

maxon X Drive —

ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Олег Сергеев

sergeev_o@aviton.spb.ru

В ноябре 2012 г. компания maxon motor объявила о выпуске нового семейства решений maxon X Drive, которое можно по праву считать новой точкой отсчета для решений этого класса.

В состав линейки в настоящее время входят коллекторные двигатели DCX, планетарные редукторы GPX и энкодеры ENX, которые могут поставляться в составе единой сборки аналогично остальным сериям, представленным в каталоге и на сайте maxon motor. Однако, в отличие от других серий, для maxon X Drive доступна не только конфигурация сборки из двигателя, редуктора и датчика обратной связи в соответствии с модульной программой maxon, но и подбор всех необходимых опций для каждой из составляющих модульной программы. Таким образом, двигатель, редуктор и энкодер сами являются изделиями, которые можно полностью сконфигурировать непосредственно на сайте компании. Сконфигурированную таким образом сборку можно сразу же заказать. Ранее для каждой сборки с опциями, не указанными в каталоге перед заказом, было необходимо провести процесс согласования, что занимало дополнительное время. В настоящее время все опции, включенные в конфигуратор, уже подготовлены к производству. Кроме того, стала более доступной информация: для любого из изделий программы maxon X Drive все доступные опции и их описания видны непосредственно при создании конфигурации изделия. Конфигурацию, созданную единожды, можно повторно заказывать на сайте по присваиваемому ей уникальному номеру.

Не менее важными для новой линейки решений, чем удобство конфигурирования и заказа, являются ее технические характеристики. Для приводов maxon X Drive была проделана большая работа по совершенствованию и улучшению параметров изделий. Поскольку именно производительность определяет возможность применения приводов maxon в конкретном изделии, то на технических характеристиках новой серии остановимся подробнее.

Двигатели

В линейку maxon X Drive включены коллекторные двигатели DCX, созданные на основе серии коллекторных двигателей RE — самого производительного семейства в каталогах maxon. В настоящее время выпущены три габарита двигателей:

- DCX10L — Ø10 мм;
- DCX22S — Ø22 мм;
- DCX35L — Ø35 мм.

При разработке двигателей DCX особое внимание было уделено повышению вращающего момента. Для этого было использовано несколько подходов. Так, в конструкции двигателя были применены особо мощные неодимовые магниты. Еще одним способом увеличения момента двигателя является увеличение его активной длины (то есть длины магнита и обмотки), однако без принятия специальных мер это приводит к удлинению двигателя. По этой причине инженеры maxon motor провели большие работы по оптимизации щеточно-коллекторного узла, которые позволили уменьшить его длину при сохранении производительности и надежности. В результате оказалось возможным добиться увеличения активной длины двигателей DCX на 10–17% по сравнению с аналогичными по диаметру и длине моделями серии RE. При этом общая длина возросла всего на 1,5–3,5%. Благодаря изменениям в конструкции номинальный момент удалось увеличить на 50% для DCX10L и на 30–50% для DCX35L. Другими словами, номинальный момент двигателей DCX10L (2,2 мНм) сравним с номинальным моментом для более крупных двигателей RE13 2.5W (1,44–2,84 мНм).

Не менее важным параметром, определяющим производительность двигателя, является скорость. Чтобы получить высокую скорость двигателя, ротор должен быть не только точно сбалансирован, но и сохранять балансировку даже при пиковых нагрузках, соответствующих максимальной температуре обмотки. В приводах maxon X Drive конструкция ротора была значительно улучшена. Еще одним узлом двигателя, влияющим на достижение высоких скоростей, является коллектор. Благодаря специальной конструкции вала диаметр коммутатора был уменьшен без потери производительности. А поскольку для коллектора ограничением при заданной конструкции и фиксированной нагрузке является линейная скорость перемещения щеток по коллектору, то уменьшение диаметра коллектора открывает возможность увеличения скорости вращения двигателя.

Говоря о производительности двигателей DCX, нужно отметить увеличенную жесткость (уменьшившийся наклон) механических характеристик двигателей. Проведенная работа по увеличению момента и скорости отразилась и на этом параметре. Для новых двигателей DCX жесткость увеличилась на 40–50%.

Для двигателей тахоп благодаря полой конструкции ротора без стального сердечника характерен высокий КПД. Такая конструкция позволяет устранить дополнительные потери на вихревые токи и на перемагничивание. Еще одна составляющая — это потери на трение. Для их уменьшения было оптимизировано поджатие подшипников и улучшена их конструкция. Также для DCX были внесены изменения в щеточно-коллекторный узел, благодаря чему удалось дополнительно снизить потери. Предпринятые меры позволили увеличить КПД двигателей с 86 (для RE35) до 90% (для DCX35L).

