

نظم السيارات

دليل لتوضيح الأنظمة الأساسية المكونة للسيارات
info@arabiclegacy.net

26.09.2025

المحتويات

١	مكونات السيارات الأساسية	١
١	محركات السيارات	٢
١	١-٢ محركات الاحتراق الداخلي	٢
١	٢-٢ المحركات الكهربائية	٣
٢	٣-٢ مواصفات المحركات	٤
٢	٤-٢ انبعاثات المحركات	٥
٣	نظام نقل الحركة	٦
٣	١-٣ نقل الحركة في سيارات الاحتراق الداخلي	٧
٦	٢-٣ نقل الحركة في السيارات الهجينة	٨
٧	نظام الدفع	٩
٧	نظام التعليق (Suspension)	٥
٨	نظام التوجيه (Steering System)	٦
٩	نظام الفرامل	٧
١١	نظام الوقود	٨
١١	١-٨ وقود سيارات الاحتراق الداخلي	٩
١٣	٢-٨ نظام وقود السيارات الكهربائية	١٠
١٦	نظام العادم	١٠
١٦	نظام الكهرباء	١١
١٧	١-١٠ مجموعة امداد الطاقة	١٢
١٧	٢-١٠ مجموعة التحريك	١٣
١٨	٣-١٠ مجموعة الإشعال	١٤
١٩	هيكل السيارات	١٥
١٩	١-١١ سيارات الركاب Passenger Cars	١٦
١٩	٢-١١ سيارات الدفع الرباعي SUVs & Off-Road	١٧
١٩	٣-١١ السيارات الرياضية والأداء العالي Sports & Performance Cars	١٨
١٩	٤-١١ السيارات العائلية والتجارية	١٩
٢٠	أنظمة مساعدة السائق	٢٠

١ مكونات السيارات الأساسية

العناصر أو الأنظمة التي تتألف منها السيارات هي

- نظام نقل الحركة
- نظام التعليق (Suspension)
- نظام التوجيه (Steering System)
- نظام العادم
- هيكل السيارة
- المحرك
- نظام الدفع
- نظام الكبح
- نظام الوقود
- نظام الكهرباء
- أنظمة مساعدة السائق

٢ محركات السيارات

محرك السيارة (أو المотор) هو قلب السيارة حيث يقوم بتحويل طاقة الوقود إلى طاقة ميكانيكية لتحريك السيارة. يمكن تقسيم المحركات إلى فئتين رئيسيتين.

- محركات الاحتراق الداخلي وتشمل محرك البنزين، محرك дизيل، محرك الهيدروجين، محرك الغاز الطبيعي.
- محركات كهربائية وتشمل محرك كهربائي ذات البطارية و المحركات المهجينة.

١-٢ محركات الاحتراق الداخلي

كلاً من محركات البنزين والديزل والهيدروجين تصنف على أنها من محركات الاحتراق الداخلي لأنها تعتمد على حرق الوقود لانتاج الطاقة المستخدمة في حركة المотор. يتم حرق дизيل ذاتياً بتعربيضه لضغط عالي وحرارة مرتفعة. أما البنزين والهيدروجين فيتم احراقيهما عن طريق احداث شرارة كهربائية. الفرق بين البنزين والهيدروجين أن الهيدروجين يحترق بشكل أنيق وينتج القليل من الانبعاثات الضارة. وقود البنزين والديزل والغاز الطبيعي يتم استخراجهما من النفط الخام. الفرق بين البنزين والديزل في عدد ذرات الكربون في جزيئاتهما. البنزين سائل أخف (كريبون أقل) ودرجة غليانه أقل من дизيل. يتم معالجة البنزين لتحسين قدرته على الاشتعال داخل المحرك. هذه المعالجة تعتمد على تحسين رقم الأوكتان في البنزين. لذلك يتواجد البنزين على سبيل المثال في السوق المصري من فئة 90، 92، 95 وهو رقم الأوكتان في البنزين. بينما في السوق الألماني يتواجد باسم Super E5 وهو يحتوي على أوكتان 95. أيضاً E10 Super E10 وهو يحتوي على أوكتان 95 لكن به نسبة الإيثانول 10%. النوع الثالث من البنزين في ألمانيا هو Super Plus وهو به أوكتان 98.

٢-٢ المحركات الكهربائية

تعتمد المحركات الكهربائية بالأساس على موتور كهربائي يقوم بانتاج العزم المطلوب لحركة السيارة. لذلك أبسط أنواع المотор الكهربائي يمكن استخدامه لتحريك السيارة و المقصود هنا DC Motor إلا إنه لا يستخدم عملياً. ما يستخدم هو ال AC Motor والذي يعتمد على تيار متعدد لانتاج الحقل المغناطيسي المتسبب في دوران قلب المотор. يوجد أيضاً نوعان آخران من المحركات الكهربائية وهما المحرك المغناطيسي الدائم (Permanent Magnet Motor) و محرك الممانعة المترافق (Synchronous Reluctance Motor).

محرك المغناطيسي الدائم يعتمد على وجود مغناطيس دائمه دوار لتوليد المجال المغناطيسي بدلاً من الاعتماد على المجال المغناطيسي المتولد من التيار المتعدد في حالة المотор الحثي AC Motor . وأصبح المحرك المغناطيسي الدائم الخيار المفضل لدى السيارات الكهربائية الحديثة نظراً لكتافته العالية. إلا إنه يحتاج لمعادن أرضية نادرة لانتاجه. أما محرك الممانعة المترافق فيعتمد على تصميم مبتكر للمotor الكهربائي لا يحتاج لوجود مغناطيس دائم وهو من أكثر المحركات الوعادة في السيارات الكهربائية.

أما السيارات الهجينية فتعتمد على محرك احتراق داخلي مع محرك كهربائي غالباً ما يكون محرك مغناطيسي دائم. هذا يعني أنه يمكن تحريك السيارة باستخدام أحد المحركين. كيف يتم التنسيق بين عمل المحركين، هذا يعتمد على معمارية التركيب. فقد يكون تركيب المحركين إما على التوازي أو التوالي أو ازدواج التوازي والتوازي كما سيتم بيانه في شرح جزء نظام نقل الحركة.

٣-٢ مواصفات المحركات

تحدد مواصفات المотор بالسعة والقوة والعزم وعدد دوراته وعدد الأسطوانات ونسبة الضغط. المقصود بسعة المotor أي حجم غرفة الاحتراق، أي كمية الهواء والوقود التي يمكن أن تدخل إلى المحرك خلال دورة كاملة وتقاس بالسي سي أو اللتر. فكلما زادت السعة، زادت الطاقة المنتجة من المotor. عملياً السيارات المتوسطة ذات سعة 1600 سي سي (1.6 لتر) إلى 2500 سي سي (2.5 لتر). مقدار الطاقة التي ينتجه المotor لا تشير إلى قدرته على تحريك المركبة بل هناك ما يسمى قوة المotor التي تعكس قدرته على إنتاج الحركة. فالموتور ينتج الطاقة ويحولها لحركة ميكانيكية. مقدار الطاقة يحدد بسعة المotor وقوة الحركة يُحدِّد بقدرته أو قوته الحصانية Horsepower . فواحد حصان تعادل حوالي 745 واط. عملياً السيارات المتوسطة لديها قوة من 130 إلى 250 حصان. سيارة ذات 200 حصان تعني أنها قادرة على تحريك ما يستطيع 200 حصان تحريكه. تعتمد قوة المotor على كمية الطاقة المنتجة ولكن تعتمد بشكل أكثر على عزم المotor وعدد دوراته طبقاً للمعادلة

$$\text{Horsepower} = (\text{Torque} \times \text{RPM}) \div 5252$$

فعزم المotor هو القوة الخام المنتجة بينما قوة المotor هي المقصود بها قوة حركته. تظهر أهمية عزم المotor عند التسارع من الثبات و عند صعود المرتفعات أو سحب مقودرة. بينما ال RPM يوضح عدد دورات المحرك في الدقيقة، أي كم مرة يدور عمود الكرنك (العمود الرئيسي بالمحرك) حول نفسه في الدقيقة الواحدة. أغلى السيارات العاديّة تدور بين: 700-800 RPM عند التوقف - 4000-6000 RPM عند القيادة الطبيعية - 6000-7000 RPM عند الضغط الكامل (Redline). العزم عادة يظهر عند RPM أقل، لهذا تشعر أن السيارة "تنسُد" بقوة في السرعات المنخفضة، بينما القوة الحصانية تبرز عندما تسرع أكثر.

٤-٢ انبعاثات المحركات

من العوامل التي يجب اعتبارها في توصيف المotor هي الانبعاثات الناتجة عن هذه المحركات. محركات الاحتراق الداخلي مسؤولة عن الكثير من الانبعاثات الضارة وهي :

- ثاني أكسيد الكربون وهو أحد أسباب الاحتباس الحراري.
- أول أكسيد الكربون وهو غاز سام يؤثر على الجهاز التنفسى.
- أكاسيد النيتروجين NOx وتساهم في تكون الضباب الدخاني والأمطار الحمضية كما أنها ضارة للرئتين.
- الهيدروكربونات غير المحترقة وهي مركبات عضوية قد تكون سامة أو مسرطنة.
- الجسيمات الدقيقة وتسبب مشاكل تنفسية وأمراض القلب والرئة.

السيارات الهجينية تتبع منها أيضاً هذه العوادم لكن بنسبة أقل. أما السيارات الكهربائية فلا يصدر منها هذه الانبعاثات. لكن عملية تصنيع البطاريات والسيارات الكهربائية تتسبب في انبعاثات كربونية أعلى أثناء التصنيع مقارنة بالسيارات التقليدية، بسبب الطاقة المطلوبة لصنع البطاريات. بعض الدراسات تشير إلى أن تصنيع سيارة كهربائية قد ينتج من 30% إلى 70% انبعاثات أكثر في البداية. كما أن نفاثات البطاريات تحتوي على مواد سامة قد تلوث التربة والمياه. الجدول التالي يوضح بالأرقام كمية ثاني أكسيد الكربون المنبعثة من المحرك الكهربائي والاحتراق الداخلي.

