



Электростартер современного легкового автомобиля: особенности конструкции, принцип действия, диагностика неисправностей, ремонт

Д. Соснин

В автомобильном электростартере нового поколения электродвигатель не имеет статорных обмоток возбуждения, которые заменены на постоянные магниты, а механический привод дооборудован понижающим планетарным редуктором, который установлен непосредственно в корпусе стартера. Это позволило сделать стартер высокооборотистым, легким, малых размеров и более эффективным в работе.

Стартерный электродвигатель

Классический* электростартер — это устройство, состоящее из электродвигателя (ЭДВ) постоянного тока с последовательной обмоткой возбуждения, который на время пуска двигателя внутреннего сгорания (ДВС) подключается к аккумуляторной батарее (АКБ) с помощью пускового тягового реле (ПТР). Это же реле посредством рычага с вилкой перемещает по оси стартера муфту свободного хода (МСХ) и тем самым механически сочленяет шестерню на валу стартерного электродвигателя непосредственно с венечной шестерней маховика ДВС.

Конструкция стартера, при которой вал электродвигателя соединяется прямо с маховиком ДВС, имеет ряд недостатков. Так, передаточное число главного редуктора, состоящего из венечной шестерни маховика и шестерни МСХ, не может быть достаточно высоким. Ограничения накладываются расчетным размером диаметра маховика, а также числом, размером и прочностью зубцов шестерни МСХ. В такой редукторной паре — соотношение зубцов не может быть более 16—18.

Это приводит к необходимости использовать в стартере такой электродвигатель, у которого обороты якоря «мягко» сочетаются

с механической нагрузкой на валу. К таким относятся электродвигатели с последовательной обмоткой возбуждения, обладающие мягкой механической характеристикой (рис. 1, а). Именно такие ЭДВ широко применяются в классических электростартерах.

Конструктивным недостатком ЭДВ с последовательным возбуждением является то, что в нем ток возбуждения, равный току якоря, делает обмотку возбуждения громоздкой, сильно нагревающейся, а магнитную систему статора недостаточно эффективной и с низким КПД. Даже при заданном ограничении на время работы, стартер получается тяжелым и больших размеров. Кроме того, ЭДВ с последовательным возбуждением в режиме холостого хода может пойти «вразнос».

От указанных недостатков свободны ЭДВ с независимым (от тока якоря) возбуждением.

Независимое возбуждение магнитного поля на статоре ЭДВ можно получить тремя способами:

обмоткой возбуждения, которая подключена к отдельному от якоря источнику электрической энергии (управляемое независимое возбуждение — рис. 1, б);

обмоткой возбуждения, подключенной параллельно якорю ЭДВ (параллельное возбуждение — рис. 1, в);

постоянными магнитами на статоре (возбуждение от постоянных магнитов относится к неуправляемому независимому возбуждению — рис. 1, д).

Электродвигатель с питанием обмотки возбуждения от независимого источника (рис. 1, б) в автомобильной системе электростартерного пуска не используется, так как на борту автомобиля один пусковой источник электрической энергии — аккумуляторная батарея.

Электродвигатели с чисто параллельным возбуждением (рис. 1, в) в автомобильных электростартерах неэффективны, так как напряжение АКБ при пуске ДВС в зимнее время (при температуре ниже — 20 °С) резко падает до 8—9 В. При этом намагничивающая сила параллельной обмотки возбуждения, а следовательно и крутящий момент стартера, значительно ослабевают, пуск ДВС становится невозможным. Кроме того, характеристика ЭДВ с параллельным возбуждением жесткая, что недопустимо при низком передаточном соотношении между оборотами стартерного ЭДВ и оборотами коленвала ДВС, так как это может привести к ударным перегрузкам и поломкам в зубцах механического привода.

Однако жесткость характеристики ЭДВ обеспечивает плавность хода стартера, а также ограниченность оборотов холостого хода, и поэтому параллельное возбуждение иногда вводится в ЭДВ классического электростартера дополнительно к последовательному (рис. 1, г). Такое возбуждение обеспечивает ЭДВ усредненную (умеренно жесткую) механическую характеристику и называется смешанным. Используется, например, в стартерах для автомобилей ВАЗ.

Исключительно удачным техническим решением для автомобильного электростартера является наличие в его конструкции электродвигателя с независимым возбуждением от постоянных магнитов (рис. 1, д) и дополнительного понижающего планетарного редуктора, установленного непосредственно внутри корпуса стартера между валом электродвигателя и осью, по которой перемещается муфта свободного хода (о планетарных редукторах см. ниже).

Такие стартеры имеют следующие преимущества.

* Широко распространенное, общеизвестное техническое устройство, послужившее основой для разработки изделия нового поколения, принято называть классическим



Во-первых, главное магнитное поле электродвигателя с постоянными магнитами на статоре не зависит ни от тока якоря, ни от падения напряжения АКБ при пуске ДВС.

Во-вторых, система постоянных магнитов на статоре электродвигателя делается многополюсной (не менее шести полюсов), что позволяет заметно уменьшить габариты магнитной системы (постоянные магниты значительно меньше электромагнитов), а следовательно и всего стартера в целом. КПД и обороты стартерного электродвигателя с многополюсным статором также выше.

В-третьих, сами постоянные магниты выполняются не из сплавов дорогостоящих металлов, а из спекаемых ферритовых порошков с большой коэрцитивной силой, что делает магниты легкими, прочными, технологичными и, как следствие, дешевыми.

В-четвертых, наличие дополнительного понижающего редуктора в электростартерной системе пуска позволяет оптимально согласовать жесткую механическую характеристику электродвигателя независимого возбуждения с минимальной пусковой частотой вращения коленвала ДВС при максимальной механической нагрузке стартера.

И наконец, в-пятых, стартерный ЭДВ с независимым возбуждением от постоянных магнитов и с дополнительным редуктором может работать в режиме повышенных оборотов при пуске холодного двигателя, потребляя при этом от АКБ меньший ток по сравнению с классическим стартером. КПД стартерного режима АКБ и надежность пуска ДВС увеличиваются.