Ряд изменений в конструкции новых двигателей DCX направлен на повышение срока службы. У двигателей с графитовыми щетками была увеличена длина щетки для компенсации износа при эксплуатации. Для щеток из благородных металлов была разработана новая конструкция, увеличивающая зону контакта с коллектором, что позволяет увеличить ток через щетки при том же сроке службы.

Одним из отрицательных эффектов, возникающих при работе электродвигателей, является шум. Однако во многих применениях высокий уровень шума неприемлем. По этой причине в документации на двигатели DCX впервые в своей практике компания тахоп motor стала указывать уровень шума. Измерение шума, передаваемого по воздуху, производится в специальной камере, на расстоянии 10 см от двигателя, расположенного горизонтально на звукоизоляционном основании, при скорости его вращения 6000 об/мин.

Результаты многочисленных испытаний, проведенных тахоп motor, показывают, что одним из основных источников шума в коллекторных двигателях является щеточно-коллекторный узел. Экспериментальные исследования позволили улучшить его конструкцию. Новая конструкция позволяет вынести резонансные частоты за пределы рабочего диапазона и, таким образом, держать уровень шума под контролем. Два других фактора, определяющих низкий уровень шума, — улучшенная балансировка ротора и подшипников с предварительным поджатием.

В серии двигателей DCX также удалось улучшить ситуацию с электромагнитной со-

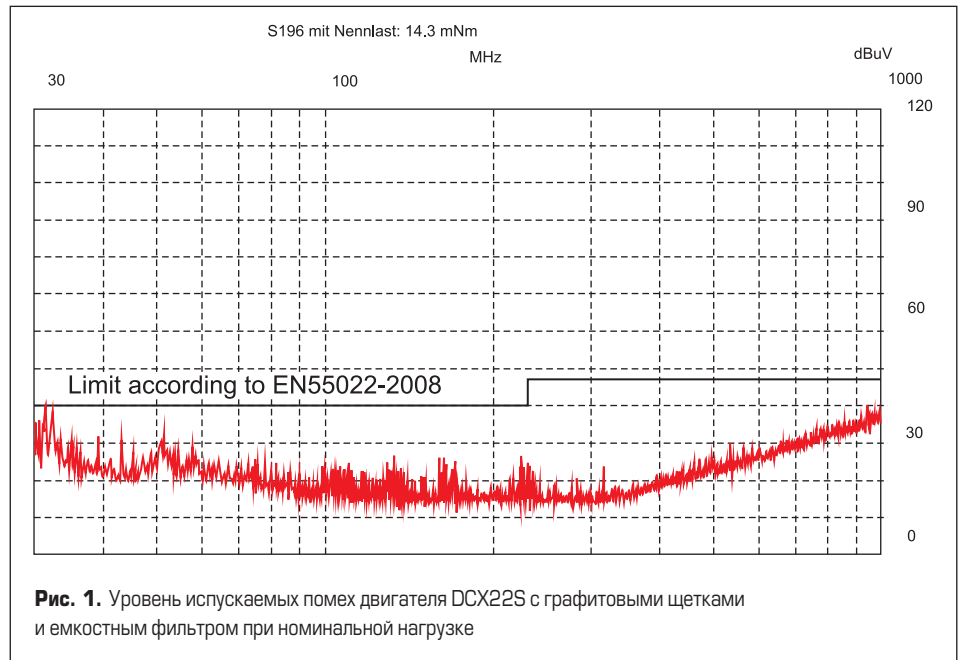


Рис. 1. Уровень испускаемых помех двигателя DCX22S с графитовыми щетками и емкостным фильтром при номинальной нагрузке

вместимостью, которая традиционно являлась слабым местом коллекторных двигателей. Улучшенная конструкция цельнометаллического корпуса двигателя с приваренными фланцами обеспечивает сплошную проводящую поверхность для всей сборки — редуктора, двигателя и энкодера, что позволяет заземлять его как единое целое. Для двигателей с металлическими щетками опционально доступен модуль искроподавления CLL. Кроме того, для двигателя DCX22S имеется новая опция: модуль помехоподавляющих фильтров (EMI filter). Данный модуль представляет собой емкостный фильтр, который устанавливается в двигатель и позволяет добиться для DCX22S с этой опцией соответствия требованиям стандарта EN55022 (ГОСТ Р 51318.22) по испускаемым помехам (рис. 1).

