

ЛЕКЦІЯ № 1. ВСТУП ДО КУРСУ. РОЗВИТОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЯ

План лекції. Предмет і завдання дисципліни. Структура курсу, його зв'язок з іншими дисциплінами. Коротка історія розвитку електричної системи автомобіля. Сучасні розробки та можливі напрямки розвитку автомобільних електронних систем.

При створенні даного курсу лекцій ставилось собі за мету формування у студентів повного, комплексного уявлення знань про електричні, електронні системи сучасних автомобілів, що вкрай важливо для інженера автомобільного транспорту, оскільки частка електроніки в автомобілях постійно збільшується.

Зараз найбільш масштабною й різнобічною ринковою тенденцією слід назвати всебічну комп'ютеризацію автомобіля. Тобто вже стали нормою вбудовані в приладову панель автомобіля екрани з досить великою діагоналлю, які поряд з розважальними функціями ще й вирішують завдання полегшення навігації автомобіля в просторі, повним ходом ведуться роботи зі створення вбудованих в лобове скло прозорих моніторів. На них буде відображатися не тільки важлива для водія інформація, але і зможе формуватися картинка віртуальної реальності, яка доповнює природну площу огляду водія. І поява нових технологій, таких як 3D-ламіноване скло, сприятиме ще швидшому і широкому розвитку описаних технологій в автомобілебудуванні.

З іншого боку, все більша доступність Інтернету і швидкість потоків інформації створюють умови для більш широкого розвитку систем телематики. Іншими словами, полегшується автономний обмін інформацією між автомобілем і будь-якими об'єктами, які не належать до нього. В кінцевому результаті це має спричинити за собою створення повноцінного автономного автомобіля. Зайвим підтвердженням всьому цьому служить опублікована ще в 2017 році стаття М. Alam «П'ять основних трендів підключеного до мережі автомобіля», де дається опис поточного розвитку різних технологій «спілкування» автомобіля з зовнішнім світом.

Не менша увага приділяється екологічним показникам автомобіля, виконати які без мікропроцесорного управління силовим агрегатом неможливо. Ще більше зростає роль електронних і мікропроцесорних систем, які багато в чому визначають активну і пасивну безпеку автомобіля. Отже немає ніяких сумнівів, що питання конструкції, експлуатації електронних систем автомобіля є актуальними.

Але слід зазначити, що саме поняття електронної системи є більш загальним, ніж поняття мікропроцесорної системи. У найзагальнішому сенсі під електронною системою розуміється система, побудована на радіоелектронних елементах. Для чіткого розуміння відмінності між електронною і мікропроцесорною системами слід одразу визначити їх поняття, причому для першої в більш вузькому сенсі.

Електронна система автомобіля - система (вузол) автомобіля, алгоритм функціонування якої визначається принциповою електричною схемою блоку управління або всього вузла. При цьому технічно електронний блок управління (ЕБУ) або весь вузол може бути виконаний на дискретних та (або) інтегральних радіоелементах, а зміна алгоритму роботи системи або вузла неможлива без зміни електричної схеми.

Мікропроцесорна система автомобіля - система автомобіля, алгоритм функціонування якої визначається програмою процесора електронного блоку управління (ЕБУ). Таким чином, в даній системі завжди є блок управління на основі мікропроцесора і для зміни алгоритму роботи системи потрібно змінити програму мікропроцесора.

В даний час накопичений значний досвід застосування електронної апаратури в автомобілях. Використання цього досвіду є важливою умовою прискорення розробок нових, більш досконалих електронних пристроїв.

На відміну від початкового періоду розвитку автомобільної електроніки, для сучасного характерна наявність основних чотирьох напрямків:

- створення електронних пристроїв для заміни ними традиційних вузлів автомобільного електрообладнання (регулятори напруги, управління світловою та звуковою сигналізацією, регулятори систем опалення, кондиціонування, підігріву двигуна, тахометри, спідометри);
- застосування електронних пристроїв (в тому числі з використанням ЕОМ) для безперервного контролю та видачі поточної інформації про експлуатаційні показники автомобіля (наприклад, поточну витрату палива, чи слід змінювати ту чи іншу передачу для оптимального режиму руху, тощо); до цієї категорії пристроїв слід віднести і системи діагностування стану агрегатів автомобіля;
- розробка електронної апаратури управління запалюванням, паливоподачею і системами, що забезпечують зниження токсичності відпрацьованих газів двигуна;
- створення електронних пристроїв для систем керування агре-

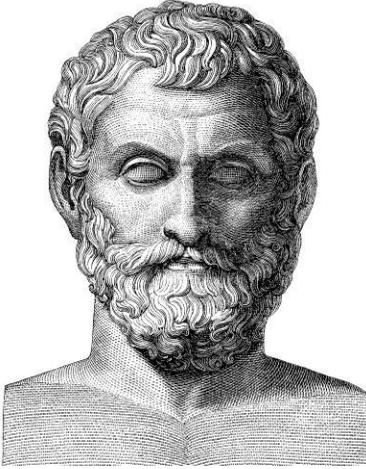
гатами трансмісії, гальмівними системами та іншими вузлами автомобіля (за винятком двигуна).