Как и любая новая техника, электростартеры с планетарным редуктором и с возбуждением от постоянных магнитов на начальном этапе внедрения обладали некоторыми недостатками: они были значительно дороже классических за счет высокой стоимости постоянных магнитов и планетарного редуктора; в них быстрее изнашивались щетки из-за более высоких оборотов; их работа сопровождалась повышенным шумом.

Современная технология изготовления стартеров нового поколения исключает эти недостатки. Так, постоянные магниты, как уже отмечалось, стали ферритовыми. Главная шестерня планетарного редуктора изготавливается литьем под давлением из термореактивной пластмассы. Пластмассу армируют бронзой, что делает пла-

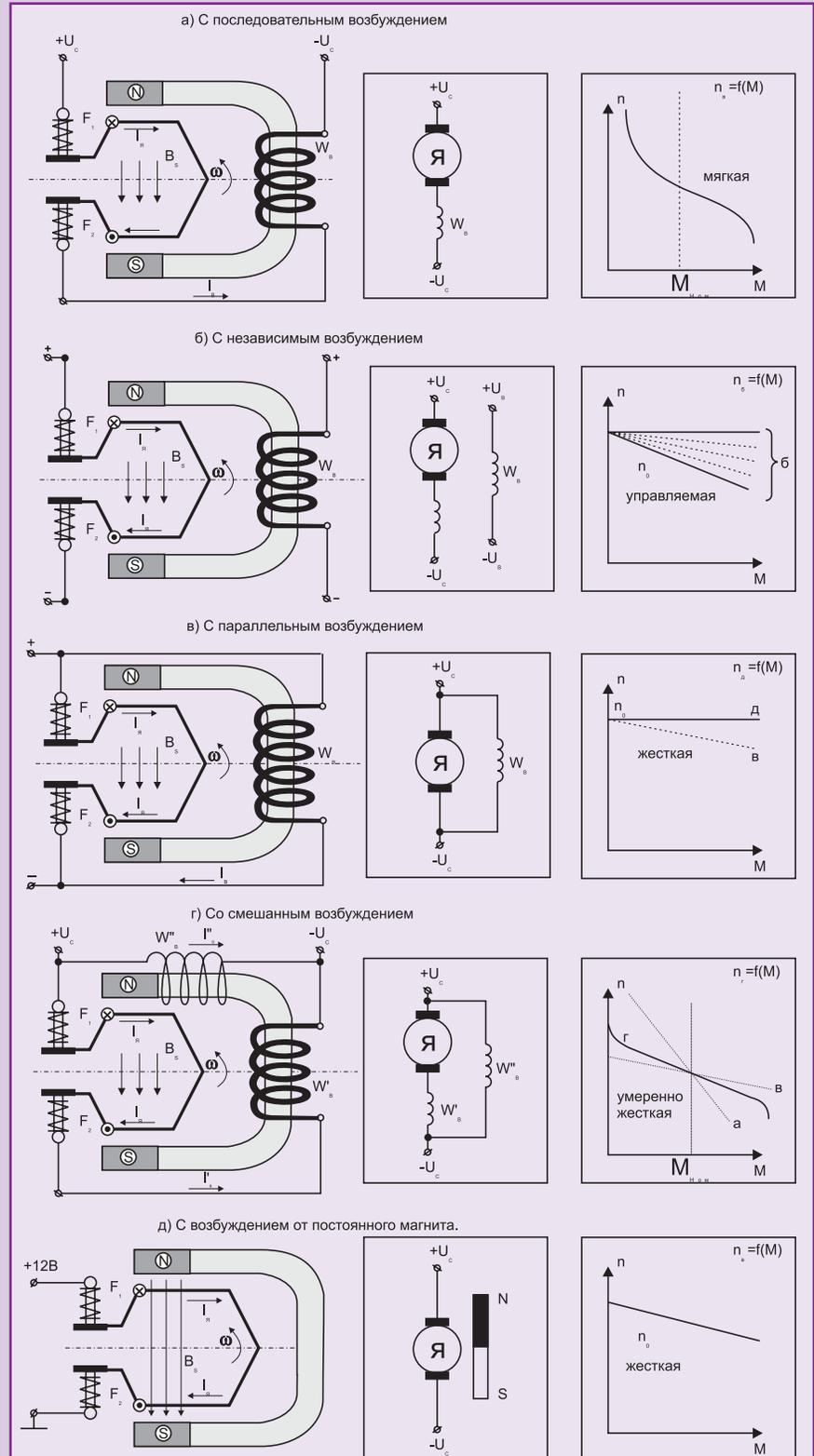


Рис. 1. Разновидности электродвигателей, различающиеся по способу возбуждения, и их механические характеристики

нетарную шестерню прочной, износостойкой, технологичной и дешевой. Остальные детали дополнительного редуктора обычного исполнения. Планетарный редуктор с

пластмассовой шестерней не шумит. Быстрый износ коллекторных щеток устранен применением в них более жесткого графита и удалением из него порошковой меди.



Последнее стало возможным за счет понижения величины якорного тока. Уменьшена сила прижатия щеток к коллектору.

Следует однако заметить, что стоимость стартера нового поколения пока еще несколько выше стоимости классического. Но если 15 лет назад разница в цене была около 150 %, то в последнее время она не превышает 50 %.

Устройство стартера

На рис. 2, а приведена конструкция стартера с постоянными магнитами на статоре ЭДВ и с дополнительным планетарным редуктором. Аналогичную конструкцию имеет стартер фирмы BOSCH типа DW:12/1.1 серии 0.001.108.009 (рис. 2, б), на примере которого рассмотрим особенности устройства электростартеров современных легковых автомобилей.

