

Партнёры Mersen совместно с основными действующими лицами в сфере бизнеса электродвигателей и приводов установят истину о двигателях постоянного тока

Электродвигатели постоянного тока ещё хорошо послужат

По сравнению с их асинхронными аналогами, двигатели постоянного тока ещё не сказали своего последнего слова. Поставщики данных решений уверены в этом. Компании Ansaldo Sistemi Industriali, EMG-EMCO, Gefran и Mersen, специалисты в области электрических двигателей и приводов, объясняют почему двигатели постоянного тока все ещё выгодны, и сделают обоснование того, почему они являются необходимыми для применений при высоких мощностях и вариации скоростей вращения двигателей. К тому же, в век энергосберегающих технологий, эти специалисты напомнят нам, что при торможении двигателя постоянного тока возможна рекуперация электрической энергии, что является неотъемлемой чертой этой техники.

Люди предсказывали кончину двигателей постоянного тока на протяжении более 20 лет. Однако, они далеки от поражения, и их преимущества, являющиеся неоспоримыми, редко бывает подчеркнуты. Спроектированные для преобразования электрической энергии в механическую, электродвигатели делятся на 2 категории: двигатели постоянного тока, с одной стороны, и асинхронные двигатели с другой. К тому же, они отличаются по типу их использования — постоянная скорость вращения или переменная скорость вращения вала двигателя.

Двигатель постоянного тока прост в изготовлении, и состоит из индукционной катушки (или статора), обмотки ротора (или ротора), коллектора и щёточно-коллекторной системы, дающей возможность коммутировать электрический ток. Без коммутирующего устройства, ротор остановит вращение и остановится в вертикальном положении по отношению к «нейтральной линии».

Преобразование тока вызывает реверс возбуждающих сил в проводниках, вследствие чего вращение продолжается. В случаях переменной скорости вращения, двигатель постоянного тока связан с приводом, контролирующим скорость работы двигателя. Асинхронные аналоги состоят из асинхронного двигателя и электронного блока управления.

Примерно с середины 80-х годов, области систем автоматизации процессов и силовой электроники достигли больших прогрессов, результатом которых стало предложение новейших, продвинутых технологий вместо старых и более простых технологий. Признанные устаревшими, электродвигатели постоянного тока были постепенно вытеснены асинхронными моделями (они известны как трёхфазные асинхронные двигатели). Сегодня данные двигатели представляют свыше 96% электродвигателей в мире, большинство из которых работают при постоянной скорости вращения двигателя без управления его скоростью.

Однако, для улучшения энергоэффективности установок, необходимо пересмотреть установившуюся практику и подходы, чтобы извлечь выгоду от энергосбережения, которое можно получить путем внедрения решений по переменной скорости вращения двигателей. В сфере промышленности, где асинхронные электродвигатели преобладают, представляется важным наличие другого мнения на критику электродвигателей постоянного тока. Эта критика правдива или ложна?

Важные замечания

- Электродвигателям постоянного тока часто не доверяют.
- Однако, их технология себя зарекомендовала.
- Эти двигатели все ещё очень полезны для применений требующих мощности от 250 кВт и более и при вариации скоростей.
- Объединение производителей пересматривает достоинства электродвигателей постоянного тока.

Электродвигатели постоянного тока устарели.

Ложь: Это правда, что использованы простые технологии. Однако, известно, что они оправдали себя. Работа на системе щетки\коллектор легка для обучения и требует ограниченное техническое обслуживание.

Их закупочная цена более высокая, чем у асинхронных двигателей.

Ложь: Если мы сравним двигатель постоянного тока и блок привода агрегатов при уровне мощности свыше 250 кВт с тем же самым асинхронным приводом, то последние будут обычно стоить дороже (в зависимости от мощности и возможностей).

Как различные их асинхронные аналоги, двигатели постоянного тока не включают в себя электролитические конденсаторы. Эти компоненты высыхают через несколько лет и могут привести к поломке.



Как различные их асинхронные аналоги, двигатели постоянного тока не включают в себя электролитические конденсаторы. Эти компоненты высыхают через несколько лет и могут привести к поломке

Их технология не изучена сегодня

Правда: Обслуживание электродвигателей постоянного тока производится часто сторонними организациями, что затрудняет их изучение для тех, кто их использует. Кроме того, техническая и научная подготовка сегодня делают акцент на работу асинхронных электродвигателей. Однако, технология систем с двигателями постоянного тока хорошо изучена производителями и компаниями, которые их обслуживают и таким образом, обладают возможностью обучения и поддержки своих пользователей.

