

Лекція 5. СИСТЕМА ЕЛЕКТРИЧНОГО ПУСКУ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Пускові якості двигунів внутрішнього згоряння

Можливість здійснення надійного пуску двигуна залежить від багатьох конструктивних і експлуатаційних факторів, до яких відносять ступінь стиснення, робочий об'єм, число і схему розташування циліндрів, тепловий стан деталей двигуна, регульовальні параметри системи запалювання (для бензинових двигунів) і паливної апаратури, низькотемпературні властивості палива, в'язкісно-температурні характеристики моторного масла, потужність і енергоємність системи пуску, наявність і ефективність допоміжних пускових пристроїв і т.д.

Поршневі двигуни внутрішнього згоряння починають працювати стійко при відносно високій частоті обертання колінчастого вала. Пусковий пристрій повинен обертати колінчастий вал з частотою, достатньою для початку і розвитку процесів займання і згоряння паливо-повітряної суміші і сприяти виходу двигуна на стійкий режим самостійної роботи. Характер протікання пускових процесів і вимоги до пускової частоті обертання колінчастого вала різні для бензинових двигунів і дизелів.

Пускова частота обертання колінчастого вала бензинового двигуна внутрішнього згоряння повинна бути достатньою для підготовки паливо-повітряної суміші, здатної спалахнути від електричної іскри. При пуску холодного двигуна внутрішнього згоряння через низьку температури палива, стінок впускного трубопроводу, і малій швидкості переміщення в ньому повітряного потоку в сумішоутворення беруть участь тільки легкі фракції бензину, тому пускові якості бензину оцінюють по температурі википання 10% фракцій. Для підготовки суміші, що знаходиться в межах займистості, під час пуску збільшують подачу палива за рахунок оптимальної для пуску регулювання паливної апаратури.

Зі зменшенням пускової частоти обертання колінчастого вала стає більш тривалим процес стиснення, збільшується теплопередача в холодні стінки циліндра і пропуск газів через нещільності в поршневих кільцях і клапанах. Тиск і температура в кінці стиснення зменшуються, що погіршує умови займання суміші і поширення полум'я. Зменшення маси суміші через відсутність дозарядки циліндрів за рахунок інерції повітряного потоку при запізненні закриття впускного клапана знижує кількість виділяється при згорянні теплоти і індикаторну потужність, що розвивається двигуном при пуску.

Погіршення умов сумішоутворення при пуску призводить до необхідності збільшення енергії електричної іскри. Для пускових режимів підбирається найвигідніший кут випередження запалювання.

У дизелях паливо-повітряна суміш утворюється безпосередньо в циліндрах після подачі палива форсункою. Займання суміші відбувається під дією високої температури в камері згорання. Внаслідок малої тривалості процесу сумішоутворення і відсутності примусового запалювання паливо-повітряної суміші пуск дизелів здійснити складніше.

Пуск дизелів поліпшується зі збільшенням цетанового числа палива, за яким оцінюють його здатність до займання. При низьких температурах велику роль відіграє випаровуваність дизельного палива. Пускові властивості дизельного палива оцінюють по температурі википання 50% фракцій або за кількістю фракцій, що википають до температури 300 ° С.

Температура в циліндрі в момент подачі палива повинна перевищувати температуру самозаймання палива, щоб період затримки займання був менше часу, відведеного під час пуску на освіту суміші і розвиток реакцій. При пускових частотах в режимі електростартерного пуску з великою нерівномірністю обертання колінчастого вала різко збільшується тривалість процесів стиснення, що викликає відповідне зростання витоків тепла і

робочого заряду і зниження температури і тиску в циліндрах в кінці такту стиснення.

Достатні для займання паливо-повітряної суміші тиск і температура в циліндрах дизелів досягаються завдяки більшій, ніж у бензинових двигунів, ступеня стиснення і збільшеною частотою обертання колінчастого вала пусковим пристроєм.