Любой автомобильный электростартер, как классический, так и современный, состоит из пяти основных функциональных узлов: якоря 24 — это вращающаяся часть ЭДВ стартера; статора 4, 25, 26 — неподвижная часть ЭДВ; коллекторно-щеточного механизма (КЩМ) 2, 27; пускового тягового электрореле (ПТР) 5...11 и передаточного механизма внутри стартера 14...22. С помощью двух стартерных крышек 1 и 15 и статорного яра 26, являющегося также корпусом стартера, функциональные узлы сочленяются в единую конструкцию пускового устройства — электростартер, который по отношению к ДВС является навесным агрегатом.

Назначение всех перечисленных функциональных узлов в классическом стартере общеизвестно и не требует пояснений. Современный электростартер по сравнению с классическим имеет два основных конструктивных отличия: статор не имеет обмоток возбуждения, так как оснащен постоянными магнитами 4, 25, а передаточный механизм, находящийся внутри стартера, дополнен планетарным редуктором 20...22.

Рассмотрим детально указанные отличия.

Статор

Замена статорных обмоток возбуждения постоянными магнитами помимо изменений электромагнитных параметров ЭДВ повлекла за собой принципиальные конструктивные изменения в устройстве статора и роторного узла.

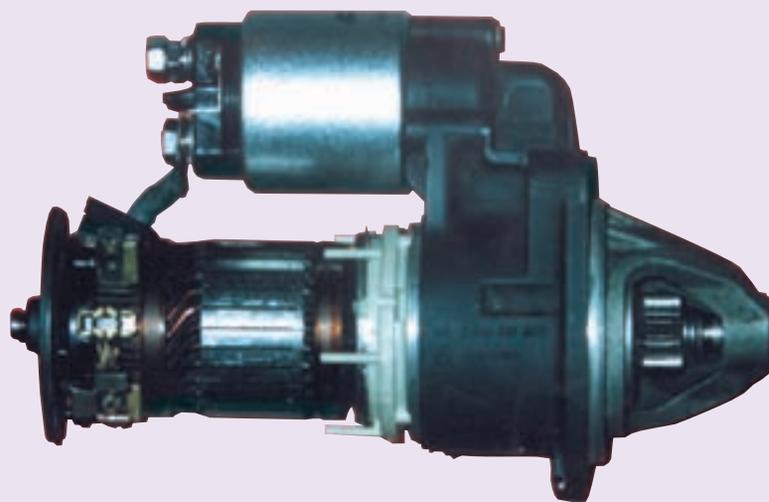
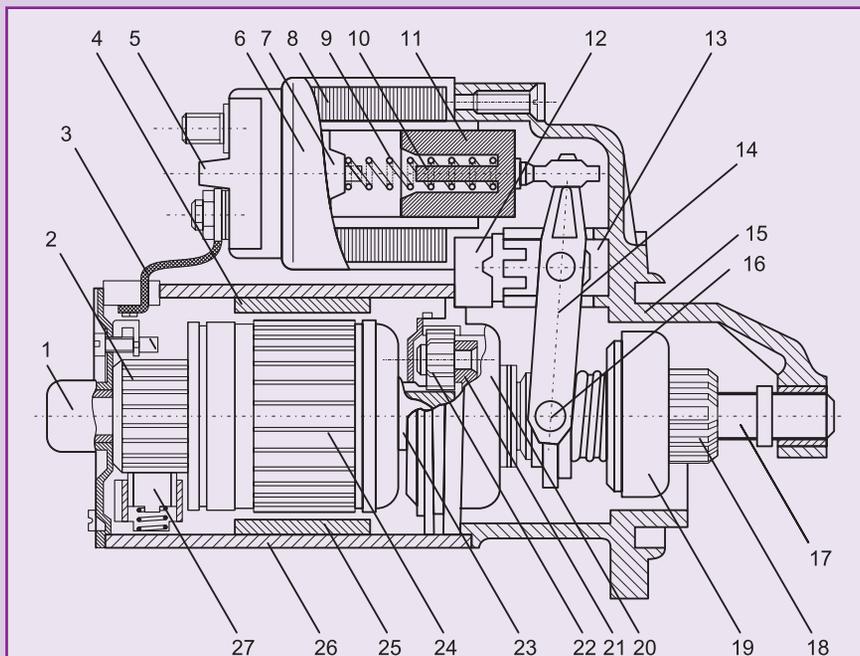


Рис. 2. Стартер с возбуждением от постоянных магнитов и с планетарным редуктором: а — конструкция стартера; б — внешний вид стартера BOSCH-DW:12/1.1 (статор снят); 1 — задняя (тыльная) крышка; 2 — ламельный коллектор; 3 — токовый провод; 4, 26 — постоянные ферритовые магниты; 5 — токовый контактор тягового реле; 6 — пусковое тяговое реле (ПТР); 7 — включатель ПТР; 8 — соленоид ПТР; 9 — возвратная пружина; 10 — толкатель включателя; 11 — тяговый керн ПТР; 12 — резиновая заглушка; 13 — втулка с осью для вилки МСХ; 14 — вилка муфты МСХ; 15 — передняя (лобная) крышка — станина стартера; 16 — шток поводковой муфты; 17 — вторичный (выходной) вал; 18 — шестерня МСХ; 19 — муфта свободного хода (МСХ); 20 — большая неподвижная шестерня планетарного редуктора; 21 — водило на торце вторичного вала; 22 — сателлитная шестерня; 23 — первичный вал (вал ЭДВ) с ведущей шестерней планетарного редуктора; 24 — якорь ЭДВ; 25 — ярмо (магнитопроводящее кольцо) статора; 26 — постоянный магнит; 27 — щетка КЩМ

На рис. 3 приведено схематическое изображение электрических и магнитных цепей статора с постоянными магнитами.