Стоимость их технического обслуживания высока

Ложь: Двигатели постоянного тока имеют «изнашивающиеся части» (щёточно-коллекторная система), которые должны регулярно проверяться и заменяться, но сочетание цены всего технического обслуживания в течение всего срока эксплуатации машины, которая включает в себя привод (для мощностей свыше 250 кВт) эквивалентно цене замены всего одного привода на асинхронном двигателе. «Платы контроля для асинхронных электродвигателей и электронные компоненты, которые входят в их состав, изнашиваются в среднем примерно за 7 лет. Когда эти элементы выходят из строя, может быть трудно найти их замену несколько лет спустя с момента их выпуска. Эти поломки чаще всего происходят из-за высыхания электролитических конденсаторов (это не является проблемой для двигателей постоянного тока, которым такие конденсаторы не нужны). Это приводит к снижению их способностей, что является причиной избыточного тока, медленно изнашивающего привод вплоть до его поломки без всякого предупреждения», - даёт объяснения Господин Urban, эксперт по приводам Gefran. Для двигателей постоянного тока, смена щёток — очень простая и быстрая операция, которая может быть проделана любым обслуживающим персоналом, тогда как поломка электроники обычно требует привлечения специалиста. «К тому же, электронные платы для машин мощностью от 150 кВт, производятся в небольших количествах и поставщик не всегда имеет их в запасе», - продолжает Господин Urban. «Привод постоянного тока просто использует выпрямитель асинхронного двигателя, в

то время как последний включает в себя инвертер, который намного более сложен и дорог».

Для нас, специалистов по двигателям и приводам, недостатки приписываемые двигателям постоянного тока не всегда корректны и правдивы. Для сохранения данной технологии, которая еще полезна и хорошо работает на многочисленных применениях, мы предлагаем проанализировать основные характеристики данных двигателей. О выгоде от применения двигателей постоянного тока говорится очень редко, в то же время их недостатки, часто подчеркиваемые критиками, по нашему мнению не всегда правдивы или точны, если мы наблюдаем за ситуацией в период 15 лет использования, соответствующего среднему сроку службы.



Для их поставщиков, двигатели постоянного тока имеют светлые перспективы в будущем для силовых применений. Их средняя продолжительность жизни может составлять несколько десятилетий при условии минимального технического обслуживания - таком как замена щёток, выполняющемся регулярно. Так как эти двигатели проверяются более часто и осматриваются чаще, они могут проработать дольше.

Пример для применения на обмотке бумажной фабрики												
Мощность	Технология	Цена										
		Цена покупки двигателя		Цена покупки привода		Общая сумма покупки		Стоимость тех обслуживания за 15 лет (5000ч/год)			Общая стоимость за 15 лет	
кВт		Мин	Макс	Мин	Макс	Мин	Макс	Двигатель	Привод	Сумма	Мин	Макс
150-375	Асинхронный двигатель	80	120	144	210	224	330	160	200	360	584	690
	Двигатель постоянного тока	100*	150	70	141	170	291	66	0	66	236	357

NB: Для диапазона мощностей 150-375 кВт, мы использовали предположения, изложенные в «Mesures 802»: двигатель В 250 кВт с возможностью изменения скорости, 4-х квадрантный привод, 5000 часов использования в год. Асинхронный двигатель: двигатель 350 кВт, обязательное списание двигателя из-за перегрева. Стоит отметить, что цена обслуживания привода постоянного тока составляет 0 после 15 лет, если обслуживание двигателя проводилось правильно. Коэффициент 10.

**Цены рассчитаны на основе 100 соответствующих минимальных закупочных цен для двигателей постоянного тока.*

Основные применения

Двигатели постоянного тока особенно хорошо себя проявили в мощных установках (свыше 250 кВт) и с переменной скоростью. За счет управления электронным приводом изменения скорости, имеется возможность широкого диапазона скоростей (от 1% до 100% диапазона), присутствие точного контроля вращательного момента напрямую пропорционального номинальному току, и конечно не зависящего от частоты сети. Это позволяет очень просто провести подгонку под систему двигателя, производить изменение скорости и направления вращения.

Адаптируется к различным условиям работы. «Обеспечивается усиление вращающегося момента даже при малых скоростях, что невозможно для асинхронных двигателей. Момент и скорость связаны с номинальным током, которые делают их регулировку простой», - говорит Livio Ghersini, директор продаж двигателей постоянного тока в Ansaldo Sistemi Industriali. «Регулировка скорости вращения асинхронных двигателей требует использования кодирующих устройств и передовых технологий. Также отношение между током и моментом сложное, поскольку должна быть учтена реактивная мощность и фактор разрушения (пробоя)», - добавляет Jean-Marc Gobert, менеджер по продажам компании EMG-EMCO France.

