных типов. Применение ЭМП на каждом из них имеет свои технологические и конструктивные особенности, определяющие целесообразность и технико-экономическую эффективность их применения [3].

1. Турбокомпрессоры с тихоходным приводом и повышающей передачей, используя ЭМП, могут обойтись без масла в самом компрессоре. Однако для работы мультипликатора необходима система смазочного масла, что не позволяет упростить структуру установки в целом. Поэтому технико-экономическое обоснование эффективности применения ЭМП в этом случае состоит только в повышении уровня надежности агрегата. Сегодня в европейской газовой отрасли работают шесть компрессоров "Термодин" данного типа.

2. Турбокомпрессоры с приводом от обычной смазываемой маслом турбины более распространены на магистральных газопроводах. В таких агрегатах системы ЭМП дают значительные преимущества за счет уменьшенного ТОиР и централизованного дистанционного управления с единого поста. Параметры надежности агрегатов данного типа с ЭМП превышают надежность систем с масляными подшипниками, обеспечивая уровень до 99,9%. Более 30 компрессоров данного типа успешно эксплуатируются на магистральных газопроводах (МГ) Канады.

3. Турбокомпрессоры с приводом от паровой турбины позволяют использовать ЭМП на обоих агрегатах, что увеличивает эффективность и надежность всего комплекса в целом. Подобные системы успешно работают на линиях охлаждения пропана фирмы Элиот с многоступенчатыми паровыми турбинами.

4. Тихоходные турбокомпрессоры с непосредственным приводом от синхронного электродвигателя с минимальным числом пар полюсов $p = 1$ ($\omega = 3000$ об/мин) используются в некоторых локальных ТП. Применение систем ЭМП здесь дает немного преимуществ, но в отдельных случаях, например, в консольных компрессорах для полиэтилена сочетание сухих газовых уплотнений и ЭМП полностью исключает риски масляного загрязнения ТП и возможность работы при неуравновешенности из-за скопления продукта на рабочем колесе.

5. Высокооборотный турбокомпрессор с непосредственным приводом от высокоскоростного электродвигателя (асинхронного или синхронного) представляет собой наиболее инновационное техническое решение для электроприводных ГПА (ЭГПА) КС МГ. При этом использование систем ЭМП для двигателя и агрегата при исключении из схемы мультипликаторов делает всю установку "сухой", без использования маслосмазки, что имеет наивысший экономический эффект от внедрения ЭМП. В 1993 г. на ПХГ Германии был запущен в эксплуатацию первый промышленный агрегат на 150 бар с непосредственным приводом от высокоскоростного двигателя на ЭМП. Шестиступенчатый компрессор Зульцер и двигатель АСЕС мощностью 2 МВт на ЭМП работают со скоростью 20000 об./мин. За время эксплуатации цифровая САУ ЭМП с дистанционным управлением подтвердили высокий уровень надежности всего агрегата.

В настоящее время одним из лидеров в производстве высокоскоростных электродвигателей большой мощности с системами ЭМП является фирма Alstom.

За последние годы фирма значительно улучшила выходные характеристики и номенклатурный спектр выпускаемых высокоскоростных двигателей для применения в газотранспортных системах.

Успешное внедрение высокоскоростных электродвигателей с ЭМП и современных высоковольтных преобразователей частоты на базе автономных инверторов тока с векторным мультипроцессорным управлением позволило фирмам АСЕС и Зульцер разработать новую концепцию ЭГПА. Она заключается в создании турбокомпрессора с регулируемым электродвигателем в едином конструктиве с консольным колесом на каждом конце вала при охлаждении агрегатов перекачиваемым газом. При этом все вращающиеся элементы заключены в единый герметичный кожух и находятся в прямом контакте с технологическим газом. Простота и компактность этой машины значительно упрощает ее установку, повышая надежность, а "чистый" безмасляный принцип работы делает эксплуатацию ЭГПА вне конкуренции по экологическим соображениям. С 1991 г. в штате Алабама (США) успешно работает первый подобный компрессор мощностью 6 МВт, 10000 об./мин, а три другие установлены в 1994 г. около г. Балтимора. Четыре новые КС с компрессорами "МОПИКО" надежно работают в Англии и Канаде.

Оценка эффективности применения ЭМП в ЭГПА КС

В настоящее время КС с приводом от электродвигателей (ЭГПА) строятся в основном на МГ, проходящих через промышленно развитые центральные регионы России, имеющие развитые электрические сети. По сравнению с другими типами привода ЭГПА имеет существенные преимущества:

- высокая эксплуатационная надежность и долговечность;
- минимальные затраты на ТОиР, включая капитальные;
- большой моторесурс узлов и деталей ЭГПА, в том числе с ЭМП;
- простота автоматизации и управления;
- пожаро- и взрывобезопасность;
- экологическая чистота.