На рисунке обозначено: NS — северный (синий) и южный (красный) полюсы

постоянных магнитов статора; а, б, с, d — щетки КЩМ (желтый цвет), соединенные попарно (а+d — проводом В+, б+с — проводом В-); В — силовые линии (зеленый цвет) главного магнитного поля ЭДВ; (1—

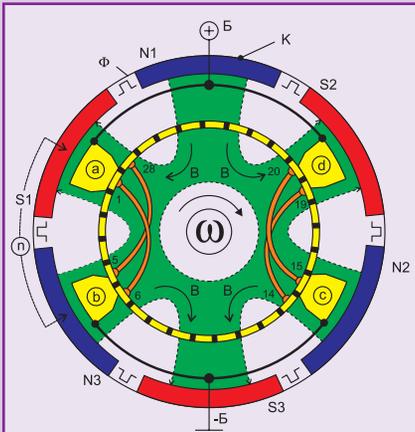


Рис. 3. Схема электрических и магнитных цепей стартера BOSCH-DW:12/1.1

6), (14—19), (15—20), (28—5) — номера токопроводящих стержней якорной обмотки (оранжевый цвет), подключенные к щеткам и находящиеся в магнитном поле; ω — вал якоря.

Массивная литая станина ярма статора заменена легким статорным цилиндром К, который свернут из листового железа (1,6 мм). Соединительный шов на поверхности цилиндра «зашит» фигурными замками, которые для надежности проварены точечной электросваркой. Защелки фигурных замков и все прочие крепежные элементы вырубается или продавливаются штамповкой еще до свертки листа в цилиндр. Отдельным штампом на обечайку наносится маркировка.

После свертки и сварки вовнутрь магнитного ярма статора устанавливаются постоянные магниты. Постоянные магниты из ферритов твердые, но хрупкие. Их крепление к ярму не может быть механически жестким (под болт), так как, находясь под затяжкой, ферриты даже при незначительных ударах могут растрескаться.

Проблема крепления и фиксации ферритовых магнитов решена с помощью шести пружинных фиксаторов Ф, вдвинутых между магнитами. Каждый фиксатор — это продольная упругая стальная пластина с П-образным профилем и с упорами с одной стороны. В собранном виде ферритовые магниты расперты упругими усилиями этих фиксаторов, за счет чего надежно прижаты к внутренней поверхности статорного цилиндра. Точная установка и фиксация собранной магнитной системы «по месту» обеспечивается защелками фиксаторов, которые представляют собой

окна в упругих пластинах, надвинутые при сборке на зубцовые вырезы в статорном цилиндре.

Ферритовые магниты установлены на статорном ярме с чередованием полярности, что образует шестиполюсный (N-S-N-S-N-S) статор современного стартерного электродвигателя (см. рис. 3).

Указанные конструктивные отличия обеспечивают статору малые габариты и вес, компактность, простоту в сборке и высокую эксплуатационную надежность.

Якорь

Якорь электродвигателя стартера BOSCH-DW: 12/1.1 является составной частью роторного узла (рис. 4). Якорь состоит из магнитопровода 4, рабочей якорной обмотки 3, ламельного коллектора 2 и вала вращения 1.

Магнитопровод собран из 64 магнитомягких пластин толщиной 0,46 мм, изолированных друг от друга лаком, спрессованных и склеенных в единое цельное тело. В магнитопровод запрессован вал 1 вращения, на одном конце которого нарезано 11 зубцов ведущей шестерни 8, а на другом установлен 28-ламельный коллектор 2. Магнитопровод якоря имеет 28 пазов 6, расположенных точно напротив ламелей.

В каждый паз магнитопровода вложено по два токопроводящих стержня рабочей обмотки, которые таким образом образуют двухстержневую (парную) полурамку. Каждый стержень — это половина U-образного витка, изогнутого по шаблону и вложенного в пазы якорного магнитопровода с лобной стороны в сторону коллектора. На ламелях концы U-образных витков попарно свариваются контактной электросваркой, при этом на якоре образуется 28 якорных рамок, соединенных последовательно и замкнутых в кольцо.

U-образные витки уложены в пазы за пять обходов по окружности якоря. На рис. 5 схематически показана последовательность подсоединения U-образных витков к коллекторным ламелям при первом (сплошные линии) и втором (штриховые) обходах окружности якоря. Из рисунка очевиден порядок сборки якорной обмотки: первая волна — задействованы

ламели 1-6-11-16-21-26-3; вторая волна — ламели 3-8-13-18-23-28-5; третья волна — ламели 5-10-15-20-25-2-7; четвертая волна — ламели 7-12-17-22-27-4-9; пятая волна — задействованы ламели 9-14-19-24-1. Ясно, что начало первого витка и конец последнего 28-го короткозамкнуты на одну (условно первую) ламель коллектора, так как они уложены в один (условно первый) паз якорного магнитопровода.

Таким образом из 28 U-образных токопроводящих круговых рамок складывается последовательная волновая короткозамкнутая пятиобходная якорная обмотка на якоре барабанного типа.

Следует заметить, что в данном случае число якорных рамок, равное 28, некратно числу статорных полюсов, которых шесть. Здесь важно другое: при любой конструкции барабанного якоря ширина каждой его токопроводящей рамки должна быть равна ширине полюсного деления на статоре (полюсное деление p — расстояние между центрами соседних разноименных магнитных полюсов, см. рис. 3). Этим обеспечивается наибольшее потягосцепление между магнитным полем статора и витками якорной обмотки, чем в свою очередь достигается максимальный КПД электродвигателя.

В конструкции стартера BOSCH-DW:12/1.1 сказанное достигается охватом одной токопроводящей рамкой сразу



Рис. 4. Роторный узел стартера BOSCH-DW:12/1.1. 1 — первичный вал (вал ЭДВ); 2 — ламельный коллектор; 3 — якорная обмотка; 4 — магнитопровод якоря; 5 — продольная балансировочная выборка; 6 — паз якорного магнитопровода; 7 — фиксатор планетарной шестерни; 8 — ведущая шестерня планетарного редуктора (на валу ЭДВ); 9 — неподвижная планетарная шестерня; 10 — поводковая муфта; 11 — муфта свободного хода (MCX); 12 — шестерня MCX; 13 — проточка под запорное пружинное кольцо; 14 — крышка запорного пружинного кольца; 15 — запорное пружинное кольцо; 16 — вторичный (выходной) вал стартера



четырёх якорных полюсов. Так как четыре якорных полюса по ширине совпадают с шириной одного полюса на статоре, то потокосцепление полное.