المرحلة	السيارة التقليدية (CO ₂ طن)	السيارة الكهربائية (CO ₂ طن)
تصنيع السيارة (بدون البطارية)	7	7
تصنيع البطارية	5	0
الاستخدام (مدى الحياة)	10	30
إعادة التدوير والتخلص النهائي	2	1

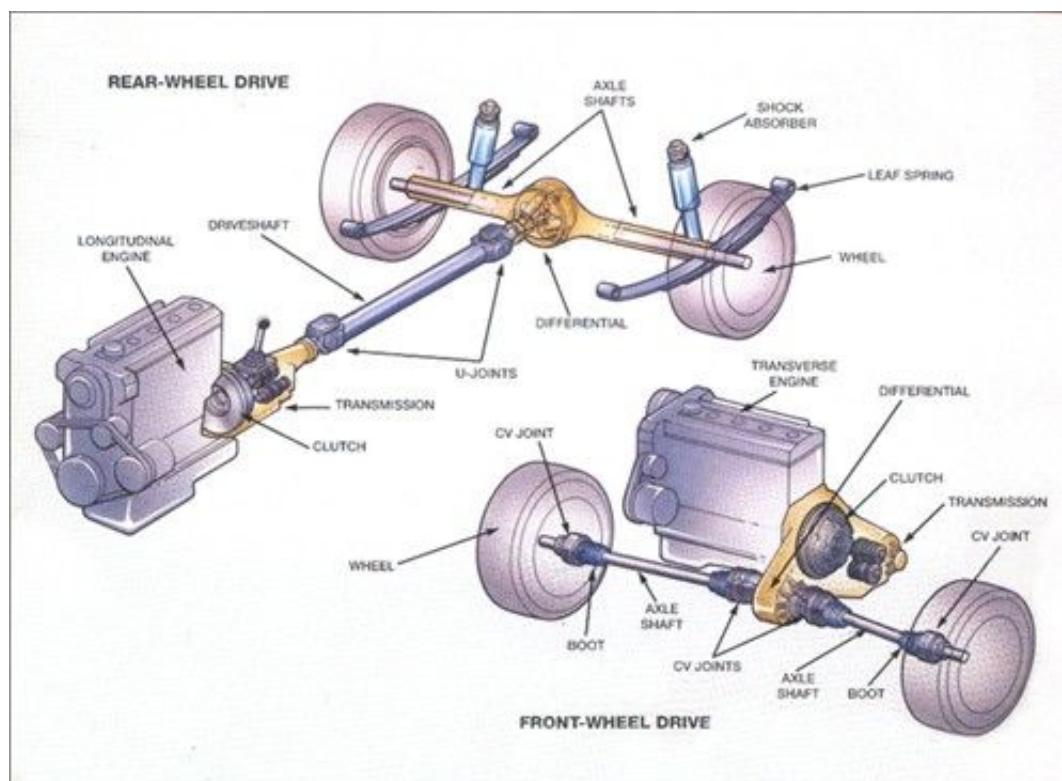
جدول ١: انبعاثات سيارات الاحتراق والكهربائية

٣ نظام نقل الحركة

هو النظام المسؤول عن نقل الطاقة الحركية المتولدة في المотор إلى الإطارات لدفعها وتحريك السيارة. يتكون هذا النظام من: القابض (الدبرياج) - صندوق السرعات (الفنتيس) - صندوق الجر النهائي والتروس الفرقية (ديفرينشিযال) - عمود الإدارة (عمود الكردان) - المحاور. يشغل هذا النظام جزءاً أساسياً من سيارات الاحتراق الداخلي والسيارات الهجينية، أما السيارات الكهربائية فإن المحرك الكهربائي هو من يقوم بنقل الحركة إلى العجلات مباشرة دون الحاجة إلى صندوق تروس مثلاً.

١-٣ نقل الحركة في سيارات الاحتراق الداخلي

لفهم تركيبة هذا النظام ينبغي العلم بأن المحرك يمكن وضعه في السيارة طولياً (Longitudinal) أو عرضياً (Transverse) كما هو موضح بالشكل ١

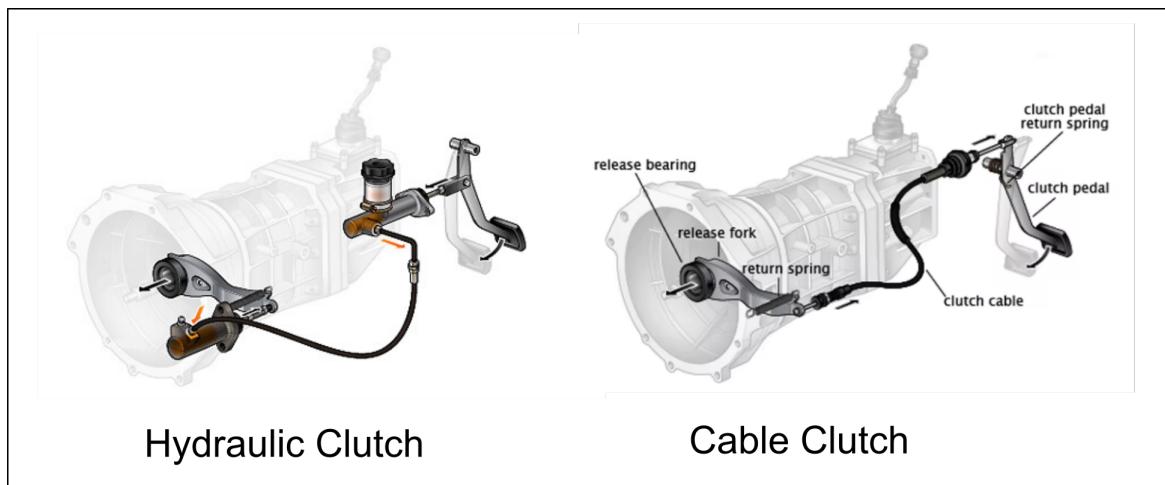


شكل ١: موضع المحرك [6]

في الحالتين يتصل نظام الحركة (Drive Train System) بالمحرك عن طريق القابض (الدبرياج) الذي وظيفته هو الالتصاق مع المحرك لنقل الحركة إلى صندوق التروس ثم إلى عمود الإدارة ثم المحاور والإطارات.

١-١-٣ الدبرياج

هو الجزء الذي ينقل حركة المحرك إلى صندوق التروس عن طريق قرص الدبرياج كما أن وظيفته أيضاً هو فصل حركة المحرك عن صندوق التروس. أي أنه يستخدم لتوصيل وفصل حركة المحرك عن صندوق التروس. في السيارات ذات التحكم اليدوي يقوم السائق بفصل وتوصيل حركة المحرك عن طريق الدفع على دواسة الدبرياج التي بدورها تنقل ضغط الدفع إلى قرص الدبرياج عن طريق إما سائل هيدروليكي أو سلك صلب.

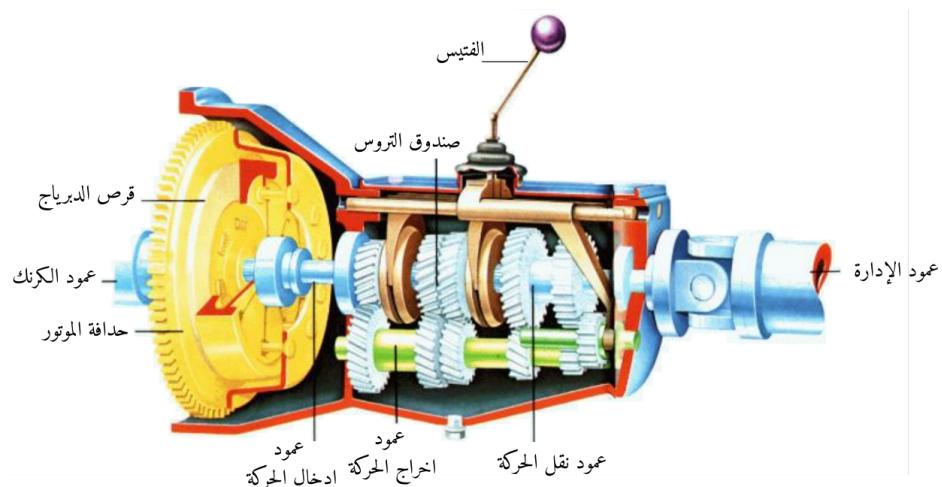


شكل ٢: الدبرياج

بينما في السيارات الآلية يتم فصل وتوصيل قرص الدبرياج الإلكتروني عن طريق وحدة تحكم إلكترونية في السيارة.

٤-١-٣ صندوق التروس

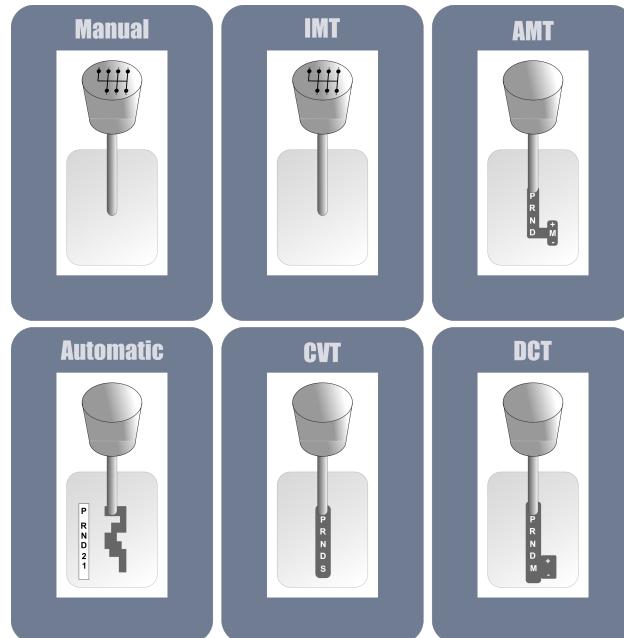
عن طريق مجموعة تروس يتم نقل سرعة دوران المحرك (المنتقلة عن طريق قرص الدبرياج) إلى سرعة دوران آخر عن طريق تعشيق مجموعة التروس حسب السرعة المراده. من خلال صندوق التروس يتم تغيير أيضاً اتجاه حركة السيارة.



