



Автомобильный электробензонасос: устройство, принцип действия и ремонт

Д. Соснин

Настоящей статьей открывается рубрика «Ремонт и сервис современного автомобильного оборудования». В ней будут публиковаться материалы по ремонту и сервисному обслуживанию классического электрооборудования, автомобильной электроники, а также по устройству, принципу действия и ремонту новейших автотронных устройств, таких как системы впрыска топлива, антиблокировки тормозов, цифрового зажигания, комфортные и противодугоновые системы и т. п.

Приглашаем к сотрудничеству всех заинтересованных лиц, имеющих информацию по указанным темам и желающих поделиться ею на страницах журнала.

Любая система впрыска топлива, которая устанавливается на современном автомобильном двигателе внутреннего сгорания, снабжена бензонасосом с приводом от электродвигателя (ЭДВ) постоянного тока. Электробензонасос может быть расположен либо вне бензобака, но рядом с ним под днищем кузова, либо непосредственно в бензобаке, где, в таком случае, он будет погружен в бензин.

В качестве примера рассмотрим устройство и принцип действия погружного электробензонасоса серии 0580254 фирмы BOSCH, который используется во всех модификациях системы впрыска топлива «K-Jetronic».

На рис. 1 приведено схематическое изображение конструкции электробензонасоса. Его приводной частью является ЭДВ постоянного тока с двумя постоянными магнитами 6, расположенными на статоре, и с двенадцатисекционной рабочей обмоткой,

намотанной на 12-пазном якоре 8. Якорь барабанного типа. Якорная обмотка петлевая, короткозамкнутая, по отношению к внешней электрической цепи, — разделена щетками на две параллельные ветви. Всего в обмотке 288 витков медного провода диаметром 0.6 мм, по 24 вит-

ка в каждой секции. Два статорных магнита создают постоянное магнитное поле B' с полюсами N и S, которое пронизывает магнитные массы и витки якоря ЭДВ. Коллектор 4 имеет 12 ламелей, которые попарно соединены с бортовой электрической сетью напряжением