Застосування електронної апаратури в системах управління агрегатами автомобіля в ряді випадків спричинило доцільність зміни конструкції самих агрегатів. Тому сучасна автомобільна електронна система управління фактично є комплексом власне електронної апаратури і керованих нею виконавчих пристроїв.

Електронні системи управління, створювані на базі дискретних елементів та інтегральних мікросхем, що виконують якусь певну задачу управління, відносяться до систем з жорсткою логікою, алгоритм їх функціонування визначається схемотехнікою системи. У мікропроцесорних систем таке обмеження відсутнє, тобто при одній і тій же структурі дані системи можуть реалізовувати різні алгоритми управління внаслідок відповідної зміни запису команд в елементах пам'яті системи. Завдяки цьому мікропроцесорні системи утворюють особливий клас електронних систем управління і мають ряд унікальних можливостей з точки зору реалізації найскладніших завдань управління.

Коротка історія розвитку електричної системи автомобіля.

Історія електричної енергії може бути простежена приблизно до 600 р. до н.е., коли грецький філософ Фалес Мілетський виявив, що бурштин, потертий шматком хутра, притягує легкі предмети, такі як пір'я. Це явище обумовлено статичною електрикою. Приблизно в цей же час пастух на території нинішньої Туреччини виявив явище магнетизму - він побачив, що частинки гірської породи прилипають до залізного наконечника його палиці. Вільям Гілберт в 16-му столітті довів, що багато інших речовин також є «електричними» і що вони мають дві електричні властивості.



(також іноді Талес, (624 до н. е., Мілет, Туреччина - 547 до н. е., Мілет, Туреччина)) - давньогрецький філософ, математик, астроном, купець і політичний діяч, вважається першим носієм наукової думки в історії

Рисунок 1.1 - Фалес Мілетський



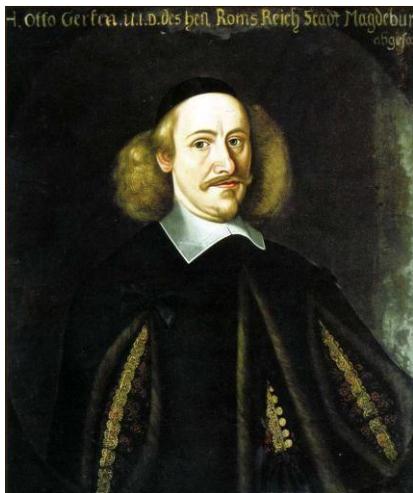
(William Gilbert, 24 травня 1544 року, Колчестер - 30 листопада 1603 року, Лондон) - англійський фізик, придворний лікар Єлизавети I та Якова I. Вивчав магнітні та електричні явища, першим ввів термін «електричний»

Рисунок 1.2 - Вільям Гілберт

У той час як потертий шматочком хутра бурштин набуває «смоляну електрику», скло, потерте шовком, набуває «скляну електрику». Електрика відштовхує той же тип електрики і притягує протилежний тип. Вчені того часу вважали, що тертя насправді створює електрику (їх термін для електричних зарядів). Вони не могли припустити, що рівна кількість протилежного електричного заряду залишається на хутрі або шовку.

Німець Отто фон Геріке винайшов перший електричний прилад у 1672 р. Він зарядив кулю з сірки статичною електрикою, тримаючи свою руку навпроти нього, в той час як куля оберталася навколо осі.

Його експеримент був фактично передвісником теорії, розвинутої в 1740 р. англійським фізиком Вільямом Ватсоном і американським державним діячем Бенджаміном Франкліном, суть якої в тому, що «електричні заряди знаходяться в будь-якій речовині і що вони можуть бути отримані тертям».



(нім. Otto von Guericke; 30 листопада 1602, Магдебург - 11 травня 1686, Гамбург) - німецький винахідник, фізик, інженер і філософ

Рисунок 1.3 - Отто фон Геріке

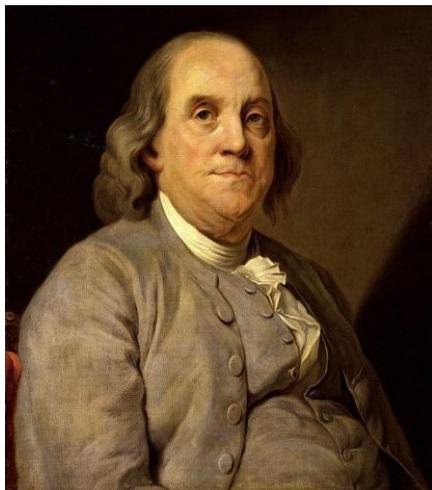


(англ. William Watson, 3 квітня 1715, Лондон - 10 травня 1787, Лондон) - англійський лікар і вчений, дослідник електрики

Рисунок 1.4 - Вільям Уотсон

Франклін для того, щоб довести, що блискавка є різновидом

електрики, запустив повітряного змія і під час грози викликав іскри, торкаючись ключем до дроту. Деяка користь від цього ризикованого експерименту полягала в тому, що Франклін винайшов громовідвід.