شكل ٣: صندوق التروس [7]

يحدد صندوق التروس نوع ناقل الحركة في السيارة. شكل ٣ يبين النوع الأساسي وهو اليدوي (Manual Transmission) والذي يتحكم فيه السائق في مستوى السرعة بنفسه عن طريق الفتيس والدبرياج. النوع الثاني هو اليدوي الذكي (Intelligent) وفيه نفس صندوق تروس اليدوي ولكن السائق يتحكم في السرعات عن طريق الفتيس دون

الحاجة إلى دواسة الدبرياج أي أن السائق بنفسه بينما تقوم السيارة الإلكترونية بفصل حداقة المотор عن قرص الدبرياج. النوع الثالث هو الأوتوماتيك العادي وفيه يختلف صندوق السرعات عن الصندوق اليدوي لكن ميزته الأساسية أن السائق لا يحتاج لتغيير السرعات بنفسه وبالتالي لا حاجة أيضاً لدواسة الفتيس. النوع الرابع هو الخلط اليدوي والآوتوماتيك (Automated Manual Transmission) وفيه تعمل السيارة بالأساس بتغيير السرعات آوتوماتيكياً مع وجود إمكانية للسائق أن يقود بالتحكم اليدوي عن طريق إزاحة عصا الفتيس إلى مؤشر (M) ثم يتسارع أو يتباطئ بتحريك الفتيس إلى + أو - . النوع الخامس هو الصندوق المتغير باستمرار (Continuously Variable Transmission) وهو صندوق تروس آوتوماتيك ولكن المختلف فيه أن مجموعة التروس لا تتصل أنسانها ببعضها البعض مباشرةً ولكن عن طريق سير يربطهم ببعض. يتم اختيار السرعة آوتوماتيكياً عن طريق تغيير قطر السير. ميزة هذا النوع هو أن السرعة تنتقل من درجة إلى أخرى بسلامة عالية دون الشعور بالقطاع السريع. النوع السادس هو الصندوق ذو القابض المزدوج (Dual Clutch Transmission) وهو من فئة الآوتوماتيك إلا أن صندوق التروس فيه يشبه اليدوي مع الاختلاف أن تروس السرعات الفردية تدور على محور بينما تروس السرعات الزوجية تدور على محور آخر وتنتقل السرعة من أحد هذين المحورين إلى محور إخراج الحركة آوتوماتيكياً من السيارة. وكل من المحور الفردي والزوجي قرص الدبرياج الخاص به. السبب وراء هذا التصميم هو أن تستطيع السيارة مسبقاً الإعداد للسرعة التالية لتقليل زمن فصل المотор عن قرص الدبرياج مما يساعد على توفير استهلاك البنزين. هذا النوع يستخدم غالباً في السيارات الرياضية.



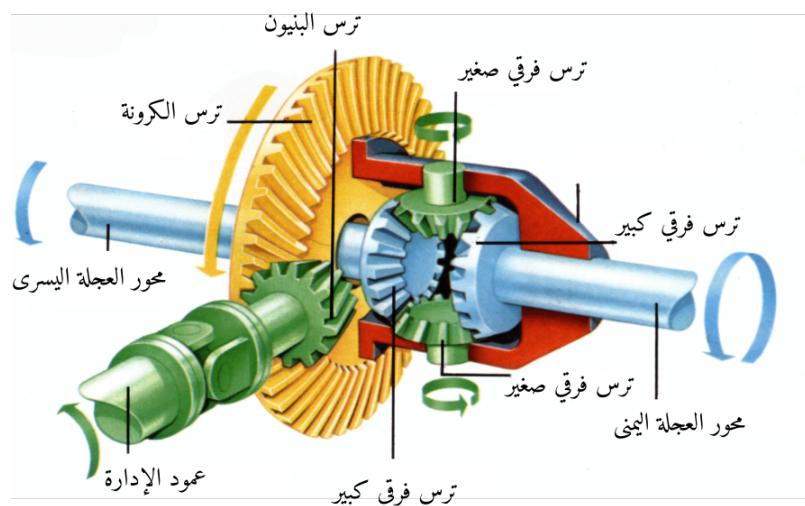
شكل ٤: أنواع نقل الحركة (الفتيس ودرجاته يختلف من سيارة لأخرى)

٣-١-٣ عمود الإدارة

في حالة السيارات التي يتطلب فيها دفع من العجلات الخلفية، يتم نقل الحركة من صندوق التروس إلى هذه العجلات الخلفية عن طريق عمود الإدارة الذي يتصل بالدiferينشیال الخلفي لتوزيع الحركة على العجلات الخلفية.

٤-١-٣ الدiferینشیال

هو مجموعة تروس أخرى تنقل الحركة من عمود الإدارة إلى العجلات ، من خلاله يمكن السماح بدوران العجلتين على المحور الواحد بسرعتين مختلفتين عند السير في المنعطفات مثلًا.

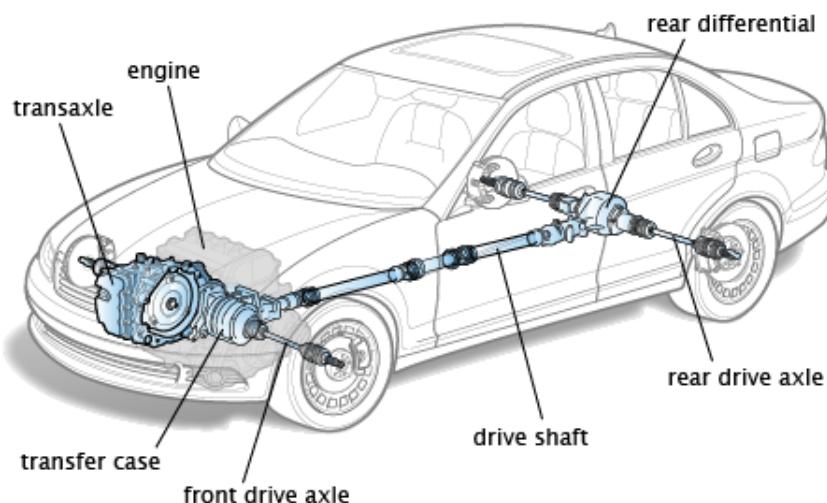


شكل ٥: الدفرينشيال [8]

حسب نظام دفع السيارة فقد يكون الدفرينشيال خلفياً عند محور العجلات الخلفية أو أمامياً مدمجاً مع صندوق السرعات.

٥-١-٣ المحاور

هي العمود الذي يدور حوله عجلات السيارة. المحاور الأمامية والخلفية متشابهة فيما عدا أن المحاور الأمامية يمكن توجيهها بميناً ويساراً حسب نظام التوجيه.

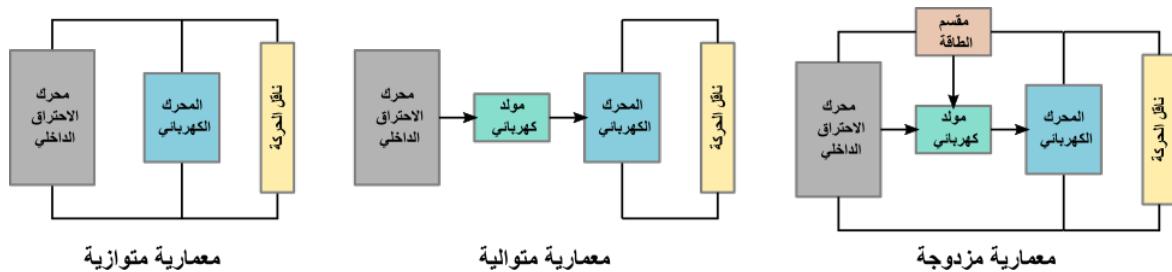


شكل ٦: المحاور و نظام الحركة في الدفع الخلفي [9]

٤-٣ نقل الحركة في السيارات الهجينة

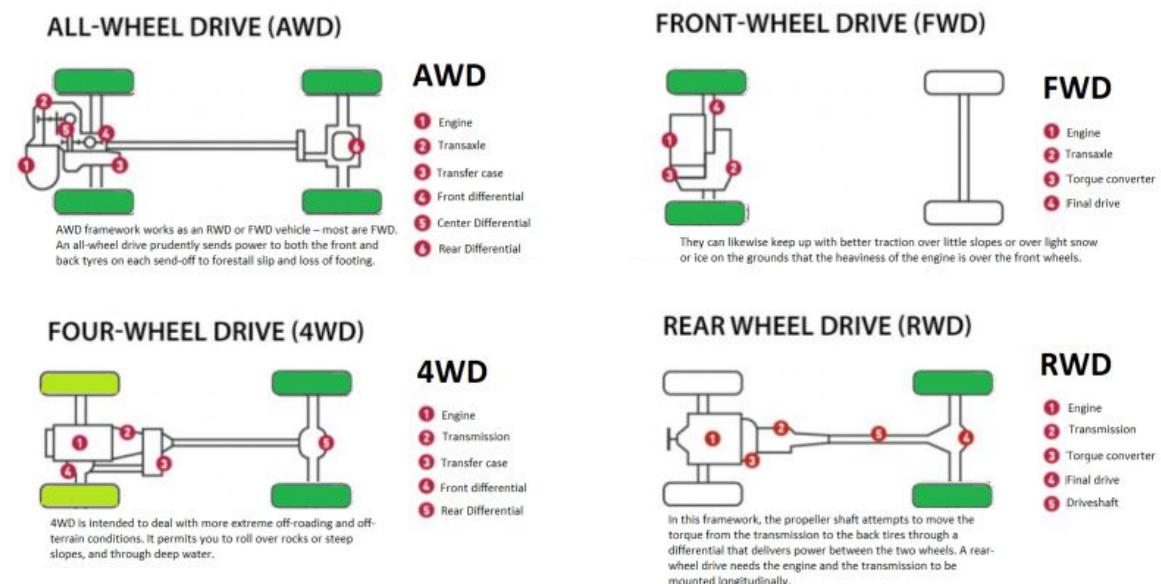
بشكل أساسي يجب أن يتواجد نظام نقل الحركة في السيارات الهجينة مثل ما هو متواجد في سيارات الاحتراق الداخلي. بالإضافة في السيارات الهجينة هو وجود محركين. لذلك يجب التنسيق في عملية نقل الحركة من أحد المحركين أو كلاهما إلى نظام نقل الحركة وبالتالي إلى العجلات. هذا التنسيق يتم تطبيقه باستخدام معمارية متوازية أو متوازية أو مزدوجة. معمارية التركيب المتوازي يمكن للمحركين تشغيل العجلات في نفس الوقت. أما معمارية التركيب المتوازي يكون فيها محرك الاحتراق الداخلي هو مصدر الطاقة والمحرك الكهربائي هو مصدر الحركة. يمد محرك الاحتراق الداخلي المحرك الكهربائي بالطاقة عن طريق

مولد كهربائي. أما المعمارية المزدوجة فيمكن فيها لمحرك الاحتراق الداخلي أن يمد الطاقة للمحرك الكهربائي كما أنه يمكنه تحريك العجلات.