Надійність пуску дизеля підвищується за рахунок належного підбору діаметра і числа соплових отворів розпилювача форсунки, правильної орієнтації розпилювача в камері згоряння, збільшення тиску впорскування і кількості палива, що подається, а також підбору найвигіднішого для пуску кута випередження подачі палива.

Пускові якості автомобільних двигунів оцінюють за мінімальною пусковою частотою обертання колінчастого вала. Мінімальна пускова частота обертання - це найменша частота обертання колінчастого вала, при якій пуск двигуна в заданих умовах відбувається за дві спроби пуску тривалістю по 10 с для бензинових двигунів і по 15 с для дизелів з перервами між спробами в 1 хв.

Мінімальні пускові частоти визначаються по залежності часу пуску від середньої частоти обертання колінчастого вала. Необхідні пускові частоти для автомобільних бензинових двигунів - $40-85 \text{ хв}^{-1}$, а для дизелів - $50-200 \text{ хв}^{-1}$. Мінімальні пускові частоти збільшуються з пониженням температури, збільшенням в'язкості масла і помітно знижуються при збільшенні числа циліндрів двигуна і використанні пристроїв для полегшення пуску.

Вибір електричної системи пуску

Тип системи пуску визначає використовувана енергія і конструкція основного пускового пристрою (стартера). Для пуску автомобільних двигунів

використовують системи електростартерного пуску. Вони надійні в роботі, забезпечують дистанційне керування і можливість автоматизації процесу пуску двигунів за допомогою електронних пристроїв, (наприклад, системи старт-стоп, системи дистанційного прогріву ДВЗ).

Структури схем систем електростартерного пуску представлена на рис.1. У системах управління електростартером передбачені електромагнітні тягові реле, додаткові реле і реле блокування, що забезпечують дистанційне включення, автоматичне відключення стартера від акумуляторної батареї після пуску двигуна і запобігання включення стартера при працюючому двигуні.

Джерелом енергії в системах електростартерного пуску є стартерна акумуляторна батарея - хімічне джерело постійного струму, тому в електростартер використовують електродвигуни постійного струму. Характеристики стартерного електроприводу з електродвигунами постійного струму послідовного, змішаного або незалежного (для стартера з постійними магнітами) збудження добре узгоджуються зі складним характером навантаження, створюваної поршневым двигуном під час пуску. Відбувається це з таких причин. Баланс напружень в якірного ланцюга стартера описується рівнянням:

$$U = E + I_{\text{я}} R_{\text{я}}$$

де U - напруга акумулятора, E протівоедс (зустрічна ЕРС) стартера, $I_{\text{я}}$ - струм в якірного ланцюга, $R_{\text{я}}$ - повне опір якірного ланцюга. Крутний момент стартера дорівнює:

$$M = k\Phi I_{\text{я}}$$

де Φ - магнітний потік збудження, k - конструктивний коефіцієнт. Протівоедс дорівнює:

$$E = 2\pi n\Phi I_a$$

де n - обороти стартера. Максимальний струм якоря I_a буде коли $n = 0$, тобто в момент включення, а значить і крутний момент стартера буде максимальним на початку обертання, зменшуючись при збільшенні оборотів. Обороти стартера будуть збільшуватися до ті пір, поки зменшується крутний зараз не зрівняється з гальмівним моментом провертання ДВЗ. При цьому значення E буде обов'язково менше значення U , а I_a прийме усталене, відповідне моменту, що крутить, значення.

Схема системи пуску приведена на рис. 2. Стартерний електродвигун живиться від акумуляторної батареї через замкнені контакти 2 (рис. 2) тягового електромагнітного реле. При замиканні контактів вимикача S стартера, додаткового реле або реле блокування втягує 3 і утримує 4 обмотки тягового реле підключаються до акумуляторної батареї GB . Якір 5 тягового реле притягується до сердечника електромагніту і за допомогою штока 6 і важеля 7 механізму приводу вводить шестерню 10 в зачеплення із зубчастим вінцем 11 маховика двигуна.