Еще одной особенностью конструкции якоря является то, что четыре несимметрично расположенных щетки КЩМ делят обмотку якоря на четыре ветви, не равных по числу витков. При этом электрическая схема включения ветвей получается такой, как показано на рис. 3.

Из рисунка видно, что рабочий ток якоря протекает по ветвям а b и с d, в каждой из которых по четыре витка. Таким образом, во время работы ЭДВ под рабочим током якоря находится только 8 стержней из 56 или 4 рамки из 28. Остальные рамки в формировании крутящего момента ЭДВ участия не принимают до тех пор, пока при повороте якоря их положение не станет рабочим.

Для каждого рабочего положения рамок создается момент вращения ЭДВ стартера: $M_{\text{ст}} = 8FR$, где 8 — число стержней, включенных в работу; F — сила электромагнитного взаимодействия электрического тока якоря и магнитного поля статора; R — средний радиус якорной рамки.

Во время работы ЭДВ происходит переключение витков якорной обмотки с помощью КЩМ.

Щетки относительно магнитной системы статора и внешней электрической цепи всегда неподвижны. Это обеспечивает постоянство крутящего момента ЭДВ как по направлению, так и по величине. Максимальный крутящий момент ЭДВ в заторможенном стартере BOSCH-DW:12/1.1 около 15 Нм.

Еще одной интересной особенностью описываемого стартерного ЭДВ является

наличие на его статоре «неработающих» постоянных магнитов. Действительно, как следует из положения якоря, показанного на рис. 3 под полюсами N1 и S3, витки якорной обмотки в секциях (28...20) и (14...6) короткозамкнуты соединительными проводами B+ и B- между щетками ad и cb. Ясно, что закороченные секции якорной обмотки нерабочие. Казалось бы, можно допустить, что и полюса N1 и S3 нерабочие. Однако магнитная система статора рассчитана и сконструирована таким образом, что эти полюса выполняют три рабочие функции: обеспечивают равномерное распределение главного магнитного поля по всему круговому периметру воздушного зазора между статорными магнитами и магнитопроводом якоря; оптимизируют положение физической нейтрали магнитного поля якоря относительно щеток КЩМ и, таким образом, являются компенсационными (дополнительными) полюсами; уменьшают противоэлектродвижущую силу на щетках, улучшая коммутацию. В этой связи сами щетки несколько развернуты (на угол 12°) относительно геометрической нейтрали статорных полюсов в сторону против вращения якоря.

И последнее. Якорь современного электростартера обязательно точно балансируется. Эта технологическая операция стала необходимой, так как электродвигатель стартеров нового поколения высокооборотистый. Балансировку реализуют проточкой якоря после того, как он окончательно собран и залит эпоксидным компаундом. Точная доводка балансировки осуществляется с помощью продольных выборок на полюсах якорного магнитопровода (см. рис. 4). Выборки прорезаются алмазным кругом.

Планетарный редуктор

Уже отмечалось, что основной отличительной чертой передаточного механизма стартеров нового поколения является наличие в нем понижающего планетарного редуктора (рис. 6).

Планетарный — это такой ре-

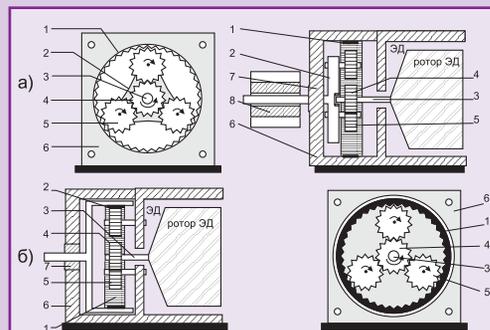


Рис. 6. Планетарный редуктор:
а — с вращающейся планетарной шестерней и с сателлитами на корпусе;
б — с неподвижной планетарной шестерней и с сателлитами на вращающемся водиле; 1 — планетарная шестерня; 2 — водило; 3 — ось якоря ЭДВ; 4 — шестерня на валу ЭДВ; 5 — сателлитная шестерня; 6 — корпус редуктора; 7 — подшипник; 8 — муфта свободного хода

дуктор, у которого большая шестерня 1 имеет зубцы с внутренним зацеплением и сочленена с малой ведущей шестерней 4 наружного зацепления через несколько сателлитных шестерен 5. При этом и ведущая, и ведомая шестерни соосны, а сателлиты находятся между ними и внутри большой (планетарной) шестерни. Оси сателлитных шестерен могут быть установлены как на корпусе первичного приводного устройства (рис. 6, а), так и непосредственно на торцевом водиле вторичного (выходного) вала редуктора (рис. 6, б). В первом случае большая планетарная шестерня вращается и сама является водилом выходного вала; во втором — она неподвижна, так как жестко закреплена в корпусе 6 редуктора. Во втором случае сателлиты, установленные на водиле 2 и сочлененные с шестерней 4 первичного вала, оббегают внутренние зубья неподвижной планетарной шестерни 1 и тем самым приводят водило 2 во вращение.

В автомобильных электростартерах более широкое распространение получил планетарный редуктор второго типа.

На рис. 7 показан внешний вид передаточного механизма стартера BOSCH-DW:12/1.1, в состав которого входит планетарный редуктор. Для удобства восприятия передаточный механизм, показанный на фото, частично разобран: планетарная шестерня снята с сателлитов 2, а муфта свободного хода 8 — сдвинута с направляющих пазов 6 выходного вала 10 стартера.