شكل ٧: معمارية المحركات الهجينة

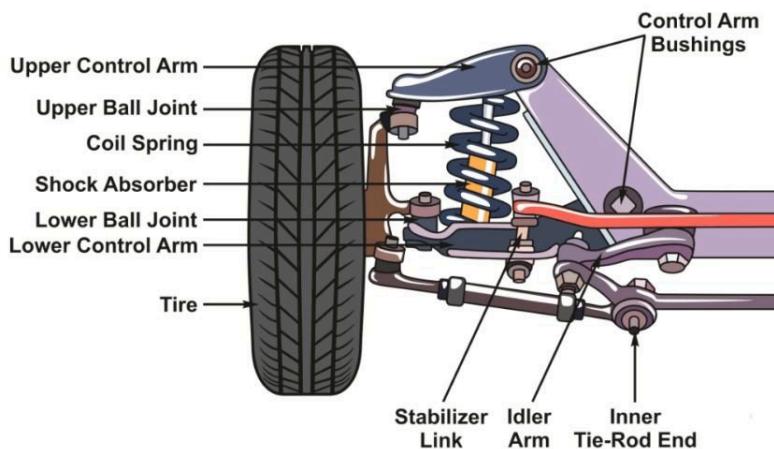
٤ نظام الدفع



شكل ٨: أنواع نظام الدفع [10]

٥ نظام التعليق (Suspension)

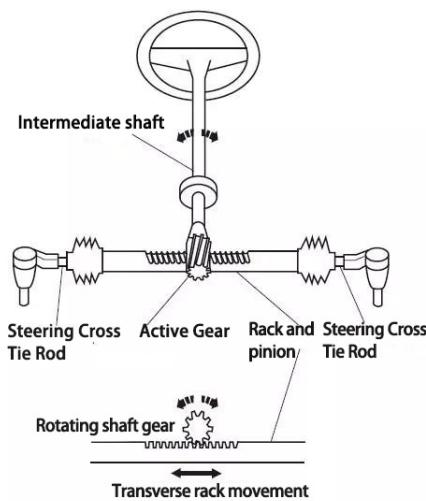
الغرض من هذا النظام هو امتصاص الصدمات الناتجة عن عدم استواء سطح الطريق وتحقيق الثبات عند المنعطفات أو التوقف المفاجئ. ويكون بشكل أساسي من: المساعدات (Shock Absorbers) - اليارات (Springs) - أذرع التحكم (Control Arms) - المفاصل الكروية (Ball Joints) - المثبتات (Arms Stabilizer Bars).



شكل ٩: نظام التعليق [11]

٦ نظام التوجيه (Steering System)

هو النظام المسؤول عن التحكم بمسار السيارة وتوجيه عجلات السيارات. كانت صناعة السيارات في البداية تعتمد على هذا النظام ميكانيكيًا لتوجيه السيارة وبالتالي فإن توجيه عجلة القيادة كان يعتمد على القوة اليدوية للسائق للتوجيه. لكن هذا النظام اليدوي لم يعد يصنع وبالأساس يستخدم ما يعرف بالباور ستيرنج حيث يتم نقل التوجيه من عجلة القيادة إلى العجلات بمساعدة هيدروليكي أو كهربائي أو هيدروليكي كهربائي. كما أنه يوجد أنواع حديثة من التوجيه مثل التوجيه بالعجلات الأربع (Four Wheel Steering) والتوجيه بالسلك (Steer by Wire). يتكون نظام التوجيه بشكل ساسي من عجلة القيادة وعمود التوجيه - القضيب المسنن وتروس البنions - أذرع التوجيه.



شكل ١٠: نظام التوجيه [12]

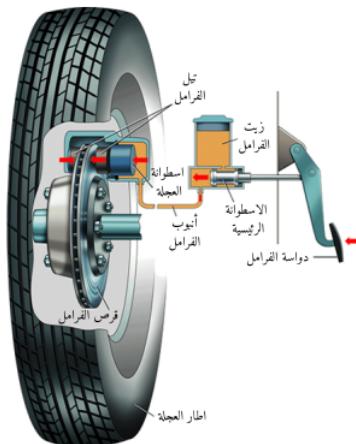
هناك عدة تقنيات لطريقة تحريك القضيب المسنن، فمنها الهيدروليكي ومنها الكهربائي وكهربائي معاً. في الغالب يتحكم السائق في توجيه العجلات الأمامية فقط أي أن العجلات الأمامية فقط هي من تستطيع الانحراف يميناً ويساراً. إلا أن هناك بعض التقنيات الحديثة والتي يمكن فيها توجيه العجلات الخلفية يميناً ويساراً ولكن هذا يتم التحكم بشكل أساسي عن طريق وحدات التحكم الإلكترونية والحساسات. في تقنية التوجيه بالسلك يتم الاستغناء عن عمود التوجيه واستبداله بأسلاك

كهربائية. أي أن حركة عجلة القيادة غير متصلة ميكانيكياً بالقضيب المسنن وإنما يتم إرسال الحركة عبر إشارات إلكترونية والتي تتحكم تاليًا في مقدار انحراف العجلات.

٧ نظام الفرامل

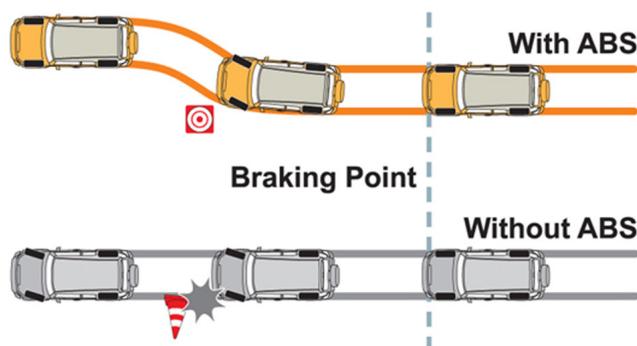
يعتمد هذا النظام في غالبية السيارات على نظام هيدروليكي كي يستخدم في ايقاف السيارة أو تخفيض سرعتها. يتكون هذا النظام بشكل أساسي من:

- دواسة الفرامل: وهي الدواسة التي يكبس عليها القائد يقدمه لکبح السيارة.
- الاسطوانة الرئيسية: والتي بها زيت الفرامل.
- أثابيب الفرامل لنقل زيت الفرامل من الاسطوانة الرئيسية إلى العجلات.
- اسطوانة العجلة: تستقبل ضغط السائل لتحوله إلى ضغط على تيل الفرامل.
- تيل الفرامل: هي المكابس التي تمسك على قرص الفرامل لتوقف حركته.
- قرص الفرامل: هو قرص يدور مع العجلة، لکبح العجلة يتم التحكم في هذا القرص عند طريق تيل الفرامل.



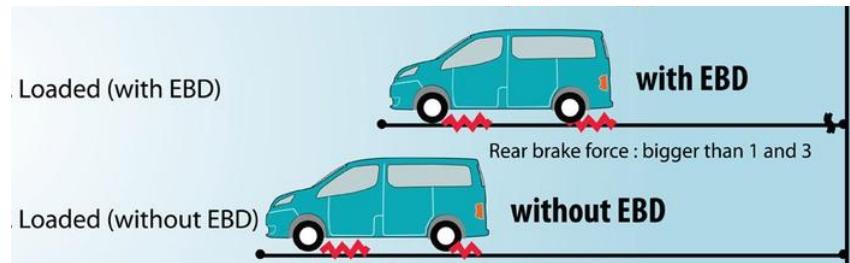
شكل ١١: نظام الفرامل [13]

نظرًا لأهمية هذا النظام في الحفاظ على أمان وسلامة الركاب فإن هناك خصائص متقدمة لتعزيز فعالية هذا النظام. أولها هو نظام مانع الانغلاق (ABS) وفيه يمكن للقائد أن يتحكم في اتجاه حركة العجلات أثناء الضغط على الفرامل. فبدونه عند الضغط على الفرامل لا يمكن توجيه السيارة لأن الإطارات لا تدور عند الكبح بينما نظام ABS يسمح بذلك.



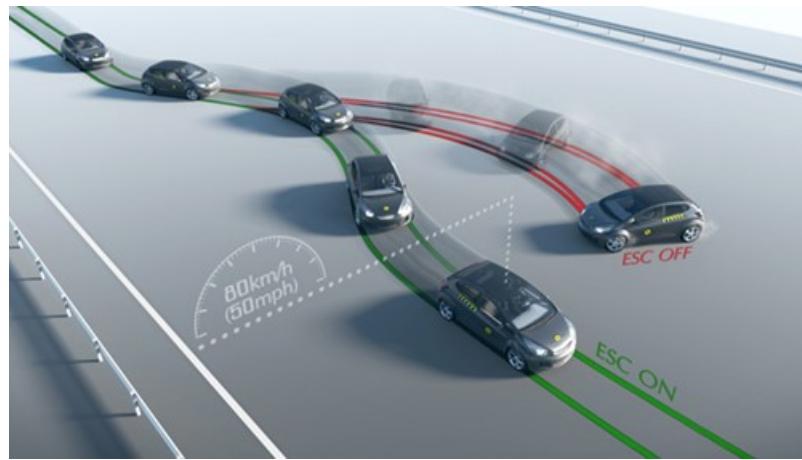
شكل ١٢: [14] ABS

الخاصية الثانية هي خاصية توزيع قوى الفرامل (Electronic Brakeforce Distribution - EBD) وفيها يتم توزيع قوى الفرامل على العجلات الأربع عن طريق التحكم في ذلك الكترونياً حسب الحمولة الموجودة في السيارة.