В кінці ходу якоря 5 контактна пластина 2 замикає силові контактні болти 1, і стартерний електродвигун 12, отримуючи живлення від акумуляторної батареї, приводить в обертання колінчастий вал двигуна.

Після пуску двигуна муфта вільного ходу 9 запобігає передачу крутного моменту від маховика до валу якоря електродвигуна. Шестерня приводу не виходить із зачеплення з вінцем маховика до тих пір, поки замкнуті контактні болти 1. При розмиканні вимикача S втягує і утримує обмотки тягового реле приєднуються до акумуляторної батареї зустрічно-послідовно через силові контактні болти 1. Так як число витків у обох обмоток однаково і по ним при послідовному з'єднанні проходить один і той же струм, обмотки при

розімкнутому вимикачі S створюють два рівних, але протилежно спрямованих магнітних потоків.

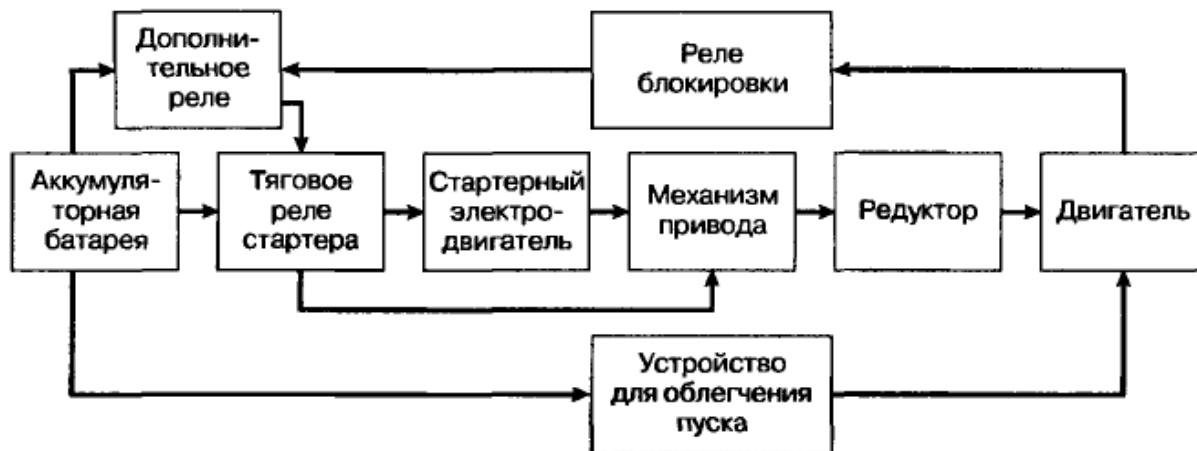


Рис. 1. Структурна схема електричної системи системи пуску

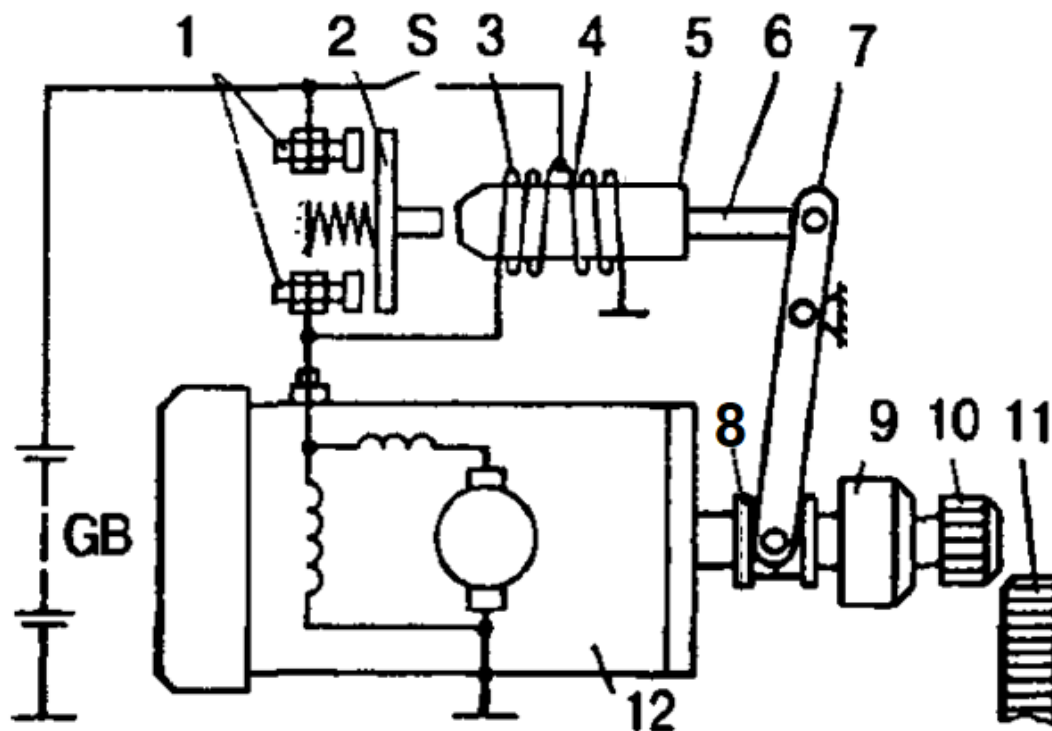


Рис. 2. Схема включення електростартера:

1 - контактний болт; 2 - рухливий контактний диск; 3,4-відповідно обмотка що втягує і що утримує тягового реле; 5 -якорь тягового реле; 6 - шток; 7 - важіль приводу; 8 - повідкова муфта; 9 - муфта вільного ходу; 10- шестерня приводу; 11 -зубчасті вінець маховика; 12 -стартерний електродвигун

Сердечник електромагніта розмагнічується, поворотна пружина переміщує якір 5 реле в початкове неробочий стан і виводить шестерню 10 із зачеплення із зубчастим вінцем маховика. При цьому розмикаються і силові контактні болти 1. Система запуску, що встановлюється на бензинові і дизельні двигуни, має аналогічну конструкцію.