В числе прочих нововведений нужно отметить также появление в технической документации нового параметра. Теперь для двигателей DCX будет указываться максимальная длительно допустимая мощность, которую может обеспечить двигатель тахоп при продолжительной работе в пределах параметров, оговоренных в спецификации. Нужно сразу отметить, что данная мощность значительно выше, чем мощность, развиваемая двигателем при номинальном напряжении и номиналь-

ном моменте. Разница возникает благодаря тому, что максимальная длительно допустимая мощность определяется при максимальной скорости работы двигателя, которая, как правило, заметно выше, чем приводимые в каталожных данных скорости при номинальном напряжении. Кроме того, максимальная длительно допустимая мощность определяется при номинальном моменте, при котором скорость двигателя дополнительно снижается при том же напряжении. В сумме это приводит к тому, что достичь рабочей точки, в которой наблюдается максимальная длительно допустимая мощность, можно только при напряжении, повышенном относительно номинального. Расположение точки максимально допустимой длительной мощности на диаграмме допустимых рабочих режимов показано на рис. 2 на примере двигателя DCX10L. Для этого двигателя максимальная допустимая скорость составляет 14 300 об/мин., номинальный момент 2,22 мНм, скорость холостого хода 12 100 об/мин., номинальная скорость — 7100 об/мин.

Говоря о предельных по нагреву режимах работы двигателя, нужно помнить о том, что испытания могут быть проведены в различных условиях, в частности по теплопередаче в окружающую среду. Так, один двигатель

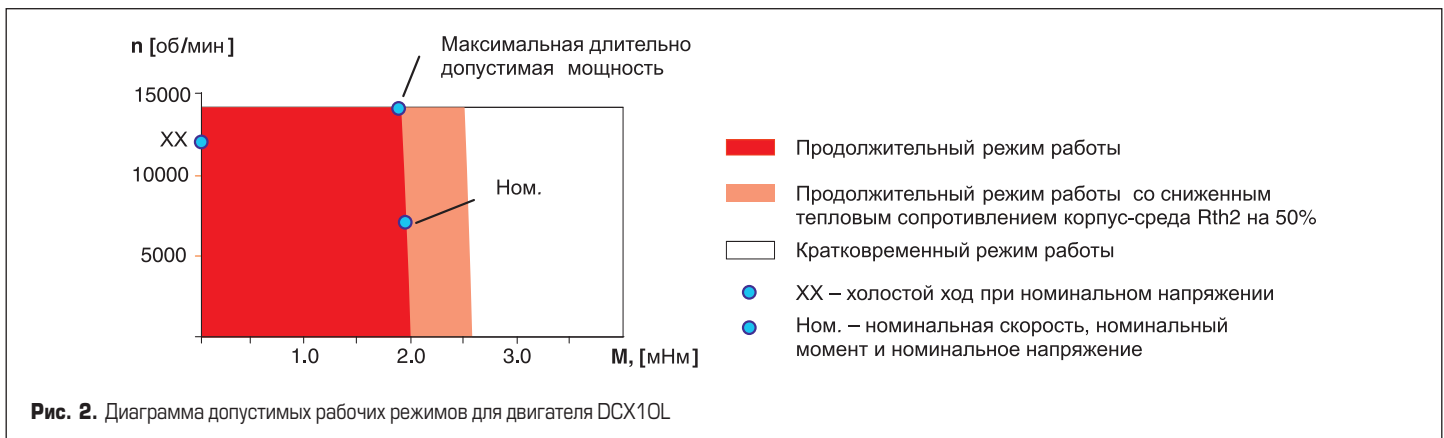


Рис. 2. Диаграмма допустимых рабочих режимов для двигателя DCX10L

при испытаниях может быть закреплен при помощи деталей из нетеплопроводных материалов (например, пластик), а другой — при помощи металлических деталей, имеющих высокую теплопроводность и низкое тепловое сопротивление теплопередачи в окружающую среду (например, алюминиевый радиатор). Легко видеть, что во втором случае условия отвода тепла от двигателя будут значительно улучшены, а тепловое сопротивление «корпус–окружающая среда» может быть сильно снижено. Это приведет к тому, что максимально допустимые токи (и моменты) по результатам двух таких испытаний будут иметь существенную разницу. Компания тахоп motor всегда проводит определение максимальных длительно допустимых токов и моментов на двигателе, установленном на теплоизолирующие детали (по наихудшему случаю). Однако во многих конструкциях для установки двигателей применяются металлические детали или металлические корпуса. Чтобы позволить более полно использовать двигатели в таких приложениях с улучшенным теплоотводом, тахоп motor дополнил диаграмму области допустимых режимов работы еще одной областью, в которой двигатель может работать в продолжительном режиме, если тепловое сопротивление «корпус–окружающая среда» составляет 50% от значения для собственно двигателя. Эта дополнительная область допустимых режимов показана в информации на двигатели DCX (рис. 2) и будет распространена на остальные модели.