شكل ١٣ : [15] EBD

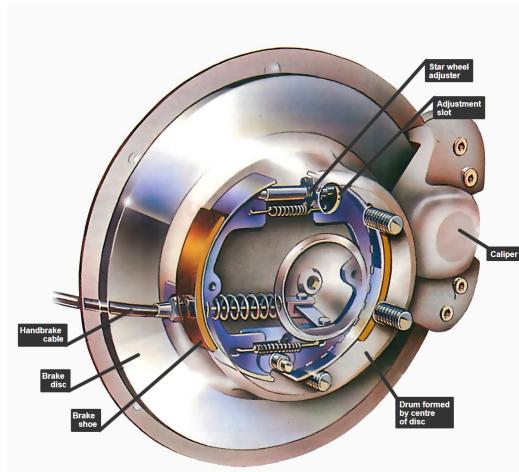
الخاصية الثالثة هي خاصية التحكم في توازن وثبات السيارة الكترونياً (Electronic Stability Control - ESC). وهي خاصية تمنع انزلاق السيارة عند الفرملة مع الانعطاف.



شكل ١٤ : [14] ESC

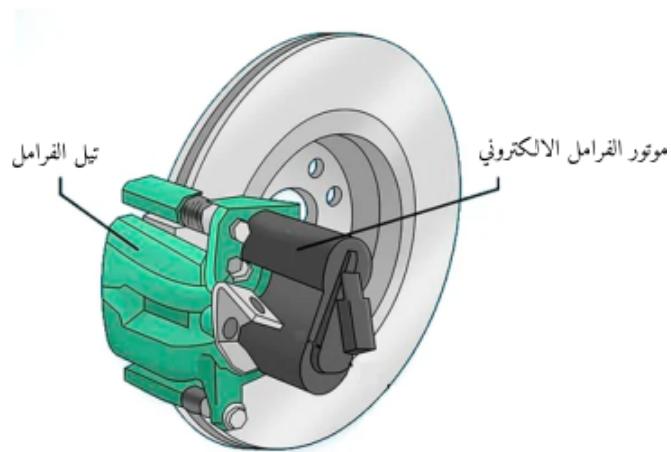
الخاصية الرابعة هي نظام الفرملة المساعد (Break Assist) و فيه تطبق قوة زائدة من قبل وحدة التحكم في السيارة عند الفرملة عند الطوارئ.

فرامل اليد في السيارات هي وسيلة أخرى لکبح السيارة ولكن هذه ليست وظيفتها الأساسية. هي بالأساس تستخدم لتثبيت السيارة عند المرتفعات والمنحدرات فتتوقف السيارة عن الحركة دون الحاجة للدوس على دوامة الفرامل. عند الطوارئ أثناء السيارة يمكن استخدام فرامل اليد لکبح لكنها لن توقف السيارة تماماً. وذلك لأن فرامل اليد هو نظام ميكانيكي بالأساس، فعند سحب مقبض فرامل اليد يتم سحب سلك ميكانيكي متصل بالعجلات الخلفية للسيارة. يقوم هذا السلك ميكانيكاً بکبح قرص الفرامل لمنعه عن الحركة. في الغالب يتم دمج فرامل اليد مع قرص الفرامل عن طريق ما يعرف بطلبة الفرامل وهي جزء ميكانيكي يتم إضافته يعتمد على جوانح جانبية تتعدد عرضياً لمقاومة دوران الطلبة مع قرص الفرامل. طلبة الفرامل هي غطاء معدني يتم تركيبه على قرص الفرامل ويدور معه فحينما يتوقف فهذا يعني توقف القرص عن الدوران وبالتالي العجلات. عند سحب سلك فرامل اليد فإنه يقوم ميكانيكيًا بالسماح للإيارات الداخلية بالتردد لكي تضغط على الجوانح الجانبية أو ما يعرف ب أحذية الفرامل.



شكل ١٥: طبلة الفرامل [16]

حديثاً السيارات يتم تصنيعها بنظام فرامل يد الكتروني والذي فيه زر الكتروني عند قمرة القيادة يرسل عند الضغط عليه اشارة الكترونية إلى وحدة التحكم الالكترونية والذي بدوره يرسل اشارة إلى موتور صغير عند العجلات الخلفية يقوم بشد المكابح ويثبت السيارة. هذا المотор في الغالب يتم تركيبه فوق تiel الفرامل.



شكل ١٦: موتور الفرامل الالكتروني [17]

٨ نظام الوقود

١-٨ وقود سيارات الاحتراق الداخلي

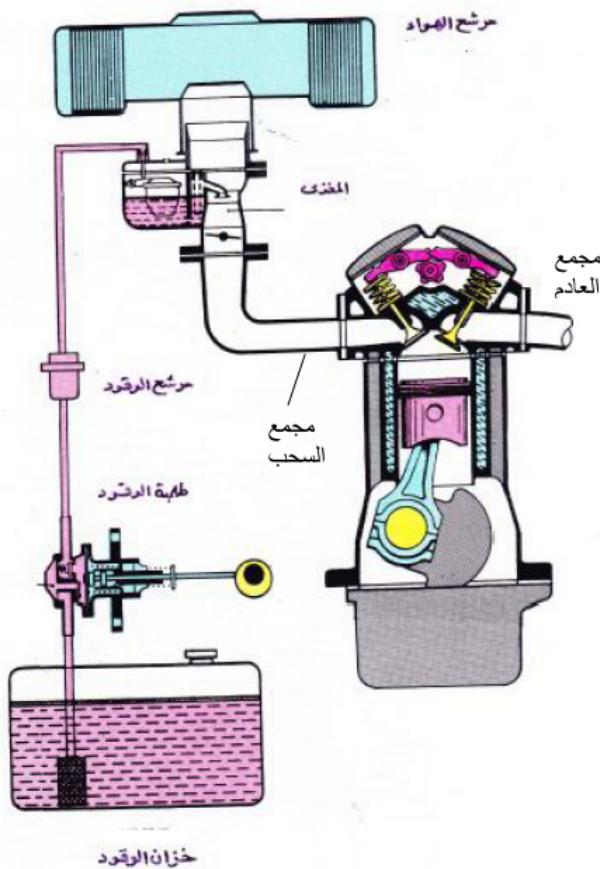
بالنسبة للسيارات التي تعمل بالبنزين أو дизيل فإن نظام الوقود بها يتكون من الوحدات التالية:

- ١- خزان الوقود: ويحتوي على الوقود (البنزين أو дизيل) ويتم تركيبه في أسفل السيارة، في الخلف أو تحت (على الشاسي).
- ٢- مضخة الوقود: توجد في الخزان او على المحرك (في بعض المحركات) وظيفته سحب الوقود من الخزان وضخه إلى المكونات الأخرى في نظام الوقود .
- ٣- مقياس الوقود: ويكون من عوامة موجودة داخل خزان الوقود مع مضخة الوقود ومقاييس ثانوي في الطبلون داخل السيارة، ويستخدم لقياس كمية الوقود وإظهار علامات أو إشارات تحذيرية اذا كان مستوى الوقود منخفض جداً داخل الخزان.

٤- فلتر الوقود: يقوم بتنقية الوقود من الشوائب والرواسب الصلبة التي تكون في الخزان نتيجة العوامل أو المحطات الغير نظيفة، وهذا يساعد على حماية المكونات الحساسة في نظام الوقود والمotor.

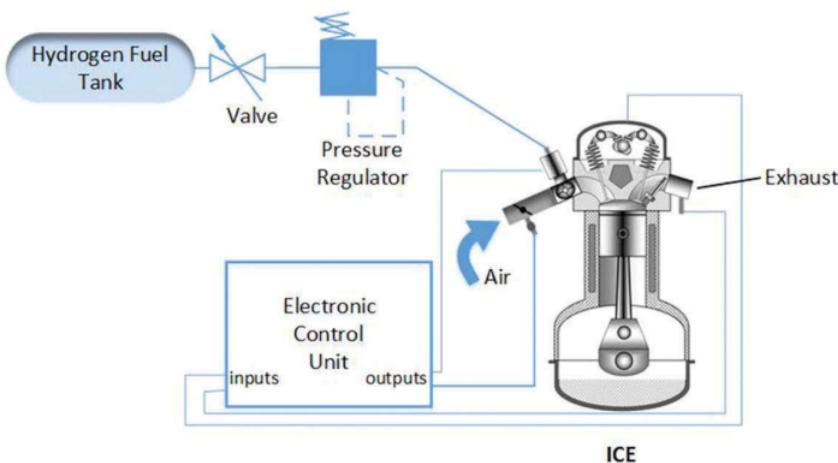
٦- الكربراتير (المغذى) في السيارات البنزين (القديمة): يقوم بمزج الهواء والوقود وتحويلهما إلى خليط قابل للاشتعال يتم إرساله إلى غرف الاحتراق لحرقه. كان يستعمل نوع من الكربراتير يسمى TBI والذي يحول البنزين إلى رذاذ ويخلطه مع الهواء وهو مغذي مركزي أي يقوم بتوزيع هذا الرذاذ مع الهواء إلى سلندرات المотор بالتساوي. ثم تطورت هذه التكنولوجيا إلى MPI وهي تعتمد على وضع بخاخ لكل سلندر. ثم تطورت لتصبح GDI وبها يوضع البخاخ داخل السلندر. وكل هذه لتحسين الأداء واستهلاك الوقود.

٧- شمعات الإشعال (البواجي): شمعات الإشعال مسؤولة عن إشعال خليط وقود الهواء داخل غرف الاحتراق، بحيث يتم توليد شرارة كهربائية عبر فجوة صغيرة، يؤدي لإشعال خليط الهواء والوقود المضغوط، وتعتبر هي بدء عملية الاحتراق.



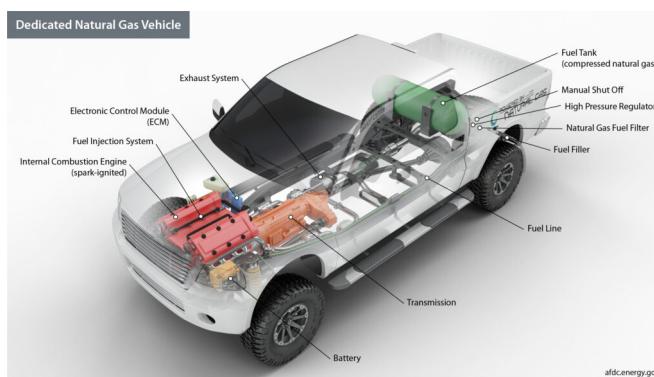
شكل ١٧: نظام الوقود

أما بالنسبة لسيارات الاحتراق الهيدروجيني فنظام الوقود فيها يعمل بنظام مشابه مع اختلاف نوع الوقود وهو الهيدروجين في هذه الحالة. يتم تعبئة الهيدروجين في صورته الغازية عند ضغط 700 بار في خزان الوقود. هنا تكمن خطورة سيارات الاحتراق الهيدروجيني حيث أن هذا الغاز المضغوط معرض لانفجار إذا حدث تسرب للغاز أو تعرض للضغط والحرارة الشديدة. هناك بعض الأبحاث تشير إلى أنه يمكن استخدام الهيدروجين في صورته الصلبة أو السائلة. وبالرغم من أنها أكثر أماناً إلا أنهما تجارياً لا يستخدما لأن الهيدروجين السائل يحتاج للتبريد ومعرض للتبخّر، أما الهيدروجين الصلب فيجعل وزن السيارة مرتفع نسبياً كما أنه يحتاج لبعض الوقت في الشحن والإفراغ.