Режим роботи стартера короткочасний, тому її конструкція стартера, і параметри акумуляторної батареї розраховані на короткочасне включення режиму «пуск ДВЗ». Сучасні автомобілі мають час запуску двигуна в середньому 0,8 с, це забезпечує, як правило, ресурс роботи стартера відповідає терміну експлуатації автомобіля. Тягове реле стартера повинен втягувати в зачеплення шестерню Бендикс при напрузі 9В (або 18В при бортсети на 24В) і утримувати замкнутими силові контакти при зниженні напруги до 5,4В (або до 10,8 при бортсети на 24В).

На рис.3 приведена конструкція стартера з порушенням від постійних магнітів. В цьому випадку не потрібні обмотки збудження і немає ланцюгів для їх запитивання. Постійні магніти можуть бути з фериту барію або фериту стронцію, тоді як правило стартер має вбудований редуктор з коефіцієнтом передачі 3 - 5.

Редуктори бувають з циліндричними шестернями з зовнішнім зачепленням, з внутрішнім зачепленням і використовують іноді планетарний редуктор. Високі обороти стартера вимагають балансування ротора, а також просочення обмотки ротора епоксидним компаундом, щоб уникнути їх розносу.

Стартери в яких для підвищення крутного моменту постійні магніти виконані на основі сплаву залізо-неодим-бор, що має високу коерцитивну силу можуть бути без редуктора. Конструкція такого стартера приведена на рис. 3.