(англ. Benjamin Franklin, 17 січня 1706, Бостон, США - 17 квітня 1790, Філадельфія, США) - ввів загальноприйняте тепер позначення електрично заряджених станів «+» і «-», висунув ідею електричного двигуна, вперше застосував електричну іскру для вибуху пороху

Рисунок 1.5 - Бенджамін Франклін



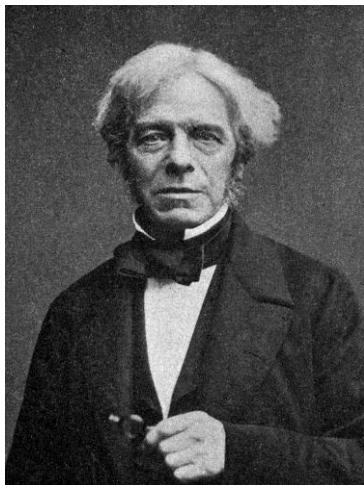
(18 лютого 1745 - 5 березня 1827) - італійський фізик і фізіолог, один з основоположників вчення про електрику. Сконструював першу електричну батарею - Вольтів стовп

Рисунок 1.6 - Алессандро Вольта

Алессандро Вольта, італійський аристократ, винайшов першу батарею. Використовуючи кілька наповнених солоною водою скляних ємностей, в які були поміщені цинкові й мідні електроди, він виявив, що можна отримати електричний удар, доторкнувшись до проводів.

То була перша гальванічним батарея і, безсумнівно, попередниця акумулятора, який був винайдений французьким фізиком Гастоном Планте в 1859 р. Цього разу це була кислотно-свинцева батарея, в якій електрика створювалася за рахунок хімічної реакції. При цьому батарея могла бути відновлена подачею електричного струму в протилежному напрямку. Але ніяка батарея або акумуляторний елемент не мо-

же дати більше певної кількості енергії, і винахідники незабаром усвідомили що потрібне постійне джерело електричного струму.



(англ. Michael Faraday; 22 вересня 1791, Лондон, Англія - 25 серпня 1867, Лондон, Англія) - англійський фізик і хімік, засновник вчення про електромагнітне поле

Рисунок 1.7 - Майкл Фарадей



У 1859-1860 рр. винайшов перший свинцевий акумулятор

Рисунок 1.8 - Раймон Луї Гастон Планте (1834-1889) - французький фізик

Майкл Фарадей, син коваля з Суррея і помічник сера Гемфрі Деві, винайшов електричний генератор. У 1831 р. Фарадей створив машину, в якій мідний диск обертався між полюсами великого магніту. Мідні пластини забезпечували контакти з ободом диска і віссю, на якій він обертався, електричний струм проходив, коли між пластинами був контакт. Вільям Стерджен з Варрінгтона, графство Ланкашир, створив перший працюючий електродвигун в 1820 р. Він також створив перші робочі електромагніти і використовував в генераторі замість постійних магнітів електромагніти, живлені від батарей.

Ряд винахідників, включаючи двох англійських електротехніків Кромвеля Варлі і Генрі Уальда, у 1866 р. вдосконалили технологію виготовлення постійних магнітів. Угорський фізик Аньйос Йєдлік і американський піонер електротехніки Мозес (Мойсей) Герріш Фермер також працювали на цьому терені.



(англ. William Sturgeon; 22 травня 1783 - 4 грудня 1850) - британський фізик, електротехнік і винахідник, створив перші електромагніти і винайшов перший англійський працюючий електродвигун

Рисунок 1.9 - Вільям Стерджен



(або Зіменс, нім. Werner von Siemens; 13 грудня 1816 - 6 грудня 1892) - німецький інженер, винахідник, учений, промисловець, засновник фірми Siemens, громадський і політичний діяч

Рисунок 1.10 - Вернер фон Сіменс

Але першим дійсно успішним генератором стало «дітище» німця Ернста Вернера фон Сіменса. Він створив свій генератор в 1867 р. і назвав його динамо-машиною. Сьогодні термін «динамо» вживається лише для генератора, який виробляє постійний електричний струм, а термін - «генератор» (від англ. alternator) має на увазі тільки машини змінного струму.

Американський інженер Еліу Томсон (Elihu Thomson) розробив електродвигуни, які могли працювати від змінного струму. Томпсон також винайшов трансформатор, який міняв напругу джерела електроенергії. Він показав свій винахід в 1879 р., а п'ятьма роками пізніше три угорця, Отто Тітус Блаті (Ottó Titusz Bláthy), Мікса Дері (Miksa Déri) і Каролі Зіперновський (Károly Zipernowsky) створили перші комерційно придатні трансформатори.