Для объективной оценки технико-экономической эффективности ЭГПА с использованием ЭМП и сухих уплотнений в электроприводе и нагнетателях рассмотрим четыре основных варианта компоновки электрооборудования с синхронными двигателями типа СТД-12500.

1. Традиционная схема ЭГПА без ЭМП с двигателем, редуктором (мультипликатором) и нагнетателем, которые установлены на двух рамах и связаны между собой промвалами, передающими крутящий момент от синхронного двигателя к нагнетателю. Кроме того, в состав ЭГПА входят системы контроля, управления и защиты, системы маслосмазки и маслоуплотнения, а также система электропитания.

Подача масла типа ТП-22 (ГОСТ 9972-74) к узлам ЭГПА производится главным маслоснасосом шестерен-

чатого типа, расположенном в корпусе редуктора, с приводом от вала колеса редуктора. Температура масла при пуске должна быть на уровне 35 °С. Постоянство скорости вращения электропривода и колеса редуктора обеспечивает необходимое стабильное давление масла, которое охлаждается в аппаратах воздушного охлаждения. При работе ЭГПА температура подшипников не должна превышать 70 °С. Для повышения скорости вращения центробежных нагнетателей Н-370 в данной структуре ЭГПА используются быстроходные редукторы-мультипликаторы типа РЦОТ-1,6.

Контроль за состоянием ЭГПА и его обслуживание производится в строгом соответствии с требованиями инструкций по обслуживанию и Правил устройства электроустановок. Регулирование производительности нагнетателя осуществляется путем дросселирования газа на входе, что приводит к резкому увеличению потерь энергии ЭГПА.

2. ЭГПА с нагнетателем на ЭМП, электродвигателем и редуктором с маслосистемой, которые механически связаны аналогично варианту 1. Однако использование в компоновке нагнетателя ЭМП вала позволяет исключить маслосистему в компрессоре, что значительно упрощает всю маслосистему ЭГПА и ее габариты, повышает надежность установки с дистанционным контролем и управлением нагнетателем. Для предотвращения протечки газа по валу из нагнетателя в машинный зал применяются сухие торцевые уплотнители.

К основным преимуществам ЦБН на ЭМП относятся:

- бесконтактная работа вала и отсутствие износа;
- снижение механических потерь (вентиляция подшипников и упоров);
- снижение мощности систем маслосмазки нагнетателя;
- автоматическая компенсация дисбаланса, устраняются синхронные усилия от радиальных подшипников. Уменьшается вибрация несущих конструкций и увеличивается их ресурс;
- измерение и контроль усилий в опорных и упорных подшипниках;
- измерение и отработка смещений вала с помощью САУ.

3. ЭГПА с нагнетателем на ЭМП и высокоскоростным электродвигателем с маслосистемой, которые могут размещаться на одной раме и связаны между собой муфтой. Использование высокоскоростного электродвигателя позволяет исключить из традиционной компоновки повышающий редуктор и тем самым:

- уменьшить массогабаритные характеристики установки;
- исключить среднюю перегородку в здании КЦ и сократить его объем;
- снизить уровень шума в машзале КЦ;
- повысить надежность работы ЭГПА в целом;
- при использовании ПЧ регулировать скорость вращения и производительность нагнетателя средствами электропривода.

4. ЭГПА с нагнетателем и высокоскоростным электродвигателем на ЭМП, которые механически соединены аналогично варианту 3 или объединены в одном корпусе (вариант "МОПИКО"). Использование ЭМП ротора двигателя и вала нагнетателя позволяет:

- полностью исключить маслосистему из конструкции ЭГПА;
- повысить температурную устойчивость работы агрегатов;
- увеличить ресурс работы;
- улучшить виброакустические характеристики;
- увеличить скорость вращения агрегатов и их производительность;
- снизить массогабаритные показатели и объем помещений машзала;
- улучшить экологическую обстановку на КС.

При технико-экономическом сопоставлении четырех вышеприведенных вариантов ЭГПА принята одноцеховая КС с синхронными двигателями типа СТД-12500 из трех рабочих и одного резервного агрегата, для которой определены капитальные и эксплуатационные затраты в текущих ценах. Ресурс всего оборудования, применяемого в ЭМП, определен в 300 тыс. ч и основан на данных фирмы S2M. Результаты расчетов [3] по капитальным затратам сравниваемых вариантов дали ряд следующих значений, соответственно 59,1; 72,3; 117 и 125 млн. руб.