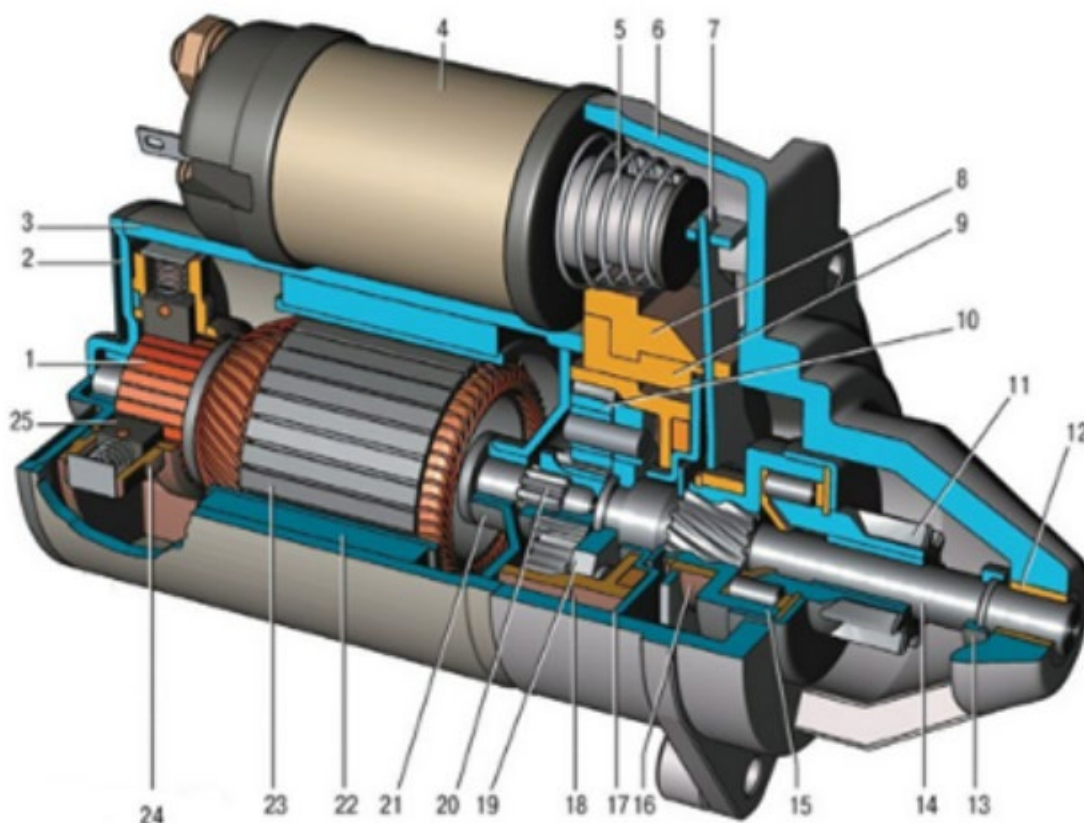


Рис. 3. Конструкція стартера зі збудженням від постійних магнітів

1-колектор; 2-задня кришка; 3-корпус статора; 4-тягове реле; 5-якір реле; 6-кришка з боку приводу; 7-важіль; 8-кронштейн риком; 9-прокладка ущільнювача; 10-планетарна шестерня; 11-шестерня приводу; 12-вкладиш кришки; 13-обмежувальне кільце; 14-вал приводу; 15-обгону муфта; 16-Проводковая кільце; 17-опора вала приводу з вкладишем; 18-шестерня з внутрішнім зачепленням; 19-води́ло; 20-центральна шестерня; 21-опора вала якоря; 22-постійний магніт; 23-якір; 24-щіткотримач; 25-щітка

Щітково-колекторний вузол виконаний може бути з циліндричним або торцевих колектором. Щітки зазвичай мідно-графітові, в стартері застосовують 4 щітки, що вдвічі знижує струм через щітки. З'єднують щітки по схемі, наведеній на рис.4.