Неможливо точно визначити, хто вигадав конкретні електричні вузли для автомобільного двигуна. У другій половині 19-го століття новаторство у всіх областях техніки було стрімким і триває досі (див. Рис. 1.11 - 1.13).

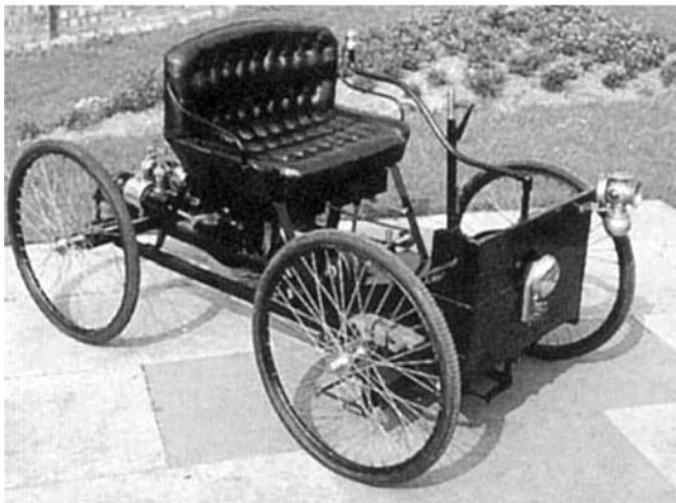


Рисунок 1.11 - Перший автомобіль Генрі Форда
«Квадріцикл» (Quadricycle)

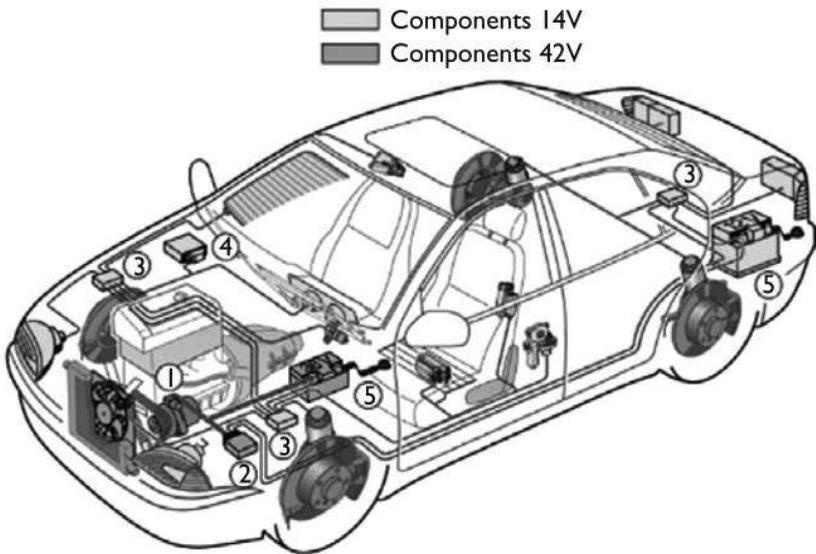
У 1860 р француз Етьєн Ленуар винайшов перший працездатний газовий двигун. Саме цей двигун використовував варіант електричного запалювання на основі котушки, розробленої Румкорфом у 1851 р.

У 1866 р. Карл Бенц використовував прототип магнето, який обертався від приводного ременя. Хоча він і вважав це незручним через мінливу швидкість свого двигуна, Карл вирішив цю задачу, використовуючи два елементи первинної батареї для забезпечення струму запалювання.

У 1889 р. француз Жорж Бутон винайшов контактні переривники для системи з котушкою запалювання, яка видавала позитивну високу напругу запалювання в момент пуску. Однак спірно, що саме ця схема є прообразом сьогоденної системи запалювання.

Еміль Морс використовував електричне запалювання, підключене до ланцюга низької напруги, що живиться акумуляторами, які підзаряджалися від динамо-машини, яка приводилася в рух ремінною передачею. Це була перша успішна зарядна система, вона може бути датована приблизно 1895 р.

Грандіозна в наші дні імперія Бош починалася Робертом Бошем дуже скромно. Найбільш важлива частина його ранніх досліджень була пов'язана з його майстром Фрідріхом Сімсом.