1-й обход: 1-6-11-16-21-26-3 (Выводы на 1 и 3)
2-й обход: 3-8-13-18-23-28-5 (Выводы на 3 и 5)
5-й обход: 9-14-19-24-1 (Выводы на 9 и 1)

Рис. 5. Последовательность подсоединения витков якорной обмотки к ламелям коллектора (стартер BOSCH-DW:12/1.1): 1...28 — номера ламелей (коллектор развернут); желтый цвет — щетки КЩМ в положении якоря на рис. 3; красный и синий цвет — зоны действия южного и северного полюсов статорных магнитов; «•» — стержни якорных витков



Как и любой другой, планетарный редуктор состоит из двух основных шестерен (рис. 4): ведущей 11-зубцовой шестерни 8 на валу 1 ЭДВ и большой планетарной шестерни 9, изготовленной из пластмассы. Последняя, имеющая 37 зубцов внутреннего зацепления, неподвижно установлена в корпусе стартера с помощью фиксирующих шпилек 7. Внутренние детали планетарного редуктора показаны на рис. 7: водило 3 установлено на торце выходного вала 10, оно одновременно является установочной площадкой для осей 1 вращения трех сателлитов. Сателлитные 13-зубцовые шестерни 2 (сателлиты) планетарного редуктора, их три, упираясь в неподвижную планетарную шестерню, передают вращение вала ЭДВ на водило. Оси 1 после установки на них сателлитовых шестерен 2 запрессованы в тело водила 3 и, таким образом, сателлиты с осей несъемные.

При сборке, когда узел 7, 8, 9 муфты свободного хода 19 снят с вала 10, пластмассовая планетарная шестерня надвигается на посадочное место 4 выходного вала стартера (до упора в торец водила). В пластмассу планетарной шестерни залита бронзовая втулка, которая для вторичного вала является опорным подшипником. Вторым опорным подшипником для вала с водилом является бронзовая втулка, запрессованная в лобную крышку стартера. Планетарная шестерня фиксируется на валу для предотвращения обратного продольного смещения с помощью плоской пружинной защелки, под которую подкладывается дистанционная шайба. Планетарная шестерня накрывает сателлиты, которые при этом входят в зацепление с ее внутренними зубцами.

При окончательной сборке стартера шестерня вала ЭДВ вдвигается своими зубцами между тремя сателлитами, а подшипниковый торец вала ЭДВ входит в бронзовую втулку, запрессованную в водило. Эта втулка является передним подшипником скольжения для якоря ЭДВ. Задним подшипником служит бронзовая втулка, запрессованная в тыльную крышку стартера.

Все три подшипника скольжения (бронзовые втулки) являются съемными и при ремонте стартера могут быть заменены на новые.

В некоторых автомобильных электро-

стартерах встроенный понижающий редуктор может быть не планетарным, а простым рядным, имеющим обычное внешнее или внутреннее зацепление двух шестерен.

Из отечественных автомобилей таким стартером впервые был оснащен правительственный автомобиль ЗИЛ-110.

Однако планетарный редуктор, который иногда называют редуктором Джемса, имеет преимущества перед всеми известными конструкциями: он малогабаритен; компактен; обладает равномерным распределением нагрузки по зубцам, а значит более надежен в работе; имеет одно направление вращения входного и выходного валов; обеспечивает повышенное передаточное число n при относительно малых размерах ($n=1+W_2/W_1$); планетарный редуктор с пластмассовой шестерней не требует смазки, что особенно важно при работе в приводном механизме автомобильного электростартера.

Благодаря применению стартера с планетарным редуктором передаточное число между оборотами коленвала ДВС и якорем стартерного электродвигателя может быть увеличено до 80 (вместо 16 при классическом исполнении стартера).

Диагностика неисправностей

Из общеизвестных неисправностей к стартеру с постоянными магнитами и планетарным редуктором относятся: износ коллекторных ламелей и щеток, износ бронзовых подшипников скольжения, выход из строя муфты свободного хода, окисление силовых проводов стартера, эрозия токовых контактов пускового тягового реле и ослабление крепления стартера к двигателю. Проявление этих неисправностей такое же, как и на обычном стартере.

Специфическими неисправностями данного стартера является нарушение целостности пластмассовой шестерни планетарного редуктора и очень редко раскол ферритовых магнитов, расположенных внутри статорного цилиндра.

За исключением якоря, тягового реле и муфты свободного хода, все узлы электростартеров фирмы BOSCH разборны. Это позволяет проводить качественный ремонт

электростартеров, если нет проблем с запчастями.

Целостность пластмассовой шестерни чаще всего нарушается зимой. С понижением температуры сопротивление прокручиванию вала ДВС резко возрастает. При этом возрастает нагрузка на зубцы планетарной шестерни, а также на всю шестерню в целом. Как следствие, пластмассовое тело планетарной шестерни может быть расперто изнутри металлическими сателлитами, что приводит к появлению трещин в теле шестерни и к сколу зубьев.

В таком состоянии стартер может продолжать работать некоторое время за счет упругости пластмассы или за счет попадания сателлитов на уцелевшие зубцы планетарной шестерни. При очередной попытке запустить ДВС эта неисправность проявляется в виде прокручивания электродвигателя стартера «вхолостую», аналогично тому, как это бывает при выходе из строя муфты свободного хода. Включая и выключая электростартер ключом зажигания, можно случайно запустить ДВС, но разрушение планетарной шестерни при этом только прогрессирует и стартер окончательно выходит из строя.

Итак, если стартер при запуске ДВС начинает работать с прокручиванием — это достоверный признак того, что либо МСХ, либо ее привод, либо планетарная шестерня пришли в негодность. Признаком раскола и высыпания статорных ферритовых магнитов является прекращение вращения стартера или вращение рывками. Однако надо помнить, что якорь стар-



Рис. 7. Приводной механизм стартера BOSCH-DW:12/1.1: 1 — ось сателлита; 2 — сателлит планетарного редуктора; 3 — водило на торце вторичного вала; 4 — посадочное место для планетарной шестерни (шестерня снята); 5 — проточка под пружинную защелку; 6 — направляющие спиральные пазы для МСХ; 7 — поводковая муфта; 8 — муфта свободного хода (МСХ); 9 — шестерня МСХ; 10 — вторичный (выходной) вал стартера



тера не будет вращаться и при выходе из строя контактора в пусковом тяговом реле.