Вместе с тем, годовое потребление масла соответственно для вариантов снижается: 26,3; 5,3; 3,5 и 0 т. Также снижается и годовое потребление электроэнергии при коэффициенте загрузки КС 0,7: 230, 224, 219 и 218 ГВт*ч.

Выводы

На основании опыта эксплуатации и результатов исследований, проведенных в последние годы, можно сформулировать следующие выводы.

1. Более 70% нештатных ситуаций, возникающих при эксплуатации турбокомпрессоров, связаны с маслосистемами, традиционно используемыми для

смазки подшипников и уплотнений вала. В отличие от громоздких и ненадежных маслосистем работа систем ЭМП не требует постоянного внимания и характеризуется принципом "включил и забыл".

2. Системы ЭМП доказали свою принципиальную пригодность и надежность для удержания в состоянии левитации роторов турбомашин и электродвигателей. Промышленная наработка отдельных агрегатов с ЭМП достигла 300 тыс. ч без поломок и аварийных остановов, что обусловлено высокими эксплуатационными характеристиками магнитных опор и стабильностью САУ.

3. Одним из главных недостатков агрегатов с ЭМП является их относительно высокая цена (в соответствии с расчетами 125 млн. руб. против 59,1 млн. руб.). Высокий уровень капитальных затрат обусловлен тем, что при производстве новых высокотехнологичных агрегатов первоначально имеются большие издержки производства, которые в дальнейшем значительно снизятся. К тому же значительное снижение эксплуатационных затрат из-за отсутствия маслосистем приведет к быстрой окупаемости систем ЭМП в течении 2...3 лет.

4. В целом проведенные научно-исследовательские и маркетинговые исследования показали, что направление по внедрению ЭМП и безмасляных технологий на ЭГПА КС является актуальным и перспективным в плане повышения энергоэффективности и надежности работы электрооборудования и технологических агрегатов МГ.

Список литературы

1. Степанов С.Е., Крюков О.В., Плехов А.С. Принципы автоматического управления возбуждением синхронных машин газокompрессорных станций // Автоматизация в промышленности. 2010. №6.
2. Журавлев Ю.Н. Активные магнитные подшипники: Теория, расчет, применение. СПб.: Политехника. 2003.
3. Пужайло А.Ф., Спиридович Е.А., Воронков В.И. и др. Энергосбережение и автоматизация электрооборудования компрессорных станций: монография / Под ред. О.В. Крюкова. Н.Новгород: Вектор ТиС, 2010.

Крюков Олег Викторович — канд. техн. наук, главный специалист ОАО "Газпрогазцентр",

Титов Владимир Георгиевич — д-р техн. наук, зав. кафедрой НГТУ им. Р.Е. Алексеева.

Контактный телефон (831) 428-25-84. E-mail: o.kryukov@ggc.nnov.ru

Новое бизнес-подразделение GE Energy объявляет о начале своей деятельности в России

Компания GE объявляет сегодня о начале работы нового бизнес-подразделения, которое будет заниматься продажей электродвигателей. Подразделение, базирующееся в Москве, будет отвечать за продажи на территории Восточной Европы, России и стран СНГ — всего 28 стран.

Новое подразделение предложит на рынках Восточной Европы, России и стран СНГ полную продуктовую линейку электродвигателей и генераторов мощностью 0,7...74500 кВт, асинхронных, синхронных и постоянного тока, а также электродвигатели, разрабатываемые по ТУ заказчика. Преимущество продукции GE заключается в высокой энергоэффективности (соответствие высшему классу IE3), более длительном гарантийном сроке (до 5 лет) и экономичности. Кроме того, GE сможет предложить комплексные поставки электрооборудования, то есть

поставки электродвигателей разных мощностей, частотных преобразователей и шкафов управления, осуществляя системную интеграцию. Также компания будет оказывать консультационные услуги по экономической эксплуатации электродвигателей и проводить оценку эффективности использования уже установленного электрооборудования на предприятии.

Дополнительным преимуществом для российских потребителей является возможность надежного сервиса оборудования в открывшемся в 2010 г. Центре энергетических технологий GE в г. Калуге. Высококвалифицированные сотрудники Центра занимаются сервисным обслуживанием современного энергетического оборудования по всей России. Предприятие в Калуге представляет собой один из 12 технологических центров компании GE Energy по всему миру.

[Http://www.ge.com](http://www.ge.com)