- 1 - багатополюсний генератор змінного струму, 2 - двонаправлений перетворювач напруги 14/42 В, 3 - блок комутації сигналів і виходів (винесені запобіжники, діагностика), 4- енергетичний блок (управління генератором, споживачами і електроприводами),
5 - система здвоєних батарей (надійний запуск, безпека, система управління по проводах)

Рисунок 1.12 - Напрямки розвитку електронних систем автомобіля

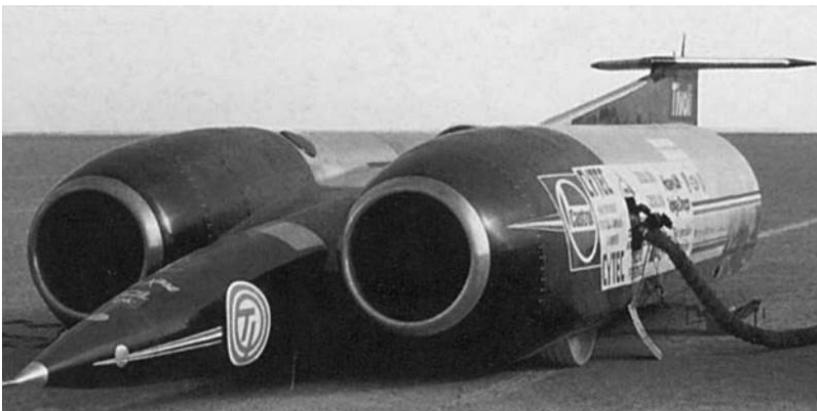


Рисунок 1.13 - Реактивний суперавтомобіль Thrust SSC

В кінці 19-го століття вони виготовили магнето низької напруги. У 1902 р. Бош впровадив магнето високої напруги майже універсального призначення. Н-подібний вид самого першого магнето сьогодні використовується як торгова марка Боша на всіх видах продукції компанії (рис. 1.14).

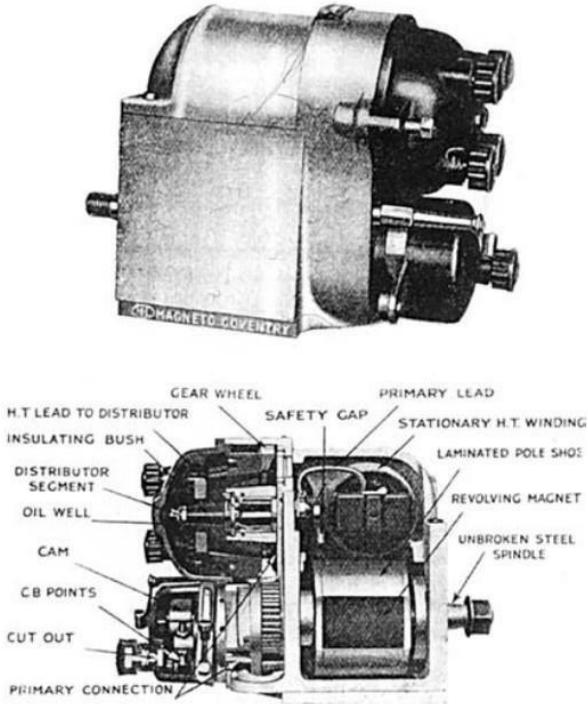


Рисунок 1.14 - Магнето-генератор з обертовим магнітом

З цього моменту і далі система запалювання з магнето була доведена в Європі до дуже високого рівня, в той час як в США верх взяла батарейна система запалювання. Істотну роль в цій галузі зіграв Чарльз Ф. Кеттерінг Працюючи на «Дайтоновську електричну компанію» - «Делко» (Delco), він створив стартер, систему запалювання і систему освітлення для «Кадилака» 1912 р. випуску. Кеттерінг також винайшов регулятор напруги ртутного типу.

Трьохщітковий генератор, розроблений доктором Гансом Лейтнером і Р.Г. Лукасом, вперше з'явився приблизно в 1905 р. Він дав во-

дієві деяку можливість управління системою підзаряду. За сучасними мірками це був дуже великий генератор, але він міг виробляти струм тільки близько 8 А (рис. 1.15).

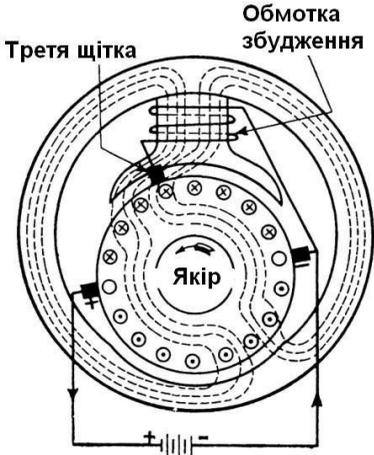


Рисунок 1.15 - Трьохщітковий генератор

Протягом наступного десятиліття було випробувано багато інших технічних прийомів, покликаних вирішити проблему регулювання потужності при постійно мінливій швидкості генератора. Був використаний ряд нових методів управління, деякі з великим успіхом, ніж попередні.

Наприклад, фрикційна муфта, яка плавно прослизала б при певній частоті обертання двигуна, знайшла обмежене використання. Однією з ідей була спіраль що нагрівається, у головному ланцюзі живлення, яка при нагріванні збільшувала свій опір і змушувала електричний струм текти в обхід її через шунтуючу котушку, зменшуючи поле підмагнічування динамо-машини.

Було використано безліч варіантів поля «шунтуючої котушки». Але все одно керування зарядкою батареї для всіх цих систем постійного струму було поганим, і часто на водія покладался обов'язок включати і вимикати струм зарядки при досягненні високого і низького граничних значень. По суті, одним з ранніх видів оснащення на приладовій дошці був показчик рівня електроліту, щоб контролювати стан зарядки батареї!