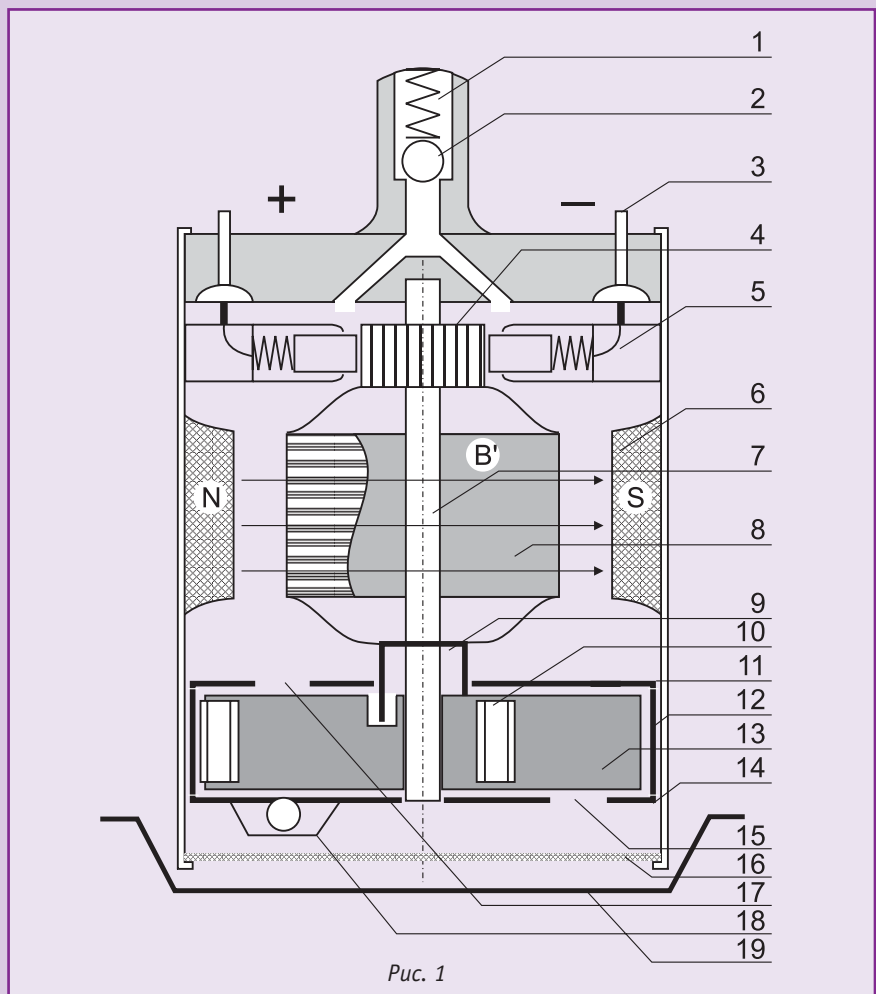


Рис. 1

Рис. 1. Электробензонасос: 1 — выходной штуцер; 2 — обратный клапан; 3 — электроклемма; 4 — коллектор; 5 — щеткодержатель с пружиной и щеткой; 6 — статорный постоянный магнит; 7 — неподвижная ось для якоря ЭДВ и для ротора насоса; 8 — якорь ЭДВ; 9 — сценная вилочка; 10 — центробежный ролик; 11 — крышка нагнетателя с выпускной щелью; 12 — статор нагнетателя с эксцентрической цилиндрической полостью; 13 — ротор нагнетателя с пятью центробежными роликами; 14 — донце нагнетателя с входной щелью; 15 — входная щель; 16 — сетка фильтра грубой очистки топлива; 17 — выпускная щель; 18 — клапан сброса; 19 — выемка в днище бензобака.



12 В посредством подпружиненных щеток 5 и двух внешних электроклемм 3. Щетки к клеммам подсоединены многожильным гибким медным проводом. Клеммы выведены за пределы корпуса бензонасоса (обозначены соответственно «+» и «-») и имеют герметическое уплотнение.

Электробензонасос устанавливается на переходную площадку, посредством которой он крепится к бензобаку. При этом приемный торец электробензонасоса с сетчатым фильтром 16 грубой очистки топлива опускается точно в выемку 19 днища бензобака. Рабочее положение электробензонасоса БОШ-0580254 вертикальное.

Электродвигатель рассчитан на рабочее напряжение 12 В и в нагруженном режиме потребляет ток до 6 А. Мощность электродвигателя примерно 80 Вт.

Принцип действия ЭДВ можно объяснить с помощью рис. 2.

На клеммы +М и -М подается напряжение 12 В от бортовой сети автомобиля через схему управления электробензонасосом. Эта схема включает ЭДВ бензонасоса в момент пуска двигателя внутреннего сгорания (ДВС) на 3...5 с, а во время работы ДВС удерживает его постоянно включенным. Если ДВС заглохнет при включенном зажигании, схема управления отключает электробензонасос от бортовой сети до следующего пуска ДВС.

Под действием бортового напряжения 12 В по виткам рамки R якоря ЭДВ начинает протекать пусковой ток $I_{\text{я}}$. Этот ток, согласно закону Ома равен $U_{\text{с}}/R_{\text{я}}$ (где $U_{\text{с}}$ — напряжение бортовой сети, $R_{\text{я}}$ — омическое сопротивление обмотки якоря), вступает в электромагнитное взаимодействие с магнитным полем B' постоянного магнита статора. Как следствие, на рамку R начинают действовать две механические силы F_1 и F_2 , каждая из которых согласно закону электромагнитной индукции определяется по формуле:

$$F = B l I \cos \alpha,$$

где l — суммарная активная длина витков рамки R; B — индукция магнитного поля; α — угол поворота рамки R относительно направления поля B' . Направление действия силы F легко определяется по правилу левой руки.

Силы F_1 и F_2 , приложенные в противоположных направлениях к оси вращения якоря, образуют вращающий момент $M_{\text{я}}$, который посредством сцепной вилочки (рис. 1, 9) передается ротору шибера бензонасоса. Момент определяется по формуле: $M_{\text{я}} = (F_1 + F_2) r$, где r — приведенный радиус якоря.

Следует заметить, что сцепная вилочка выполнена из жесткой, но ломкой пластмассы и при заклинивании ротора бензонасоса (например, при замерзании зимой случайно попавшей в бензобак влаги) должна сламываться, предотвращая тем самым короткое замыкание ЭДВ насоса.