Ясно, что для устранения перечисленных неисправностей стартер необходимо снять с автомобиля и разобрать.

Ремонт

Рассмотрим особенности ремонта стартера BOSCH-DW:12/1.1, который устанавливался на автомобилях АУДИ-100-5 (модели до 1991 г.).

Перед снятием стартера надо повторно убедиться в том, что он надежно закреплен. После недавно проводившегося ремонта стартера бывает так, что исправный стартер прокручивается вхолостую, так как он не дотянут до посадочного места. В таком случае необходимо затянуть крепежные болты и вновь проверить стартер.

Стартер крепится к ДВС двумя болтами с головками под ключ 19. Верхний болт со стороны коробки переключения передач завернут в резьбу в крепежной проушине стартера, а нижний через нижнюю проушину без резьбы затягивается гайкой на 19 со стороны моторного отсека.

Перед снятием стартера с его токовой клеммы необходимо отсоединить силовые провода, привернутые к клемме гайкой на 13, а также отсоединить провода управления. Снятый стартер перед разборкой необходимо промыть соляной кислотой или керосином, просушить воздухом или протереть ветошью.

Разбирать стартер следует в следующем порядке (см. рис. 2).

Снимите пусковое тяговое реле (ПТР) 6, для чего отверните три крепежных болта «строгой» отверткой (болты крепко посажены, и можно легко повредить шлицы). Затем выньте тяговой керн 11 с возвратной пружиной 9 из соленоида 8, освободив керн от зацепления с рычагом вилки 14.

Отверните два длинных болта, стягивающих корпус стартера, выньте их и разделите стартер на две части: лобную (переднюю) с механизмом привода и заднюю (тыльную) с якорем и КЩМ стартерного электродвигателя.

С помощью затупленной отвертки извлеките резиновую заглушку 12, которая удерживает в крышке пластмассовую втулку 13 с рычагом вилки 14, строньте

втулку с места и выньте передаточный механизм из лобной крышки 15 вместе с муфтой свободного хода 19 и с ее вилкой.

Снимите вилку 14 со штока 16 поводковой муфты, для чего слегка разведите один конец вилки (вилка изготовлена из эластичной пластмассы).

Разберите и снимите запорное устройство 14, 15 (см. рис. 4) с вала. Разобрать запорное устройство можно без специального инструмента. Для этого прочную отвертку с тонким и узким (1,5 мм) жалом надо вставить в проточку 13 на валу в том месте, где запорная пружина 15 разомкнута. Затем, упершись жалом отвертки в проточку, сдвиньте крышку 14 с пружины до положения, при котором хотя бы один ее конец выйдет из-под крышки. (Сразу всю крышку сдвинуть с пружины невозможно.)

Резко, но несильно ударьте молотком через металлическую прокладку (лучше через трубку, надетую на вал) по выступающему вверх торцу защитной крышки, при этом она сойдет с запорной пружины. Снимите запорную пружину, а также крышку с вала и стащите с него муфту свободного хода.

Снимите пластмассовую планетарную шестерню, для чего вытолкните из проточки 5 (см. рис. 7) плоскую фигурную защелку. Планетарную шестерню тщательно осмотрите и убедитесь в ее целостности и целостности ее зубцов. Если на шестерне имеются даже незначительные трещины или зубцы частично истерты, шестерню необходимо заменить.

Теперь разберите электродвигатель стартера.

Снимите защитную планшайбу с приводной шестерни электродвигателя.

Вытолкните якорный узел из корпуса статора, нажимая большим пальцем одной руки на ось ЭДВ и удерживая другой рукой корпус. При этом постоянные магниты статора будут препятствовать вытаскиванию, втягивая якорный узел обратно. Не допускайте обратного удара якорем по магнитам статора. Может иметь место раскол ферритов.

Внимательно осмотрите статорный цилиндр, внутри которого с помощью распорных плоских и длинных пружинных защелок Ф (см. рис. 3) установлены и жестко зафиксированы шесть постоянных магнитов. Вынимать ферритовые магниты из

статорного цилиндра без надобности не следует, так как их обратная установка — достаточно сложная процедура.

Если при осмотре статора обнаружится, что один или два ферритовых магнита имеют трещины, но при этом жестко сидят на своих местах, заменять их не следует, так как магниты сохраняют свою работоспособность и в таком состоянии. В этом случае ферритовые магниты следует пропитать клеем БФ.

Если ферриты расколоты настолько, что высыпаются из креплений, то все шесть ферритовых магнитов необходимо вынуть из статорного цилиндра, предварительно пометив их расположение и полярность краской. Рассыпавшиеся ферриты необходимо заменить целыми, взятыми от другого такого же стартера. Если такой возможности нет, можно попытаться склеить расколотый феррит эпоксидным клеем.

Обратная установка ферритовых магнитов в статорный цилиндр требует особой осторожности. Нельзя допускать путаницы с полярностью и расположением магнитов. Если один или несколько магнитов заменены новыми, то их полярность при установке должна соответствовать полярности системы. Магниты устанавливают в статорный цилиндр с чередованием полюсов, при этом образуется круговой шестиполюсный постоянный магнит N-S-N-S-N-S. Некоторые фирмы, изготавливающие ферритовые магниты для электростартеров, помечают полярность краской или знаками (+), (-), обычно синий цвет и (+) — это северный полюс. Если меток на ферритовом магните нет, то его полярность можно определить по притягиванию разноименных полюсов N-S.

Установка ферритов — достаточно сложная процедура. В заводских условиях ферритовые магниты предварительно подсобираются в специальной разборной оправке, которая затем вместе с магнитами вставляется в статорный цилиндр. При ремонтной сборке «вручную» последовательность действий может быть следующей: между магнитами поочередно вдвигаются распорные пружины. При этом каждая пружина защелкивается на фиксирующем выступе внутренней поверхности статорного цилиндра.