Двощіткова динамо-машина і блок контролю напруги з компенсацією були вперше використані в 1930-х рр. Це дало значно кращий контроль над процесом заряду і підготувало ґрунт для виникнення багатьох інших електричних систем (рис. 1.16).

У 1936 р. відбувся давно обговорюваний перехід до «позитивної землі» і Лукас зіграв в цьому велику роль (рис. 1.17). Це було зроблено для того, щоб зменшити напругу іскроутворення і таким чином продовжити життя електрода свічки. Це також давало надію зменшити корозію на клеммах батареї та інших контактах в машині.

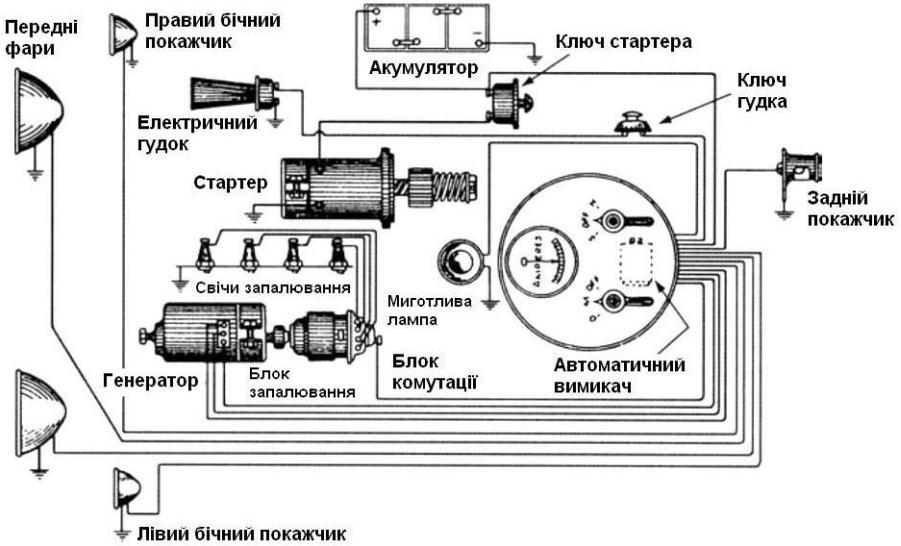


Рисунок 1.16 - Повна схема електричних ланцюгів в автомобілі

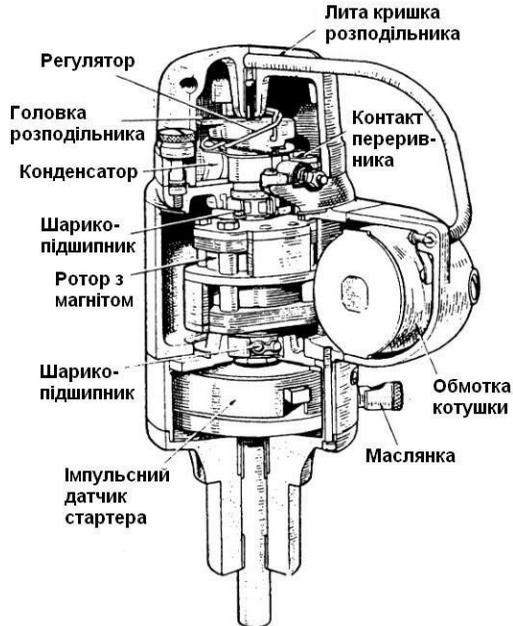


Рисунок 1.17 - Поперечний розріз магнето Лукаса типу 6VRA

П'ятдесяті роки ХХ ст. були ерою, коли системи освітлення почали розвиватися в напрямку створення сучасних складних пристроїв. Миготливі «поворотники» замінили ручки семафорів, а лампи з подвійною ниткою накалу зробили більш зручними фари. Кварцова галогенова лампа, однак, з'явилася лише на початку 1970-х.

У практику увійшла установка таких вузлів, як: опалювачі, радіоприймачі і, навіть, прикурювачі. Також, в 1960-70 рр. в більшій мірі стали доступними багато додаткових опцій, такі як омивачі вітрового скла і двошвидкісні склоочисники. Компанія Cadillac створила повноцінну систему кондиціонування і навіть таймери для фар.