شكل ١٨: نظام احتراق الوقود الهيدروجيني [1]

أما بالنسبة لسيارات الاحتراق الداخلي التي تعمل بالغاز الطبيعي فهي تعتمد على الغاز الطبيعي (CNG – Compressed Natural Gas) وهو غاز طبيعي مضغوط ومحول للحالة السائلة يحتوي على عنصرين أساسين غاز البيوتان: و يمثل حوالي 60% و غاز البروبان و يمثل 40%. عند ضغط نواعين الغاز مع بعضهما، أو تبريده، يتم تحويله إلى سائل داخل أنبوبة. تلك العنصرين، يقوموا بإنتاج أوكтан عالي يصل إلى 110 أوكتان. يتكون نظام وقود الغاز الطبيعي من خزان الوقود - مواسير توصيل من الخزان إلى البخاخات - بخاخات خاصة - حساس حرارة وضغط - منظم ضغط - فلتر صمامات أمان.



شكل ١٩: نظام وقود الغاز الطبيعي [2]

٤-٨ نظام وقود السيارات الكهربائية

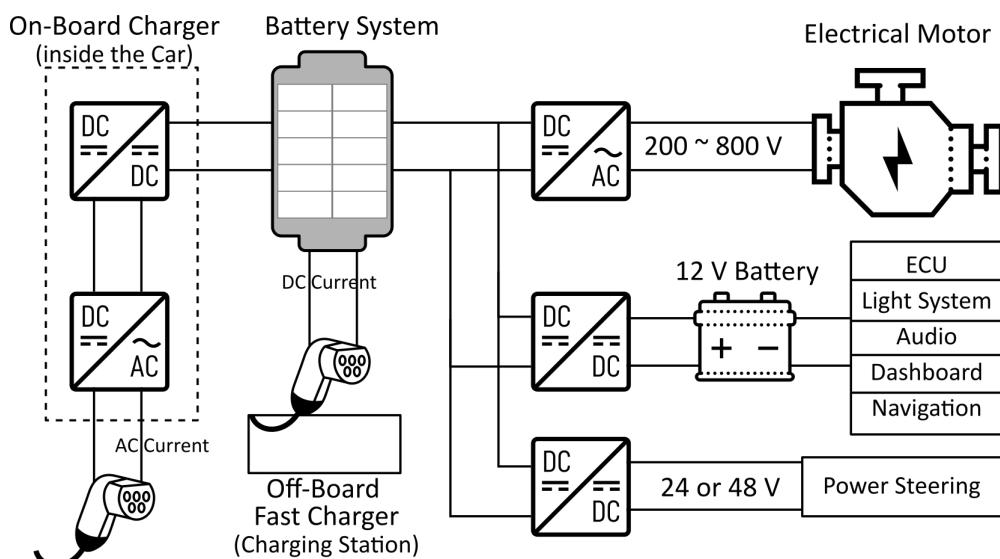
ليس وقوداً فيزيائياً ولكن ما يمد السيارات الكهربائية بالطاقة هو الجهد الكهربائي الذي يتم تخزينه في بطاريات السيارات الكهربائية. لذلك من المفيد معرفة كيف يتم تخزين الجهد أو الطاقة الكهربائية وكيف يتم توزيعها في مكونات السيارات الكهربائية. ويتساوى في ذلك السيارات ذات المحرك الكهربائي والسيارات ذات المحركات الهجينة. أي أن آلية تخزين الطاقة وتوزيعها يتتشابه في النوعين. هذه الطاقة هي التي تستخدم من قبل المحركات لدفع السيارة وتحريكها. إلا أن ليست كل السيارات الكهربائية قادرة على تحريك السيارة لمسافات بعيدة بل أن هناك نوعاً من السيارات الهجينة لا يستطيع مоторه تحريك السيارة الكهربائية أصلاً. ففي السيارات الهجينة الخفيفة Mild Hybrid Electric Vehicle (MHEV) لا يستطيع المотор تحريك السيارة الكهربائية. بل هو يستخدم فقط لتعزيز عزم حركة محرك الاحتراق الداخلي عند إنطلاق السيارة وفي المرتفعات. أي أنه يمد قدرًا من الطاقة لمحرك الاحتراق الداخلي لكنه لا يمكن استخدامه في سير وتحريك السيارة لوحده. هذه السيارات تسمى Mildhybrid وهي ذات محرك كهربائي محدود القدرة والطاقة يستخدم كمساعد لمحرك الاحتراق الداخلي. يتم شحن بطارية هذه السيارات من الطاقة المتولدة من محرك الاحتراق الداخلي. سعة بطاريات هذه السيارات صغيرة جداً يتراوح ما بين 0.2 إلى 0.5 كيلو واط ساعة وهو لا يوفر الطاقة المناسبة لتحريك السيارة.

أما السيارات الهجينة التقليدية (HEV) (أحياناً تسمى سيارات vollhybrid) وهي التي يمكن لمحركها الكهربائي تحريك السيارة حيث أن بطاريات هذا النوع يتم شحنها من قبل الطاقة المترددة من محرك الاحتراق الداخلي وعن طريق الطاقة المسترجعة أثناء الكبس على المكابح. سعة بطاريات هذه السيارات صغيرة جداً يتراوح ما بين 0.8 إلى 2 كيلو واط ساعة وهو يتيح للسيارة المسافة قصيرة جداً حوالي 2 كم. أما إذا أردت الاعتماد على سيارة هجينة للسير لمسافات أطول فهناك السيارات الهجينة القابلة للشحن الخارجي (PHEV). Plug-In Hybrid Electric Vehicle (PHEV) بطاريات هذه السيارات يتم شحنها من مصدر تيار كهربائي خارجي ما يتبع إمكانية استخدام بطاريات ذات سعة أكبر بين 8 إلى 20 كيلو واط ساعة. هذه السيارات يمكن استخدامها للسير لمسافات أطول نسبياً من 30 إلى 80 كم.



شكل ٢٠: أنواع السيارات الكهربائية [3]

فكمية الطاقة التي يمكن تخزينها في البطاريات يحدد المدى الذي يمكن للسيارة أن تقطعه. بشكل عام السيارات الكهربائية و الهجينة القابلة للشحن الخارجي (PHEV) مصممة للسير لمسافات أطول وذلك لإمكانية توصيلها بمصدر خارجي للشحن. فنظام الشحن فيما يبدأ بما يسمى (OBC) On Board Charging والذي يوصل التيار المتواصل DC Current إلى البطارية لتخزين الطاقة التي يتم توزيعها على الأجزاء الأخرى من السيارة. فيتم إرسال تيار متعدد AC Current إلى المотор عن طريق محول التيار ثلاثي الجهد DC/AC Converter . والأجزاء الكهربائية الأخرى يتم إمدادها بتيار متواصل عن طريق DC/DC Converter .



شكل ٢١: نظام الطاقة في السيارات الكهربائية

مصدر الشحن الخارجي قد يكون مصدر تيار كهربائي منزلي عادي (220 ~ 240 فولت) أو محطات شحن مخصصة. التيار الكهربائي العادي يتم توصيله بالسيارة والتي تقوم بدورها بتحويل هذا التيار المتعدد إلى تيار متواصل عن طريق وحدة

ال On-Board Charger . بينما تيار محطات الشحن يكون تيار متواصل DC Current عالي الجهد من 200 إلى 400 فولت. سواء كان الشحن من كهرباء المنزل أو محطات الشحن فإن منفذ الشحن في السيارة واحد لكن يختلف المقابس. فكل تيار نقاط توصيل مخصصة في المقابس كما مبين في الشكل ٢٢

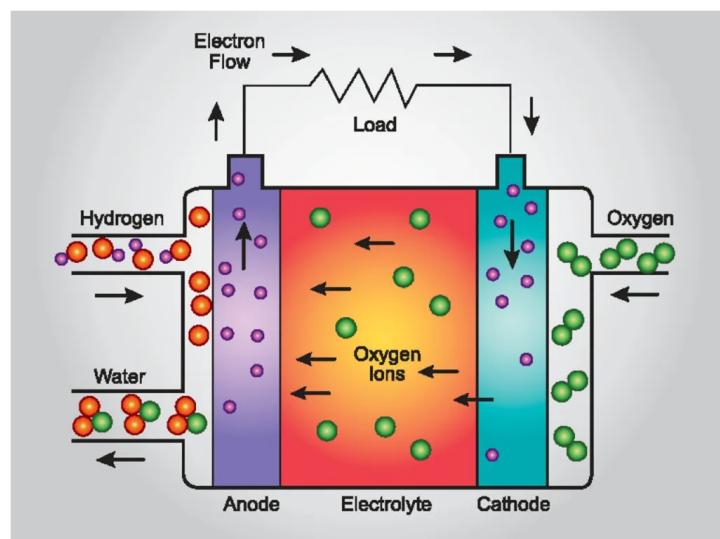
	Japan	America	China	Rest of World
AC Charging	J1772, Type 1	J1772, Type 1	GB/T	Mennekes, Type 2
DC Charging	CHAdeMO	CCS1	GB/T	CCS2

شكل ٢٢: مقابس شحن الكهرباء [4]

على سبيل المثال فإن المقابس في النظام الأوروبي CCS2 بها جزئين، الجزء العلوي يستخدم عند الشحن المنزلي، بينما عند الشحن من المحطات يستخدم الجزئين معاً حيث أن السيارة تدير وتحكم في نقاط التوصيل بنفسها ولكن المقصود أن التيار المتواصل يتم إيصاله من خلال الجزء السفلي.