После пуска электродвигателя ток якоря $I_{\text{я}}$ значительно уменьшается ($I'_{\text{я}} \approx 3I_{\text{я}}$). Это явление имеет место потому, что, во-первых, якорь сам становится вращающимся постоянным магнитом и силой этого магнита ослабляет магнитное поле B' статора электродвигателя (реакция якоря), во-вторых, ток $I_{\text{я}}$ при работе электродвигателя ослабляется противоэлектродвижущей силой и постоянно переключается по виткам якоря коллекторно-щеточным механизмом (КЩМ), за счет чего его среднее значение становится меньше тока заторможенного якоря.

Частота вращения якоря ЭДВ, а следовательно, и ротора насоса, не регулируется, так как зависит только от приложенного к клеммам ЭДВ напряжения и в незначительной степени от механической нагрузки на ось.

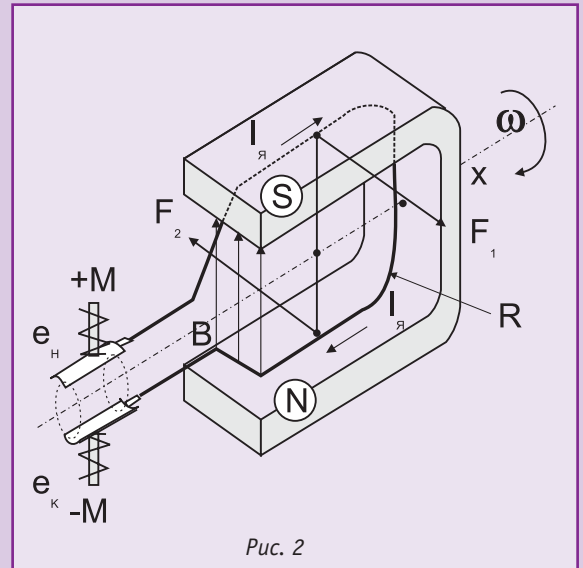


Рис. 2

Новый электробензонасос БОШ - 0580254 при напряжении 12 В может развивать давление на заглушенном выходном штуцере (рис. 1, 1) до 7,8 бар. Клапан сброса (рис. 1, 18) отторирован на 6,8 бар. При этом электродвигатель насоса вращается с частотой до 100 об/с. Производительность насоса около 1,8 дм³/мин, что значительно выше потребления топлива в форсированном режиме.

Для поддержания требуемого давления в системе и для сброса излишнего бензина обратно в бензобак все системы питания современных ДВС оборудованы обратным бензопроводом и регулятором давления в рабочей топливной магистрали, благодаря чему давление, развиваемое бензонасосом, поддерживается постоянным (для БОШ-0580254 около 6 бар).

Бензоподающим устройством электробензонасоса является шибера гидронагнетатель (рис. 1, 10—18), который работает по принципу проталкивания отдельных порций бензина центробежными роликами через эксцентрическую насосную полость.

Основные составные части шибера бензонасоса (рис. 3) следующие: ротор R с роликами P, статор C с эксцентрической насосной полостью S, донце A с впускной щелью L и крышка B с выпускным отверстием M.



В собранном виде центробежный насос представляет собой трехслойный пакет, в средней части которого между крышкой В и донцем А образована главная насосная полость S, эксцентрично сдвинутая относительно центра вращения ротора R, в которой и вращается ротор R с роликами Р.

Работает центробежный гидронагнетатель следующим образом. Ротор нагнетателя приводится во вращение вышеописанным способом. Под действием центробежных сил все ролики нагнетателя плотно прижимаются к стенке эксцентрической статорной полости и начинают кататься по стенке. Эта полость является главной насосной полостью нагнетателя. Там, где ротор нагнетателя вплотную подходит к стенке насосной полости (рис. 3, б, P1), ролики почти полностью утапливаются в направляющие пазы. Там, где зазор между ротором и статором нагнетателя максимален (рис. 3, б, P2), центробежные ролики выступают из пазов почти на половину своего диаметра. Таким образом через впускную щель (рис. 3, а, L) насосной полости S происходит захват очередной порции бензина очередным набежавшим роликом. Эта порция интенсивно проталкивается в выпускное отверстие (рис. 3, в, М) крышки нагнетателя и оттуда вверх, через все детали электродвигателя, к выходному штуцеру электробензонасоса (рис. 1, 1).

Бензин не проводит электрический ток, но беспрепятственно пропускает магнитные силовые линии. Поэтому на электромагнитные процессы в ЭДВ бензин никакого влияния не оказывает. Вязкость бензина очень низкая, и поэтому гидромеханическое сопротивление слоев бензина, протекающих через рабочий «воздушный» зазор ЭДВ, также незначительно.