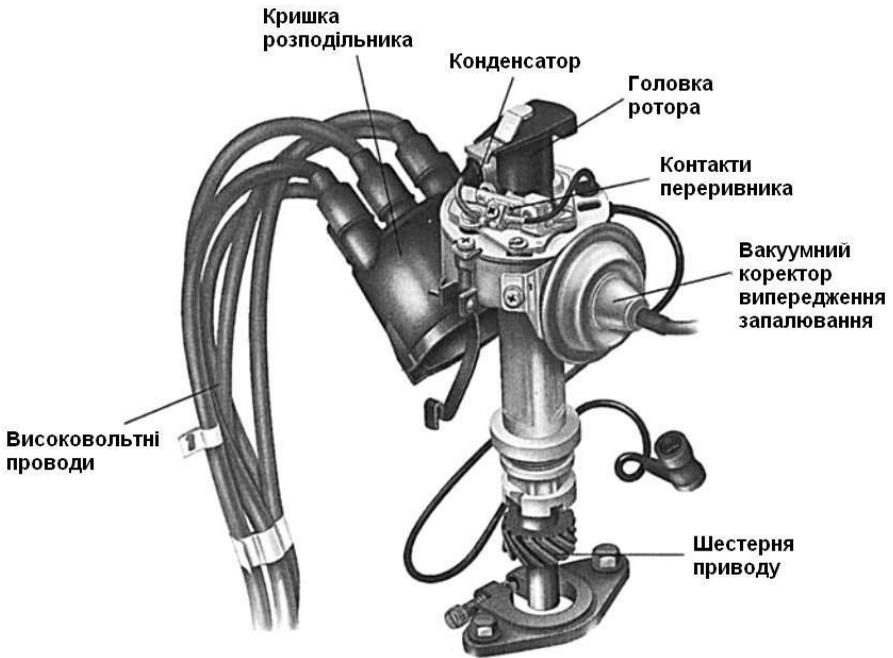


Рисунок 1.18 - Розподільник запалювання з контактними переривниками

Система з негативною землею була знову введена в практику в 1965 р. Це, однак, створило ряд гострих проблем, пов'язаних, зокрема, з поширенням саморобних радіоприймачів та інших аксесуарів. Але і це теж було добре, природно, для успішної торгівлі автомобілями.

Ера інжекції палива і електронного запалювання почалася в 70-х

рр. XX ст. Склад приладів став куди більш складним, і розташування їх на приборній дошці стало тепер найважливішою областю дизайну. У деяких типах автомобілів стандартом стали задні стекла з підігрівом. Генератор змінного струму, вперше використаний в 60-і роки в США, до 1974 року став нормою і в Англії.

Велика доступна потужність і стабільність генератора змінного струму стали тим, чого саме і чекала електронна промисловість, і до 80-х років XX ст. електричні системи змінилися до невпізнання.

Успіхи в створенні мікрокомп'ютерів і пов'язаних з ними технологій зробили можливим управління всіма функціями автомобіля за допомогою електрики.

Електрична та електронна системи автомобілів багатьом здаються лякаюче складними, але і в той же час це його найбільш цікаві системи. Використовувані сьогодні складні електричні схеми та системи створювалися не водночас і не просто так. Неможливо точно визначити, хто і коли винайшов окремий вузол, оскільки в ту пору розробки велися як паралельно, так і послідовно.

Цікаво поміркувати над тим, кого ми могли б назвати засновником електричної системи автомобіля. Майкл Фарадей, звісно, заслуговує більшого звання, але разом із ним цього ж заслуговують Етьєн Ленуар, Роберт Бош, Ніколас Отто та інші.

Можливо, нам варто було б повернутися назад, навіть ще далі стародавнього грецького філософа Фалеса Мілетського, який, натираючи бурштин хутром, виявив статичну електрику. Доречі, грецька назва бурштину - «електрон».

Докладну історичну хронологію винаходів, з іменами й датами, ви можете знайти самі в книзі Тома Дентона (Tom Denton. Automobile electrical and electronic systems, 2004).

Сучасні розробки та можливі напрямки розвитку автомобільних електронних систем.

Напрями вдосконалення конструкції автомобіля в цілому, і подальший розвиток електронних систем управління транспортними засобами буде вестися за чотирма ключовими напрямками:

1. Підвищення безпеки. Автомобіль є об'єктом підвищеної небезпеки, що визначає розвиток різних систем безпеки. Зараз широке поширення вже отримали системи активної безпеки, в тому числі антиблокувальна система гальм, система курсової стійкості. Значно підвищується захищеність водія та пасажирів з застосуванням засобів пасивної безпеки.

2. Підвищення паливної економічності. Витрата палива в значній мірі залежить від конструкції двигуна і коробки передач. Сьогоднішні технології забезпечують економічність двигунів внутрішнього згоряння, а заодно їхні екологічні показники, перш за все за рахунок застосування електронних систем управління двигуном, на основі систем безпосереднього упорскування палива (для бензинових) і систем упорскування Common Rail (для дизелів). Економія палива та показники екології досягається також за рахунок зниження маси автомобіля шляхом застосування міцних сталей, легких металів і пластиків.

3. Підвищення екологічної безпеки. Автомобіль є джерелом забруднення навколишнього середовища, що стимулює безперервне підвищення екологічної безпеки. Сучасні екологічні норми Євро-6, якими автовиробники керуються ще з 2015 року, припускають зниження шкідливих викидів за рахунок конструктивних змін у випускній системі, системі управління двигуном.