Редукторы

Вторая составная часть линейки продуктов тахоп X Drive — планетарные редукторы GPX. Их применение позволяет получить мощные и компактные сервоприводы с низкой выходной скоростью, востребованные во многих областях промышленности. В настоящее время выпущены три серии редукторов GPX:

- GPX10A (Ø10 мм);
- GPX22 (Ø22 мм);
- GPX42C (Ø42 мм).

Модели GPX10A и GPX42C основаны на имевшихся в каталоге моделях GP10A и GP42C соответственно. Редукторы GPX22 были переработаны практически полностью.

Принципиальным новшеством новых редукторов является модульная конструкция, а также масштабирование ступеней: в различных ступенях применяются шестерни различного размера. Таким образом повышена степень унификации изделия: одни и те же детали могут быть применены на входных

ступенях более мощного редуктора или на выходных ступенях менее мощного. Во входной ступени редуктора при такой конструкции применяются шестерни меньшего размера по сравнению с планетарными редукторами тахоп стандартной конструкции, и благодаря этому новое изделие имеет более высокие входные скорости. Так, для трех- и четырехступенчатых редукторов скорость GPX22 удалось повысить в 1,5 раза по сравнению с GP22C без снижения срока службы редуктора (таблица).

Как и для двигателей DCX, при разработке новых редукторов был предпринят ряд мер, направленных на увеличение выходной мощности. В частности, в конструкции GPX были применены более широкие шестерни выходной ступени, что позволяет увеличить выходной момент. Для увеличения КПД редуктора было оптимизировано зубчатое зацепление. Благодаря этому КПД увеличился на 6–17% (в зависимости от количества ступеней) и теперь составляет от 90% для одноступенчатого до 66% для четырехступенчатого GPX22. Длина редукторов также подверглась изменениям: они стали заметно короче за счет сокращения длины каждой ступени. Разница в длине с ранее разработанными редукторами тахоп возрастает с ростом количества ступеней.

Еще один параметр, подвергшийся улучшениям в серии GPX, — уровень акустического шума. Основным источником шума в планетарных редукторах является зубчатое зацепление, поэтому его уровень зависит, главным образом, от линейной скорости в зубчатом зацеплении. Поэтому с уменьшением размера входных ступеней, в которых скорости максимальны, шум от редуктора был значительно снижен.

Для редукторов GPX перечень параметров, указываемых в технической документации, был серьезно дополнен. Впервые для редукторов тахоп в состав параметров была включена

максимальная передаваемая мощность в продолжительном и кратковременном режимах работы. Обе характеристики относятся к выходу редуктора и позволяют более точно указать режимы допустимой работы при использовании редукторов на максимальных скоростях при максимальных нагрузках. Максимальная передаваемая мощность не является постоянной характеристикой для редукторов одной серии. Она имеет максимальное значение для редукторов с одной ступенью и уменьшается с ростом числа ступеней. Еще один параметр, появившийся в документации на тахоп X Drive, — максимально допустимая входная скорость редуктора в кратковременном режиме работы. Аналогично кратковременному моменту, кратковременный режим для скорости означает, что повышенная скорость может наблюдаться в течение не более 1 с непрерывно и не более чем 10% времени суммарно за весь срок эксплуатации. Для редукторов GPX кратковременная входная скорость составляет 125% от длительно допустимой входной скорости. С использованием этого параметра появляется возможность более точно оценить влияние кратковременных режимов работы на срок службы редуктора и учесть это при выборе состава электро-механической сборки.

Кроме пополнившегося состава параметров, на страницах с описанием редукторов можно увидеть еще одно нововведение: диаграмму областей допустимых режимов работы. Такое графическое пояснение ранее появлялось лишь для отдельных моделей, а теперь сделано для всех серий GPX. Диаграмма становится еще более полезной, поскольку количество параметров, оговаривающих допустимые режимы работы для новых редукторов, заметно возросло, тем более что значения ряда параметров теперь различны для редукторов с разным количеством ступеней. Пример такой диаграммы приведен на рис. 3.