Прокачка бензина через «внутренности» электродвигателя повышает его надежность. Имеет место постоянная и эффективная про-

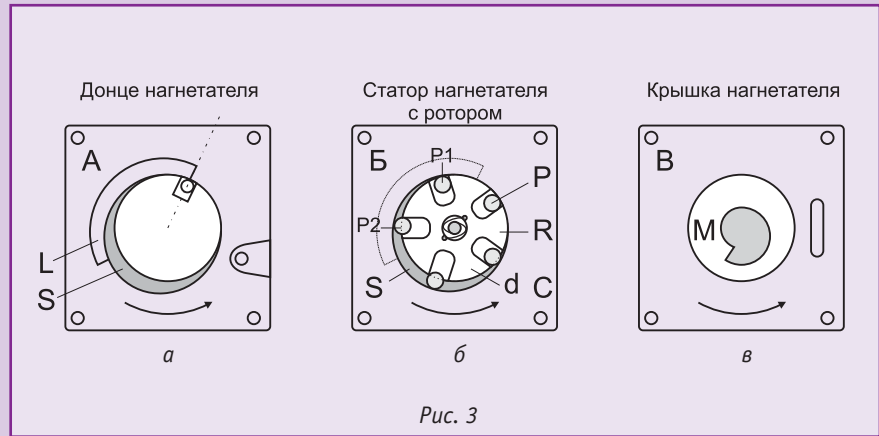


Рис. 3

мывка КЩМ и смазка проточным бензином оси вращения, на которой вращаются ротор нагнетателя и якорь ЭДВ.

В конструкции электробензонасоса нет подшипников качения. А втулки скольжения с плотной посадкой на ось лучше работают с жидкой смазкой, которой в данном случае является бензин. Помимо сказанного, бензин интенсивно охлаждает электродвигатель, который никогда не перегревается. Как следствие, электробензонасосы с прокачкой бензина через внутреннюю полость электродвигателя обеспечивают работу ДВС до 200 тыс. км пробега.

Следует заметить, что расположение электродвигателя бензонасоса в бензобаке на первый взгляд вызывает недоумение. Действительно, хорошо известно, что в КЩМ электродвигателя может возникнуть интенсивное искрение. Это может стать причиной взрыва бензобака, когда он пустой, а концентрация паров бензина соответствующая. Однако фирма BOSCH выпускает погружные электробензонасосы более 30 лет и случаев взрывов бензобака не зарегистрировано. Объясняется этот феномен так: электроконтактная пара «щетка-ламель» не искрит, так как, во-первых, работает в режиме переключателя малых энергий, во-вторых, ее компоненты изготовлены из специально подобранных электропроводных материалов, и, в-третьих, в ЭДВ с короткозамкну-

той петлевой обмоткой на якоре искрение в КЩМ ограничено встречно-параллельным соединением рабочих ветвей якорной обмотки на щетках. Кроме этого, бензонасос и его ЭДВ при работе постоянно наполнены бензином, искрение в котором практически невозможно. За счет герметичности в системе топливного питания, в бензонасосе бензин или его чрезмерно богатая смесь присутствует даже тогда, когда бензобак пустой.

Таким образом, вероятность взрыва бензобака от присутствия в нем электробензонасоса практически сведена к нулю.

В заключение следует сказать несколько слов о неисправностях электрических бензонасосов серии БОШ-0580254, о способах их обнаружения и устранения.

Электродвигатель бензонасоса отказывает крайне редко. Как уже отмечалось, объясняется это тем, что он работает в режиме интенсивного охлаждения бензином, а также постоянно им промывается.

Чаще всего выходит из строя центробежный шибберный гидронагнетатель. За счет перетирания мельчайших твердых частиц, которые попадают в бензобак вместе с бензином, трущиеся части нагнетателя (ротор, статор, донце, крышка и ролики) со временем значительно изнашиваются. При этом ослабевают уплотнения между ними. Это приводит к потере производительности и падению



рабочего давления, развиваемого бензонасосом. Причина такой неисправности заключается в естественном старении насоса и долгое время отчетливо не проявляется. Она может быть обнаружена только на специальном проверочном стенде по падению производительности и развиваемого давления на закрытом выходном штуцере. На работе автомобиля начальное старение бензонасоса сказывается в виде потери приемистости и в виде перебоев работы ДВС в переходных режимах. При значительном износе бензонасоса давление в системе питания может упасть настолько, что ДВС перестает запускаться.