4. Підвищення комфортності. Охоплює широке коло питань і пов'язане з прагненням автовиробників створювати автомобілі, які найповніше відповідають індивідуальним запитам споживачів. Сьогодні вже увійшло в практику застосування автоматичної коробки передач з електронним управлінням, рульового управління з електропідсилювачем (це дозволяє запровадити електронні системи паркування авто взагалі без участі людини), системи клімат-контролю, тощо. Найбільш просунуті моделі оснащуються адаптивною підвіскою, системою активного головного світла.

Стрімкий розвиток електронних систем управління, а саме їхнє здешевлення та мінімізація розмірів, зумовлює появу нових видів електронних пристроїв, підвищення продуктивності електронних блоків управління застосовуваних на транспортних засобах. Останнім часом все більший ухил в розробці нових конструктивних рішень йде саме в сторону систем активної та пасивної безпеки автомобілів.

Найбільш відомими і затребуваними електронними системами активної безпеки автомобілів сьогодні є:

- антиблокувальна система гальм;
- антипробуксовочна система;
- система курсової стійкості;
- система розподілу гальмівних зусиль;
- система екстреного гальмування;
- система виявлення пішоходів;
- електронне блокування диференціала.

Перераховані системи активної безпеки конструктивно пов'язані

і тісно взаємодіють з гальмівною системою автомобіля і значно підвищують її ефективність. Ряд електронних систем може управляти величиною крутного моменту через систему управління двигуном.

Є також допоміжні системи активної безпеки (асистенти), призначені для допомоги водієві в важких з точки зору водіння ситуаціях. Крім своєчасного попередження водія про можливу небезпеку, електронні системи здійснюють і активне втручання в управління автомобілем, використовуючи при цьому гальмівну систему і рульове управління.

До допоміжних систем активної безпеки відносяться наступні електронні системи:

- паркувальна система;
- система кругового огляду;
- адаптивний круїз-контроль;
- система аварійного рульового управління;
- система допомоги руху по смузі;
- система допомоги при перестроюванні;
- система нічного бачення;
- система розпізнавання дорожніх знаків;
- система контролю втоми водія;
- система допомоги при спуску;
- система допомоги при підйомі.

Проміжне становище між активними і пасивними системами безпеки займають превентивні (попереджувальні) електронні системи безпеки. Превентивна система безпеки (інше найменування - система попередження зіткнення) покликана уникнути зіткнення, а якщо воно сталося - зменшити тяжкість аварії.

Залежно від конструкції конкретної електронної системи в ній можуть бути реалізовані наступні функції:

- попередження водія про небезпеку зіткнення;
- підготовка гальмівної системи до екстреного гальмування;
- активація окремих пристроїв пасивної безпеки;
- часткове або повне автоматичне гальмування.

Для реалізації даних функцій в превентивних системах безпеки використовуються технології адаптивного круїз-контролю, системи динамічної стабілізації, системи пасивної безпеки. Ряд превентивних систем, що реалізують функцію автоматичного гальмування, носять назву систем екстреного гальмування. Таким чином, превентивна система безпеки - це ефективний симбіоз систем активної і пасивної безпеки. В даний час превентивні системи безпеки досить широко поширені і активно впроваджуються на легкові автомобілі.

Сукупність конструктивних елементів, що застосовуються для захисту пасажирів від травм при аварії, становить систему пасивної безпеки автомобіля. Система повинна забезпечувати захист не тільки пасажирів і конкретного автомобіля, а й інших учасників дорожнього руху. Найважливішими компонентами системи пасивної безпеки автомобіля є:

- ремені безпеки;
- натягувач ременів безпеки;
- активні підголовники;
- подушки безпеки;
- безпечна конструкція кузова;
- аварійний розмикач акумуляторної батареї;
- ряд інших пристроїв (система захисту при перекиданні на кабриолеті; дитячі системи безпеки - кріплення, крісла, ремені безпеки).

Питання для самоперевірки

1. Що слід розуміти під терміном електронна система автомобіля?
2. Що таке мікропроцесорна система автомобіля?
3. Які основні чотири напрямки характерні для розвитку сучасної автомобільної електроніки?
4. Розкажіть про того, хто винайшов свічку запалювання?
5. В якому році Алессандро Вольта винайшов першу гальванічну батарею?
6. Зробіть простий ескіз схеми магнето.
7. Поясніть, чому були впроваджені автомобілі з «позитивною землею»?
8. Поясніть, чому знову стали випускати автомобілі з «негативною землею»?
9. Який автомобіль був вперше обладнаний стартером?
10. Чарльз Ф. Кеттерінг грав істотну роль в розвитку автомобілебудування. Який був його головний внесок, і в якій компанії він працював в той час?
11. Опишіть коротко, чому законодавство має значний вплив на розвиток автомобільних систем.
12. Хто і коли винайшов перший свинцевий акумулятор?
13. Хто і коли винайшов контактні переривники для системи з котушкою запалювання?