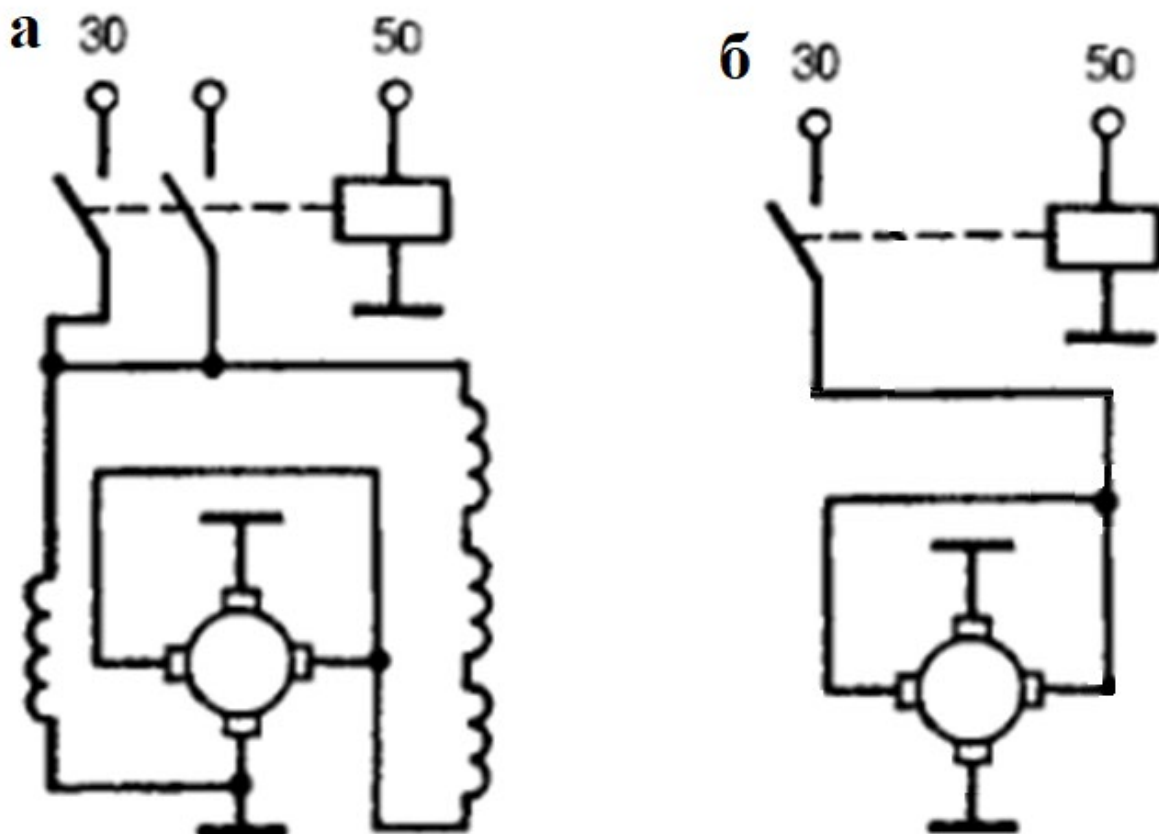


Рис.4 Схема з'єднання щіток стартера.

а - для змішаного збудження,

б - для збудження від постійних магнітів

Пристрої, що полегшують пуск при низьких температурах

У дизельних двигунах перед холодним пуском включають для прогріву повітря в циліндрах ДВЗ свічки розжарювання (на 1 - 2 хвилини). У дизельних ДВЗ малої потужності використовують свічки розжарювання для підігріву повітря у впускному колекторі. Свічки розжарювання забезпечують можливість пуску дизелів до $-10 \dots -17^{\circ}\text{C}$. У важких вантажівках використовують електрофакельним пристрої підігріву. Свічки там використовують тільки для підпалу повітряно-паливної суміші, яка подається

через електромагнітні клапани у впускний колектор. При більш низьких температурах необхідний підігрів охолоджуючої рідини ДВЗ

Нагрівачі охолоджуючої рідини бувають електричні або працюють на паливі для ДВЗ. Електричні підігрівачі працюють від мережі змінного струму. Електричні нагрівачі для підігріву охолоджуючої рідини встановлюють або в блок, або в спеціальний невеликий котел, з'єднаний шлангами з системою охолодження. Такі підігрівачі підігрівають охолоджуючу рідину до 60 ... 80°C, після чого вимикаються за допомогою автоматики.