При неисправности бензонасос начинает работать с повышенным шумом, что может быть признаком не только естественного износа его нагнетателя. Этот же признак характерен и для нагнетателя с сильными задирами трущихся частей, возникающих от твердых абразивных частиц.

Такая неисправность чаще всего начинает проявляться зимой как следствие попадания в бензин влаги, из которой образуются кристаллообразные частицы льда. Эти кристаллики совместно с твердыми частицами, попадая в жернова бензонасоса, истирают и даже надтирают стенки статора, ротора, а также поверхности роликов нагнетателя до образования на них глубоких раковин. Часто и в направляющих пазах ротора имеются задиры и выработка.

Подшипники скольжения электробензонасоса и его клапаны редко изнашиваются раньше трущихся деталей нагнетателя, поэтому главной причиной нарушения нормальной работы электробензонасоса является износ трущихся частей гидронагнетателя.

Теперь о ремонте. В принципе, бензонасосы серии БОШ-0580254, как и любые другие, ремонту не подлежат и при неисправности требуют замены. Однако практика показала, что при уме-

лом и осторожном вскрытии завальцовки алюминиевого корпуса дальнейшие процедуры восстановительного ремонта бензонасоса не вызывают затруднений.

После вскрытия и полной разборки бензонасоса следует провести тщательный осмотр всех его деталей. В первую очередь надо определить, подлежит ли восстановлению гидронагнетатель. Если он подлежит восстановлению, то можно взяться за ремонт.

В электродвигателе следует заменить щетки, взяв их от другого такого же электробензонасоса, и проточить коллектор. Если имеются повреждения витков обмотки якоря, она может быть перемотана. При перемотке следует обратить внимание на сохранность проточных каналов для бензина в пазах якоря.

В центробежном нагнетателе, который, кстати говоря, разборный, следует шлифовать на станке с магнитным столом трущиеся поверхности донца, ротора и крышки. Шлифовочный камень должен быть с зерном не более 50 мкм. Незначительный износ пазов ротора большого значения не имеет и их можно не обрабатывать. Однако при обратной сборке ротор шибера насоса надо уложить в статор обратной стороной. Ролики с большими задирами необходимо заменить, подобрав их от отечественных подшипников. Если такой возможности нет, то торцы роликов следует шлифовать в наганной оправке на магнитном столе под общий размер с ротором.

Сцепная вилочка в условиях российской зимы очень часто является причиной выхода из строя еще совершенно работоспособного бензонасоса. В принципе эта деталь несменяемая и даже несъемная. Тем не менее ее можно заменить. Для этого потребуются высококвалифицированные токарно-слесарные ремонтные работы на якоре электродвигателя.

Необходимо крайне осторожно

и точно, специально изготовленным резцом, сточить часть пластмассового тела вилочки и на образовавшуюся проточку плотно посадить вновь изготовленную.

Зафиксировать новую вилочку можно либо стоматологическим цементом, либо микровинтами, либо и тем и другим. Изготавливать новую вилочку из пластмассы не следует, ее лучше выточить из бронзы или алюминия.

Высокое качество ремонта внутренних деталей может быть сведено на нет если не удастся надежно завальцевать наружный стакан электробензонасоса. Как правило, вскрытие и обратная завальцовка стакана возможны только один раз, и то при очень квалифицированном проведении работ. Вскрывать стакан лучше всего вручную, например, затупленной отверткой и на жестком опорном столе. Так как под завальцовкой находится резиновая прокладка в виде жгутика круглого сечения, ее надо сохранить в целости. Завальцевать стакан можно обкаткой на токарном станке. Для фиксации электробензонасоса в суппорте токарного станка и для прижатия стакана к корпусу потребуется изготовить специальную оснастку.

Из всего вышесказанного видно, что для ремонта электробензонасоса недостаточно одного желания и мастерства. Необходимо также наличие специального оборудования. Поэтому описанная технология ремонта может быть реализована только на хорошо оснащенных станциях технического обслуживания. Кроме того, на станции накапливается "обменный парк" деталей, бывших в употреблении, но еще пригодных к работе. В этих условиях качественному ремонту подлежат два электробензонасоса из трех.

Практика показала, что восстановленные электробензонасосы могут работать еще достаточно долго.