الشحن من كهرباء المنزل يسمى شحن بطيء لأنه يعتمد الطاقة القصوى التي يمكن تحويلها من خلال ال OBC . فحتى إذا كان المصدر المنزلي قادر على توفير 7.2 كيلو واط (240 فولت * 30 أمبير) فإن كون ال OBC ذو سعة 3.6 كيلو واط يحدد معدل شحن البطارية طبقاً لقدرته القصوى. بينما في حالة الشحن من المحطات فإنه أسرع لأنه يستطيع شحن البطارية مباشرة بمعدل أسرع.

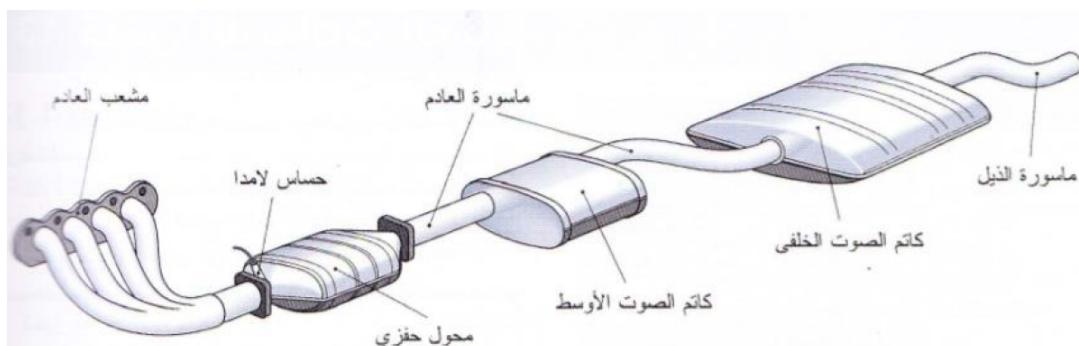
خلاف شحن البطارية من خلال خط الكهرباء المنزلي أو خط كهرباء المخصص السريع فإن هناك وسيلة تقنية أخرى لشحن البطارية وهي عن طريق ما يسمى بخلايا الوقود الهيدروجينية. حيث يتم فيها بالحصول على الجهد الكهربائي المطلوب من تفاعل كيميائي بين الهيدروجين والسائل وأكسجين الهواء. فبدلاً من الاعتماد على خط الكهرباء المباشر يتم ملأ خزان وقود سائل هيدروجيني ومنه يتم الحصول على الجهد المطلوب لشحن البطارية. تتميز هذه التقنية بأنها تسرع عملية شحن السيارة، حيث يتم ملأ السيارة بالوقود في ثلات إلى خمس دقائق ويتم التفاعل الكيميائي المطلوب داخل السيارة. لا ينتج عن هذا التفاعل إلا بخار الماء، أي أن هذه التقنية مازالت لا تقدم عوادم مضرة بالبيئة.



شكل ٢٣: خلايا الوقود الهيدروجينية [5]

٩ نظام العادم

السيارات الكهربائية لا ينتج عنها أي عوادم فهي لا يوجد بها أي احتراق للوقود حيث أن العوادم تنتج من احتراق البنزين في سيارات الاحتراق الداخلي أو السيارات المهجينة. وظيفة نظام العوادم (Exhaust System) في السيارات هو في الأساس لتصريف الغازات الناتجة عن الاحتراق الداخلي في المحرك كما أنه يعمل على تقليل الانبعاثات الضارة من هذه الغازات مثل أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين وأيضاً يساعد على تخفيض الضجيج الناتج عن الاحتراق وخروج هذه الغازات.



شكل ٢٤: نظام العادم

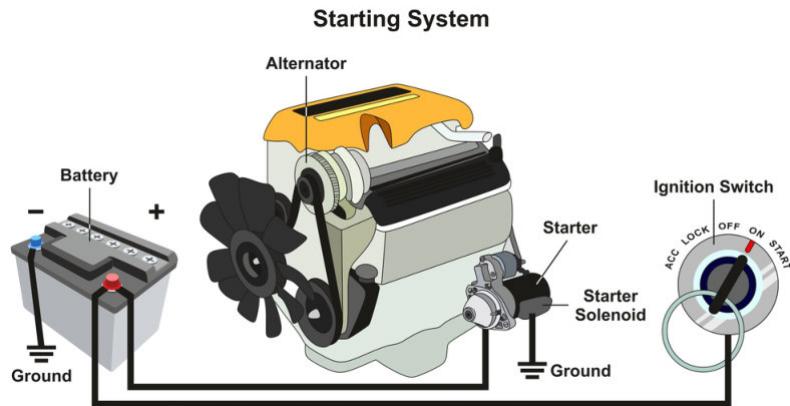
يتكون نظام العادم في السيارات الحديثة كما مبين في الشكل ٢٤ من :

- مشعب العادم : أول نقطة تخرج من الغازات من المحرك
- حساس الأكسجين: تقيس نسبة الأكسجين في الغازات الخارجة وترسل معلومات إلى وحدة التحكم في المحرك لضبط خليط الهواء والوقود.
- المحول الحفاري: يحول الغازات السامة مثل أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين والهيدروكربونات إلى غازات أقل ضرراً مثل ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.
- ملسوقة العادم: هي المسار التي تنتقل فيه العوادم من جزء إلى آخر.
- علبة كاتم الصوت : لتخفييف الصوت الناتج عن خروج الغازات.

١٠ نظام الكهرباء

بالنسبة لسيارات الاحتراق الداخلي فإنها تحتاج للكهرباء لتشغيل السيارة ، إذ أن محرك الاحتراق الداخلي يحتاج لشارة كهربائية لبدأ عملية احتراق الوقود واحداث الطاقة الحركية من عملية الاحتراق هذه. تستمد السيارة هذه الكهرباء بدايةً من البطارية الكهربائية فتتم عملية التشغيل كما يلي:

- مع تشغيل مفتاح الكونتاكت تقوم البطارية بتشغيل المارش وفي نفس الوقت تمد البطارية ملف الإشعال بالكهرباء.
- يقوم المارش بتزويد عمود الكرنك مما يتسبب في حركة المكابس داخل المотор.
- ملف الإشعال يؤدي لإحداث الشارة الكهربائية اللازمة لاحتراق الوقود.
- مع الشارة الكهربائية وضغط المكابس يبدأ الانفجار الداخلي في الحدوث مما يؤدي إلى بداية عمل المотор وتتولد حركة المكابس حيثً من عملية الاحتراق.
- مع عمل المотор يدور معه مولد كهربائي يقوم بتوليد الكهرباء لشحن البطارية وامداد الأحمال الكهربائية الموجودة في السيارة بالكهرباء الازمة.



شكل ٢٥: المكونات الأساسية لكهرباء السيارة [18]

يتبع من الخطوات السابقة أن النظام الكهربائي في السيارة يمكن تقسيمه إلى ٤ مجموعات:

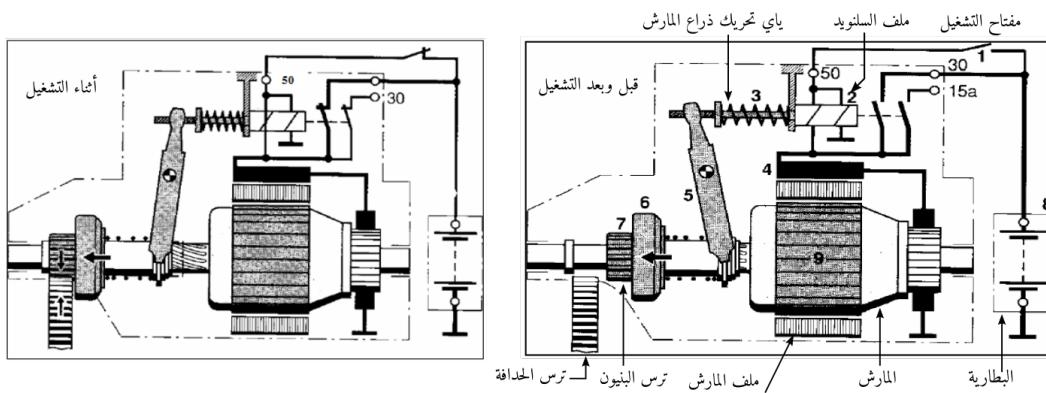
- مجموعة إمداد الطاقة وتتكون من البطارية والمولد.
- مجموعة التحريك وتتكون من مفتاح التشغيل والمارش.
- مجموعة الإشعال وتتكون من شعارات الإشعال وملفات الإشعال.
- مجموعة الأحمال وهي العناصر التي تستهلك كهرباء مثل التكييف والراديو والإضاءة.

١-١٠ مجموعة إمداد الطاقة

البطارية تقوم بالعمل الأولى لإدارة السيارة فهي تقوم بتوصيل الكهرباء اللازم لإدارة المارش ودائرة الإشعال وعند قطع تشغيل هذين الجزئين يدور محرك الاحتراق الداخلي ويقوم بتشغيل مولد كهربائي لإمداد الطاقة الكهربائية لباقي الأحمال في السيارة. فالسيارة تعتمد بشكل أولي على البطارية ثم عند تشغيل المولد فإن الكهرباء تعتمد على المولد. كما أن المولد يقوم بشحن البطارية لتعويضها بالكهرباء المستهلكة عند بداية التشغيل.

٢-١٠ مجموعة التحريك

هي العناصر المستخدمة لبدء الحركة وتعتمد الأساسية على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية ابتدائية تستخدم في استحداث الطاقة الحركية الأساسية التي تحرك السيارة. كي تنتج الطاقة الحركية الأساسية فهي تحتاج إلى ضغط داخل محرك الاحتراق الداخلي وشارة إشعال. كي تنتج شارة إشعال فهي تحتاج إلى حركة لفتح دائرة كهربائية لإحداث جهد عالي. هذه هي الحركات الابتدائية التي يقوم المارش بتقديمها. المارش عبارة عن محرك كهربائي حينما يدور يقوم بتوريد ترس الحداقة المتصل بالموتور مما يتسبب في دوران عمود الكرنك مما يتسبب في حركة المكابس وأيضاً يقوم بقطع الدائرة الكهربائية الابتدائية لإحداث شارة إشعال. المحرك الكهربائي (المارش) متصل به ملف كهرومغناطيسي (السلنويدي) يعمل كمفتاح لتوصيل كهرباء البطارية إلى ملف المارش ومن ثم يدور المارش ويدور عند رأسه ترس البنيون الذي يتصل بترس الحداقة ليجعلها تدور معه. السلنويدي يقوم أيضاً بازاحة ترس البنيون حتى يتصل بالحداقة عند التشغيل. وحينما ينقطع مفتاح التشغيل فيعود قلب السلنويدي إلى موضعه وينقطع اتصال المارش بالبطارية وتتمدد ياي ذراع المارش لتجعل ترس البنيون ينفصل عن الحداقة.