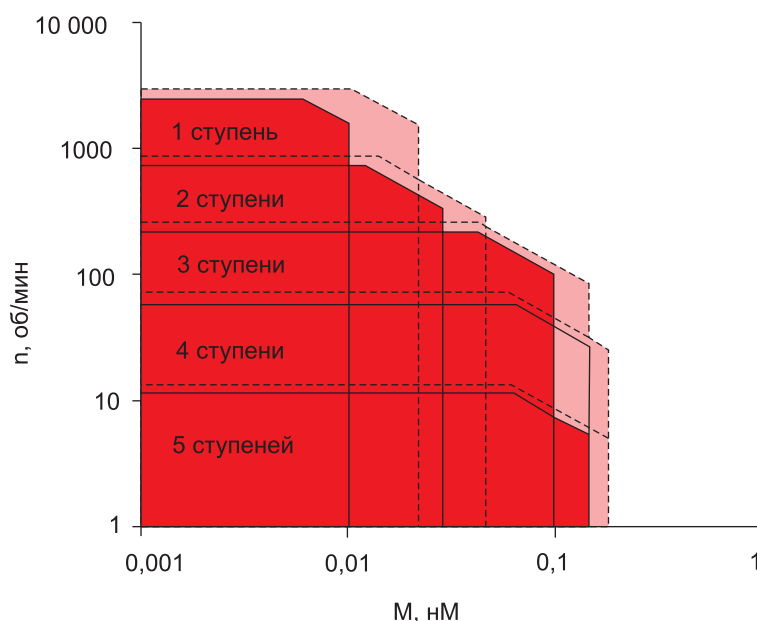


Рис. 3. Диаграмма областей допустимых режимов работы редуктора на примере модели GPX10

Таблица. Максимально допустимые входные скорости редукторов тахоп Ø22 мм

Серия	1 ступень	2 ступени	3 и 4 ступени
GPX22	8000	10 000	12 000
GP22C	8000	8000	8000
GP22A	6000	6000	6000

Энкодеры

Важной составной частью семейства maxon X Drive являются инкрементальные энкодеры ENX. Они выпущены в двух сериях: EASY и QUAD.

Серия EASY включает в себя трехканальные инкрементальные энкодеры с выходом, соответствующим RS422. Разрешение энкодеров составляет 1024 имп/об. Энкодеры данной серии могут применяться для решения задач регулирования положения и скорости и занимают в семействе maxon X Drive такое же место, что и энкодеры серий MR, MEnc, Enc среди ранее разработанных изделий maxon motor.

В серию QUAD входят двухканальные инкрементальные энкодеры с разрешением 1 имп/об. Эта серия предоставляет экономичные решения для простых задач, в которых требуется определение направления враще-

ния или оценка скорости вращения. В настоящее время в линейку maxon X Drive включены энкодеры EASY Ø10 и 16 мм, а также энкодер QUAD Ø10 мм.

Отличием серии EASY по сравнению с имеющимися моделями энкодеров maxon является расширенный диапазон разрешений: 1–1024 имп/об. При этом для разрешений от 1 до 128 имп/об в процессе конфигурирования сборки можно выбрать любое промежуточное значение — нужная прошивка энкодера будет сделана на заводе при изготовлении сборки. При разработке новых энкодеров была учтена необходимость их соответствия требованиям широкого круга применений, в частности по диапазону рабочих температур. У энкодеров ENX EASY минимальные рабочие температуры составляют $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ против -20 , $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ у энкодеров MR. Аналогично обстоит дело и с максимальной рабочей температурой: она

составляет $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$, в то время как для энкодеров MR это значение не превышало $+80\dots+85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для серии QUAD диапазон рабочих температур также расширился по сравнению со старыми моделями и составляет $-30\dots+100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Подробная техническая информация на энкодеры ENX, включая точностные характеристики, проведенные испытания и габаритные чертежи, приводится в документах Product information. Ознакомиться с ними можно в разделе On-line catalogue сайта maxon motor в секции Downloads для соответствующих моделей энкодеров.

Новая линейка продуктов maxon X Drive является не просто очередной позицией в каталоге, а значимым этапом в развитии компании, позволяющим не только улучшить технические характеристики продукции, но и максимально приблизить продукты и решения maxon motor к конечному потребителю.