Если среди шести устанавливаемых ферритов есть склеенные, их должно быть не более двух. Устанавливать склеенные



магниты лучше в позициях дополнительных полюсов (N1 и S3 на рис. 3).

Последний пружинный фиксатор следует вставлять на место с особой осторожностью, т.к. при большом усилии его можно согнуть, а деформированный фиксатор к дальнейшему использованию не пригоден.

После фиксации последней пружины качество сборки проверяется осмотром.

Теперь о ремонте якорного узла.

Ремонтные операции на якоре традиционные. Если имеется заметный износ коллекторных ламелей, то коллектор необходимо проточить на токарном станке. Здесь надо иметь в виду, что толщина новой медной ламельной пластины 1,2 мм. Обтачивать коллектор можно на глубину не более 0,3 мм. После проточки коллектор необходимо отполировать тонкой шкуркой, промыть и тщательно продуть воздухом.

При выработке подшипниковых торцов якорного вала их можно обработать на токарном станке, но не резцом, а вращающимся шлифовальным камнем. В таком случае втулки подшипников скольжения необходимо изготовить из бронзы или латуни под новые размеры торцов вала. Отверстия втулок после сверления необходимо пройти разверткой.

Однако чаще достаточно заменить втулки без обработки вала. Втулки поставляются в продажу как запчасти. Две подшипниковые втулки в крышках стартера легко выпрессовываются из своих посадочных мест. Втулка, запрессованная в торец валика, может быть извлечена резьбовой вверткой или сточена на токарном станке. После установки новых втулок необходимо убедиться, что они не проворачиваются, в противном случае их необходимо посадить на эпоксидный клей и «подкернить».

Щетки КЩМ, как правило, требуют замены. Щеточный узел лучше приобрести новый, так как его качественный ремонт связан с необходимостью проведения точечных электросварочных работ. Однако в крайнем случае провода щеток можно припаять к тоководам с помощью мощного электропаяльника. Щетки можно взять от отечественных электростартеров, подогнав их по форме надфилем, а по размеру — нождачной бумагой на притирочной плите.

Муфта свободного хода (МСХ) — де-

Таблица

№ п/п	Параметры	BOSCH-DW:12/1.1	BOSCH-EF:12/0.95
1	Допустимое изменение рабочего напряжения, В	8...15	8...15
2	Мощность Pс номинальная, кВт	1,1	0,95
3	Ток потребления на холостом ходу, не более, А	70	50
4	Частота вращения якоря на холостом ходу, об/мин	2800	7200
5	Ток потребления при заторможенном якоре, А	450...550	500...600
6	Напряжение на клеммах заторможенного стартера, В	3,2	7,5
7	Крутящий момент на заторможенном якоре (тормозной момент Мст), Н.м	12	13,2
8	Минимальное напряжение срабатывания тягового реле, В	8	8
9	Максимальный КПД	0,72	0,58
10	Передачное число ЭДВ/ДВС для различных моделей ДВС	69; 74; 78	16; 17; 18
11	Вес стартера в сборе, кг	3,5	3,9
12	Вес стартерного электродвигателя, кг	1,6	2,2
13	Приведенный вес стартера, кг/кВт	3,18	4,1
14	Приведенный вес стартерного электродвигателя, кг/кВт	1,45	2,0

Параметры 3, 4, 5, 6, 7 определяются при температуре T=18...20 °C и соответствуют ЭДС=12,5 В полностью заряженной аккумуляторной батареи емкостью не менее 120 А.ч.

таль, которая при выходе из строя ремонту не подлежит. Если она неисправна, ее необходимо заменить. Проверить работоспособность МСХ можно так: зажмите МСХ в тисках через медные или алюминиевые прокладки за зубцы шестерни и попытайтесь вручную через наждачную бумагу повернуть муфту в обратном направлении. Если муфта исправна, то повернуть ее не удастся.

Токовый медный жгут 3 (рис. 2) стартера изготовлен из очень тонких проволочек. Окисляясь, они рвутся внутри жгута, и весь электропровод может выйти из строя. Новый жгут можно изготовить из оголенных медных проводов и пропаять по месту вместо старого.

Уже отмечалось, что пусковое тяговое реле (ПТР) неразборное. Однако если обмотки соленоида 8 не нарушены, а при срабатывании тягового реле 6 электрическое соединение в токовом контакторе 5 отсутствует, такую неисправность можно устранить, развернув на 180° токовые клеммы контактора. Для этого с клемм отворачивают гайки и фиксирующие шайбы, тогда клеммы можно будет протолкнуть вовнутрь и развернуть.

После завершения ремонтных работ на отдельных узлах, стартер надо собрать в обратной последовательности по отношению к разборке.

Стартер, отремонтированный с соблюдением описанной технологии, может надежно работать не менее 80...100 тыс. км пробега.

В заключение приведены основные параметры стартера BOSCH-DW:12/1.1 в сравнении с параметрами классического стартера BOSCH-EF:12/0.95 (см. таблицу).

И последнее. Электростартер входит составной частью в систему пуска автомобильного двигателя внутреннего сгорания, которая включает в себя также аккумуляторную батарею и стартерные электроцепи (рис. 8).



Рис. 8. Блок-схема системы пуска ДВС: АКБ — аккумуляторная батарея; ВЗ — ключ зажигания; РС — реле стартера; ТР — тяговое реле; ЭДВ — электродвигатель стартера; P1 — планетарный редуктор; P2 — основной понижающий редуктор; МСХ — муфта свободного хода; ДВС — двигатель внутреннего сгорания

Надежность работы системы пуска во многом определяет эксплуатационную надежность автомобиля в целом. Система пуска, оборудованная вышеописанным электростартером нового поколения и современной необслуживаемой аккумуляторной батареей (статья о необслуживаемой АКБ будет опубликована в следующем номере журнала), делает современный легковой автомобиль комфортабельным и безотказным при запуске ДВС.