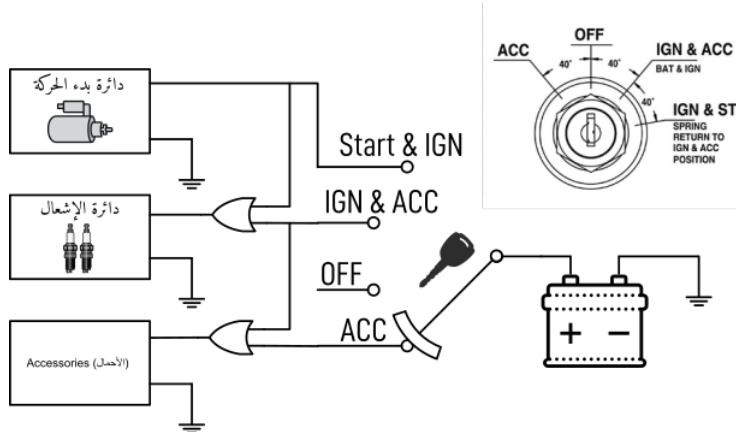


شكل ٢٦: مقطع جانبي للمارش والسلنويد

ما زال يستخدم المارش في السيارات الحديثة إلا أنه في بعض السيارات يستخدم مارش أكثر كفاءة كي يتحمل الإغلاق والفتح لألاف المرات يومياً مما يمكن من فصل موتور السيارة عند التوقف في إشارة مرورية مثلاً ثم عند الانطلاق يدور المارش مرة أخرى ليرجع المотор. وفي السيارات الهجينية أو الكهربائية فلا يوجد لأن المotor الكهربائي هو من يقوم بعمل المارش.

١-٢-١٠ مفتاح التشغيل:

يقوم المفتاح بغلق عدة دوائر كهربائية. لذلك يتم تصميم المفتاح بأربع أو ثلاثة مخارج، كل مخرج يقوم بغلق دائرة ما كما موضح في الشكل ٢٧ والذي يوضح مواضع المفتاح التقليدي. المفاتيح الحديثة بها شريحة إلكترونية فلا يدور محرك السيارة إلا إذا كان تطابق الكود بالشريحة بما هو معروف في وحدة التحكم الإلكترونية. كما أن السيارات الأحدث لا تدور بالمفتاح ولكن بزر تشغيل ON/OFF.

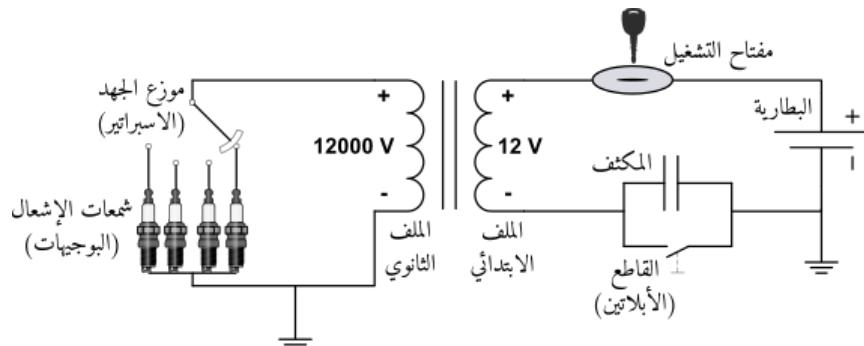


شكل ٢٧: مفتاح التشغيل

٣-١٠ مجموعة الإشعال

تقوم هذه المجموعة بإشعال شرارة داخل محرك الاحتراق الداخلي وذلك لحرق الوقود ولبداية عمل المحرك. تتكون من الدائرة الموضحة بالشكل ٢٨ ويبدا عملها بمفتاح التشغيل الذي يقوم بتوصيل البطارية بملف الإشعال متصل بتيار مستمر به. عند الطرف الآخر من الملف الابتدائي يوجد مفتاح آخر يسمى القاطع (الأبلاتين). يتم غلق وفتح هذا المفتاح ميكانيكياً عن طريق حركة عمود الكرنك. فعند غلقه تكتمل الدائرة الابتدائية ويكون مجال مغناطيسي في الملف الابتدائي ثم عند فتحه يتلاشى المجال المغناطيسي مما يسبب تولد جهد عالي جداً في الملف الثانوي قيمته من حوالي 12 ألف إلى 15 ألف فولت. في الدائرة الثانوية يقوم الموزع بتوزيع الجهد العالي المتولد على ملفات الإشعال والتي تقوم بدورها بإحداث شرارة داخل المحرك. يوجد مكثف

متصل على التوازي بالقاطع وذلك لحمايته من الشرر الذي قد يتولد عند غلق وفتح القاطع تكراراً. إلا أن في السيارات الحديثة يتم استبدال القاطع والمكثف بترانزستور الذي يعمل بكفاءة أعلى ويتم التحكم فيه عن طريق وحدة التحكم الإلكترونية.



شكل ٢٨: دائرة الإشعال

١١ هيكل السيارات

١-١١ سيارات الركاب Passenger Cars

- . Mercedes C-Class، Toyota Camry ، مثل سيارات بأربعة أبواب مع صندوق خلفي، مثل
- . Ford ، Volkswagen Golf ، مثل سيارات صغيرة مع باب خلفي متصل بالمقصورة، مثل
- . Focus ، الكروس أوفر (Crossover) : مزيج بين السيدان والـ SUV ، مثل
- . Nissan Qashqai، Toyota RAV4 ، مثل سيارات رياضية ببابين، مثل Audi A5، BMW M4
- . Porsche 911 Cabriolet، Mazda MX-5 ، مثل سيارات بسقف متحرك، مثل
- . Off-Convertible (Convertible) ، الكشف

٢-١١ سيارات الدفع الرباعي SUVs & Off-Road

- . Honda CR-V، Hyundai Tucson ، SUV مدمجة: مثل
- . BMW X5، Toyota Land Cruiser ، SUV متوسطة الحجم: مثل
- . Nissan Patrol، Chevrolet Tahoe ، SUV كبيرة الحجم: مثل
- . Ford Bronco، Jeep Wrangler ، SUV سيارات الطرق الوعرة (Off-Road) : مثل

٣-١١ السيارات الرياضية والأداء العالي Sports & Performance Cars

- . Chevrolet Corvette، Porsche 911 ، Sports Cars : مثل
- . Ferrari 488، Lamborghini Huracan ، Supercars (Supercars) : مثل
- . Koenigsegg Jesko، Bugatti Chiron ، Hypercars (Hypercars) : مثل

٤-١١ السيارات العائلية والتجارية

- . Chrysler Pacifica، Toyota Sienna ، مثل سيارات عائلية تتسع لـ 7-8 أشخاص، مثل
- . Toyota Hilux، Ford F-150 ، Pickup Trucks : مثل شاحنات الخفيفة
- . Ford Super Duty، RAM 2500 ، Heavy-Duty Trucks : مثل شاحنات الكبيرة



شكل ٢٩: أنواع هيكل السيارات

١٢ أنظمة مساعدة السائق

في السيارات الحديثة تضاف أنظمة مساعدة للسائق أثناء قيادة السيارات مثل تنبيه الخروج عن المسار ومثبت السرعة ومكابح الطوارئ التلقائية.

أنظمة الفرامل:

- **مفرمل الطوارئ الأتوماتيك :** هو نظام ذكائي يقوم بنفسه بتوقيف السيارة في حالة الاصطدام المحتم إذا لم يقم السائق بيقاف السيارة في هذه الحالة.

أنظمة حارات السير

- **مساعد تبديل المسار :**يساعد على تنبيه السائق عند تغيير حارته إذا كان على مقربة من مرکبة أخرى عند الانتقال
- **مساعد الحفاظ على المسار :**ينبه السائق إذا انحرف عن مسار سيره من خلال مراقبة علامات أو حدود المسار الذي تمشي فيه السيارة.

أنظمة السرعة

- مساعد ضبط السرعة : يقوم بالتسارع بالسيارة للسرعة المختارة من السائق بحيث يجعل السيارة تسير بهذه السيارة المثبتة كما أنه يقوم بتنقيل السرعة إذا استشعر بمركبة أخرى أمام المركبة لقادم الاصطدام وليس معنى ذلك أنه يقوم بالحفاظ على مسافة التباعد.

مراجع

- [1] Seyed Ehsan Hosseini & Brayden Butler (2019): An overview of development and challenges in hydrogen powered vehicles, International Journal of Green Energy
- [2] <https://abdulcartech.com/>
- [3] <https://greenc-ev.com/>
- [4] <https://www.matsusada.com/column/electric-vehicle-power-systems.html>
- [5] <https://electricengg.com>
- [6] <https://at.pinterest.com/pin/175147872995178320/>
- [7] Abbas Ellawy, <https://ims.atu.edu.iq>
- [8] <https://www.carexpert.com.au>
- [9] <https://rotontek.com/why-does-the-drive-axle-matter-more-than-the-drive-shaft>
- [10] Eduardo Leon Galvan, <https://www.linkedin.com>
- [11] <https://www.facebook.com/fanpageengineerspost>
- [12] <https://steeringly.com/deflection-angle-relationship-of-steering-system>
- [13] <https://gomechanic.in/blog/different-types-of-brakes>
- [14] <https://2ndopinion.ph/the-abcs-of-abs-ebd-esp-etc>
- [15] <https://gomechanic.in/blog/car-braking-technology-explained>
- [16] <https://www.howacarworks.com/brakes/adjusting-a-disc-handbrake>
- [17] <https://blog.frenkit.es>
- [18] <https://toyttechs.com/what-you-need-to-know-about-your-vehicle-electrical-system/>