Прочность Двигатели постоянного тока — прочные. На некоторых промышленных предприятиях, машины постоянного тока работают более 50 лет. Средства, вкладываемые в закупку двигателей быстро амортизируются. «К редким случаям, когда системы асинхронных двигателей продолжают работать десятилетиями, относятся к двигателям с фазным ротором», - замечает Господин Urban. Двигатели постоянного тока доказали свою долговечность и возможность работы в различных производственных средах (тепло, влажность, пыль и пр.). Поэтому, они часто встречаются в таких областях промышленности, как металлургия, бумажные фабрики и в подъёмных механизмах.



Двигатели постоянного тока показывают большую гибкость регулировки скорости, потому что существует непосредственная связь между напряжением и скоростью, как и между током и моментом.

Проектирование Их проектируют с учётом работы в наихудших режимах в случае, если откажет электроника или будут проблемы с коммутацией. «Двигатели постоянного тока могут работать при двойном превышении номинальной скорости без значительного снижения эффективности, что невозможно для асинхронных двигателей. Также они продолжают работать, когда тиристоры старые,

даже если не оптимально и что существует риск увеличения износа щёток. Их асинхронные аналоги останавливаются как только их управляющая электроника ломается», - резюмирует Господин Urban (Gefran). К тому же, при работе в ухудшенных условиях гарантируется непрерывная работа, так как даже в случае наличия проблем, машины постоянного тока могут обеспечивать до 50% их обычной выходной мощности.

Техническое обслуживание Основной недостаток двигателей постоянного тока — это надлегающий контакт между угольными щётками и коллектором. Чем больше скорость вращения, тем больший нажим требуется для обеспечения хорошего контакта угольных щёток с коллектором, вызывая при этом увеличение силы трения. Коллектор наводит индукцию при прерывании контактов, возникает искрение, которое изнашивает коллектор и формирует помехи в подведённых сетях. Это одна из причин, почему угольные щётки должны меняться регулярно — для того, чтобы обеспечивать хороший контакт с коллектором и хорошую коммутацию.

Таким образом, их неисправности легко могут быть определены невооружённым взглядом. «Их проявление — искрение или выгорание коллектора. По этим признакам легко определяют недостатки двигателя или окружающей среды, например когда уровень вибрации слишком высок», - комментирует Господин Sebulski, директор R&D департамента Электрического Оборудования в компании Mersen. Эта диагностика может быть проведена без специализированных знаний по электронике. Таким образом, техническое обслуживание может быть спланировано в соответствии с развитием и серьёзностью этих признаков, что приведёт к уменьшению стоимости обслуживания по сравнению с вызванными этими же признаками ремонтами и незапланированными остановками производства.

Одно из основных преимуществ, выдвинутых на передний план людьми, предпочитающими асинхронные двигатели — это то, что они не требуют никакого обслуживания. «Как результат, пользователи не осуществляют никакого обслуживания до тех пор, пока двигатель не остановится, из-за износа подшипника, который мог бы быть определён значительно ранее. Двигатели постоянного тока проверяются регулярно и осматриваются чаще, значит прослужат дольше», - говорит Господин Urban (Gefran).

Критерий выбора двигателей

- Наличие бюджета (двигатель и привод)
- Применение
- Наличие площади
- Среда эксплуатации машины
- Момент вращения
- Номинальная мощность
- Номинальное обслуживание
- Напряжение
- Уровень защиты оболочки
- Требуемый тип скорости (постоянная или переменная)
- Диапазон скоростей
- Требования к точности скорости
- Стартовый ток
- Необходимость в запасе по перенапряжению

Угольные щётки продолжают совершенствоваться



Продолжают разрабатываться новые материалы щёток для оптимизации эффективности двигателей постоянного тока и для использования на новых применениях.

Угольные щётки - элемент из графита, который передаёт электрический ток между фиксированной и вращающейся частями в моторе или генераторе. Щёточно-коллекторная система переключает направление тока в двух проводниках вплоть до пересечения с нейтральной линией, позволяя ротору продолжать вращение. Угольные щётки закреплены в щёткодержателях, которые обеспечивают постоянно необходимый контакт с коллектором. Во время передачи электрического тока, угольные щётки оставляют тонкий слой графита на коллекторных пластинах, что позволяет делать выводы о хорошей работе двигателя.

Несмотря на 100-летнее существование, решения по угольным щёткам «живут» в различных применениях. Продолжают разрабатываться новые материалы щёток для оптимизации эффективности двигателей постоянного тока и для использования на новых применениях. «Сейчас их более 100 видов, и каждая разрабатывается и оптимизируется для особых условий эксплуатации, таких как железнодорожный транспорт, ветровая и термальная энергетика», - заявляет Laurent Cebulski, директор R&D для департамента Электрического Оборудования в компании Mersen. «Щётки в настоящее время — это тема для дальнейших исследований, которые используют специализированные знания по химии, по материалам, по техническим и электрическим процессам и трибологии, для определения наилучшего химического состава из большого числа параметров. Производственный цикл может продолжаться до 3 месяцев! Угольные щётки имеют будущее и новые разработки, над которыми сейчас работает наша команда, позволяют нам предвидеть благоприятные перспективы в будущем» - добавляет он.