Опалювачі на паливі автомобіля (Webasto, Ebersprecher) містять насос палива, насос охолоджуючої рідини, свічку розжарювання і автоматику. Такі підігрівачі можуть включатися за таймером або за допомогою дистанційного керування.

. Застосовують для полегшення пуску також пристрої для подачі пускової рідини («Арктика» для бензинових і «Холод-40» для дизельних ДВЗ) у впускний колектор. Це можна робити вручну, вводячи перед пуском рідину з аерозольного балончика в повітрязабірник, або, якщо в автомобілі є спеціальне пристосування, дистанційно, з водійського місця під час пуску двигуна.

Системи старт-стоп

Системи старт-стоп призначені для виключення роботи ДВС в режимі холостого ходу з метою зменшення шкідливих викидів та економії палива. Системи старт-стоп спочатку встановлювали тільки на преміальних автомобілях, зараз встановлюють і на масових автомобілях.

Системи старт-стоп в основному представлені системами з посиленням традиційним стартером (рис.5) і системами зі стартером-генератором,



Рис. 5. Посиленный стартер для системы старт-стоп



Рис. 6. Стартер-генератор системы старт-стоп.

пов'язаним з ДВС поліклиновий ремінною передачею (рис.6). В останньому випадку залишається і традиційний стартер, який використовують для холодного пуску, а стартер-генератор використовують тільки на прогрітому двигуні. Такий стартер-генератор забезпечує більш швидкий і безшумний пуск.

Системи старт-стоп фірми Bosch (системи «Start & Stop») містять в основі посилений стартер, який має збільшений термін служби (розрахований на велику кількість пусків двигуна) і підвищений крутний момент. Стартер також обладнаний спеціальним малошумним механізмом приводу, який гарантує швидкий, надійний і багаторазовий запуск двигуна. Система «Start & Stop» виконує функції зупинки і запуску двигуна, маючи крім посиленого стартера, ще блок контролю рівня заряду акумуляторної батареї. Система не має власного електронного блоку управління, а використовує можливості блоку управління двигуна, де встановлено відповідне програмне забезпечення.

Завдяки тому, що складові системи «Start & Stop» по габаритах не більше, ніж звичайні компоненти, система фірми «Bosch» може бути інтегрована практично в будь-який транспортний засіб. Однак деякі вузли та системи зажадали додаткової адаптації для роботи в режимі старт-стоп. Часті відключення і запуски не служать довговічності вузлів автомобіля, тому виробники подбали про те, щоб двигуни були пристосовані для роботи з системою «старт-стоп».

Щоб мати можливість працювати належним чином (і протягом тривалого часу), автомобілі з системою «Старт-Стоп» оснащені батареями з поліпшеними характеристиками EFB (Enhanced Flooded Battery), які витримують набагато більше циклів запуску двигуна. Для забезпечення підвищеного числа запусків двигуна застосовуються спеціальні акумулятори. Електроліт в таких пристроях знаходиться всередині пір стекловолоконної тканини, прокладеної між пластинами батареї. Така технологія називається AGM (Absorbent Glass Mat). Акумулятори не вимагають обслуговування і

забезпечують можливість глибокого розряду, а також підвищену силу струму при запуску.

Система старт-стоп відключається, коли недостатньо заряджений акумулятор. Для цього в автомобілі встановлена система обліку енергії, що надійшла на зарядку акумулятора і енергії, взятої з акумулятора.

Система старт-стоп вимикає ДВС при зупинці автомобіля і запускає при натисканні на педаль акселератора. Затримку при початку руху система старт-стоп вносить невелику, але тим не менше іноді ця затримка стає небажаною, тому система старт-стоп може бути виключена водієм в складній дорожній обстановці, наприклад, при повороті наліво на нерегульованому перехресті з інтенсивним зустрічним рухом.

Системи старт-стоп, а також є на всіх гібридних автомобілях, але там, як правило, рух починається на електроприводі, і, тому, затримки при початку руху немає.