Эксплуатация В машинах постоянного тока есть возможность точного контроля момента на протяжении всего диапазона рабочих скоростей. Эти машины очень гибки в управлении скоростью, потому что существует прямая зависимость между напряжением и скоростью, как и между током и моментом. Они продолжают работать при перегрузках по току/по моменту, сохраняя тот же уровень точности. «Они могут принять на себя значения в 1,5 раза больше номинального тока и номинального момента» указывает Господин Urban (Gefran). И наконец, способность энергосбережения в момент торможения - составная часть технологии двигателей постоянного тока.



Двигатели постоянного тока особенно хорошо зарекомендовали себя в применении на больших мощностях (свыше 250 кВт) с переменной скоростью. Например, они могут использоваться на крановых погрузчиках или быть в составе тормозного испытательного стенда.

Размер Когда речь идет о маленьком пространстве, двигатели постоянного тока имеют интересное преимущество. Очевидно, что при одинаковом уровне мощности, размер двигателя постоянного тока в сборе (двигатель и управление) меньше, чем подобный асинхронный аналог (двигатель и управление). Меньший размер положительно влияет на общую стоимость всей системы.

Стоимость Симулирование стоимости использования в течение 15 лет показывает, что машины постоянного тока (двигатель и управление) стоят дешевле, чем их асинхронные аналоги (включая также двигатель и управление). Это симулирование (см. таблицу 3) включает все параметры, такие как закупочная стоимость, стоимость обслуживания, снижение производства из-за остановки, продолжительность жизни машины и пр.

Где можно найти двигатели постоянного тока?

Промышленность

- Экстракторы
- Миксеры резины
- Намотка (Бумажные фабрики)
- Прокатные станы
- Бумагоделательные машины
- Печатные машины
- Машины продольной резки
- Намоточные станки (сталелитейные фабрики, бумажные фабрики)
- Станки волочения проволоки
- Машины для цементной отрасли

Транспорт

- Железнодорожные тяговые двигатели
- Подъёмники (кресельные подъёмники, фуникулёры)

Погрузочно-разгрузочное оборудование

- Разное (испытательные стенды)
- Подъёмники (козловые краны, краны)
- Лифты (Эйфелева башня)

Поспешное захоронение По нашему мнению, как специалистов по двигателям и приводам, двигатели постоянного тока поспешно хоронят, в пользу асинхронных двигателей во всех применениях. Между тем, двигатели постоянного тока идеально подходят для многих отраслей промышленности, транспорта и погрузочно-разгрузочного оборудования, и в частности пригодны для применения на повышенных мощностях (более чем 250 кВт) с переменной скоростью. Эти двигатели могут работать в экстремальных окружающих условиях и при ухудшенных рабочих режимах. Они имеют большие преимущества, и это значит, что необходимо оценить преимущества и недостатки каждой из технологий перед выбором того или иного двигателя.

Jean-Marc Gobert, EMG-EMCO

Jacques Urban, Gefran France

Laurent Cebulski, Mersen

Livio Ghersini, Ansaldo Sistemi Industriali S.p.A

Библиография

- Des moteurs électriques plus efficaces (Mesures N° 822, Février 2010)
- The strengths of the direct current motor: flexibility, reliability, energy saving (AsDE – Power Distribution Association, Medium Small Power Motors Group)
- Les variateurs et moteurs continu n'ont pas dit leur dernier mot (Mesures 802, Février 2008)
- Journal officiel de l'Union européenne, règlement CE n° 640/2009
- Machines à courant continu - Constitution et fonctionnement / Techniques de l'ingénieur (François Bernot, Docteur en sciences pour l'ingénieur, Ingénieur de l'École Supérieure d'Électricité, Maître de conférences à l'UTBM (Belfort)
- Machines à courant continu - Techniques de l'ingénieur (François Bernot, Docteur en sciences pour l'ingénieur, Ingénieur de l'École Supérieure d'Électricité, Maître de conférences à l'UTBM (Belfort)
- Moteurs asynchrones - Choix et problèmes connexes / Techniques de l'ingénieur, 10 Juin 1996 (Maxime Dessoude)
- Standard Handbook for Electrical Engineers - 15th edition - section XX: Motors and Drives (Donald Fink & H. Beaty, MacGraw-Hill)
- Cahier Technique Schneider Electric n°207 – Les moteurs électriques... pour mieux les piloter et les protéger - (E. Gaucheron)