جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية

الصناعي / ميكاترونكس السيارات

الصف الأول

تأليف

أ.د. نبيل كاظم عبد الصاحب
المهندس يعرب عمر ناجي
المهندس احمد رحمان جاسم
المهندس رعد كاظم محمد
المهندس عادل عباس علي

د. إحسان كاظم عبـــــــاس
المهندس خـــالد عبد الله علي
المهندس عبد الكريم إبراهيم محمد
المهندس دريد خليل إبراهيم
المهندس فوزي حسين شوزي

الطبعة السادسة
2025 م – 1447هـ

الموضوع	الصفحة
الباب الأول - الفصل الأول (الأسس الكهربائية)	7
مصادر الطاقة	7
طرائق توليد الطاقة الكهربائية	7
القوة الدافعة الكهربائية	9
المقاومة الكهربائية	10
قانون أوم	14
ربط المقاومات	15
الطاقة والقدرة الكهربائية	20
قانونا كيرشوف	20
التيار المتناوب	22
ممانعات التيار المتناوب	28
دوائر الرنين	32
المحولة الكهربائية	34
أسئلة الفصل الأول	36
الفصل الثاني (أشباه الموصلات)	38
أشباه الموصلات	38
السليكون والجرمانيوم	38
تطبيقات الثنائي	48
الترانزستور	51
العلاقة بين تيارات الترانزستور	53
مكبرات الفولتية ومكبرات التيار	58
أنظمة التمثيل الرقمي	62
البوابات المنطقية	65
الجبر البوليني	69
خارطة كارنوف	72
توافق الدوائر المنطقية	74
الدوائر المتكاملة	75
أسئلة الفصل الثاني	77
الباب الثاني - الفصل الثالث (تطور صناعة السيارات وأجزائها الرئيسة)	78
التطور التاريخي لصناعة السيارات	78
الأجزاء الرئيسة للسيارة	79
أسئلة الفصل الثالث	83
الفصل الرابع (أجزاء المحرك)	84
المحرك	84
المكونات الأساسية لمحرك الاحتراق الداخلي	84
أجزاء المحرك الثابتة	84
أجزاء المحرك المتحركة	87
أسئلة الفصل الرابع	97

98	**الفصل الخامس (آلية عمل المحرك)**
98	المصطلحات الأساسية في المحرك
99	زاوية تتابع الأشواط الفعالة وأشواط القدرة
99	زاوية التداخل للأشواط الفعالة
99	حجم غرفة الاحتراق
99	حجم الأسطوانة
99	حجم المحرك
100	نسبة الانضغاط
102	معدل سرعة المكبس
103	أسئلة الفصل الخامس
104	**الفصل السادس (دورات المحرك)**
105	محرك أوتو (بنزين)
105	محرك ديزل
106	الدورة الرباعية والثنائية لمحرك البنزين.
109	الدورات الثنائية (محرك بنزين ثنائي الشوط)
113	أسئلة الفصل السادس
114	**الفصل السابع (تصنيف المحركات)**
114	تصنيف المحركات
122	آلية الحركة لمجموعة التوقيت
126	أسئلة الفصل السابع
127	**الفصل ألثامن (كهربائية السيارات)**
127	المنظومات الكهربائية
127	البطارية (النضيدة)
129	منظومة الإشعال بالبطارية
133	منظومة بدء التشغيل
137	دائرة الشحن (المولد)
142	أسئلة الفصل الثامن
143	**الفصل التاسع (أجهزة نقل الحركة)**
143	القابض
147	صندوق التروس
150	عمود الإدارة (عمود نقل الحركة)
151	مجموعة التروس الفرقية
152	المحور الخلفي
153	أسئلة الفصل التاسع
154	**الفصل العاشر (منظومتي التزييت والتبريد الداخلية للمحرك وصيانتهما)**
154	منظومة التزييت
154	أجزاء دورة التزييت
162	منظومة التبريد الداخلية للمحرك
163	العوامل المؤثرة في التبريد
1623	أنواع أنظمة التبريد في المحرك
172	أسئلة الفصل العاشر

المقدمة

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف خلق المرسلين سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.

لقد سعت المديرية العامة للتعليم المهني إلى تطوير المناهج العلمية والبرامج التدريبية من أجل تأهيل الملاكات القادرة على امتلاك المؤهلات والمهارات العلمية والفنية والمهنية، وكذلك لسد متطلبات سوق العمل وإيجاد فرص العمل على وفق التقدم العلمي الحاصل في ظل التطورات والخطوات التي يخطوها العالم نحو التقدم والانطلاق السريع. فقد خطت المديرية خطوات ايجابية تتفق مع الدول المتقدمة في بناء البرامج على وفق أساليب حديثة وباختصاصات مختلفة، وقد تمثلت هذه الخطوات في تحديث الكتب التربوية والعلمية وفتح الكثير من الاختصاصات الجديدة والحديثة ومنها بوجه الخصوص تخصص الميكاترونكس، تمثل هذه الخطوة الركيزة الأساسية في بناء الوطن على وفق الرؤيا العلمية التي تتوافق مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل الآنية والمستقبلية.

واليوم نضع بين يديك هذا الكتاب الذي يشمل مبادئ الكهرباء والإلكترونيك ومنظومات السيطرة والتحكم الإلكتروني وتطبيقاتها في عمل السيارات لتحسين أداء السيارات من ناحية القدرة والعزم وانخفاض استهلاك الوقود والضوضاء وتحسين نوعية غازات العادم وتقليل تأثيره في البيئة، ، لذلك يكون من المهم على الطالب عبور متطلبات هذا الكتاب.

ولتحقيق متطلبات هذا العمل بالطرق الصحيحة وللوصول إلى الغرض المطلوب من تنفيذ العمل فقد تم وضع مفردات فنية في المنهاج لهذه المادة وتقسيم الكتاب إلى أبواب تضمن الباب الأول علم الإلكترونيك بواقع فصلين عن الكهرباء والإلكترونيات والرقميات وتناول القديم والحديث منها لتكتمل الفائدة ولتكون النواة لكل فني طموح يريد الدخول إلى حقل المعرفة العلمية وبشكلها البسيط والواضح والمدعوم بالصور والأشكال التوضيحية والمعادلات لاكتساب المعلومات والمهارات العلمية اللازمة لهذا التخصص. في حين تضمن الباب الثاني على مدى ثمانية فصول معلومات علمية عن السيارات وتطورها الصناعي ومن ثم التعرف على أجزاء السيارة والدخول في تعريف كل جزء بدءً من المحرك وأجزائه وانتقالاً إلى دورات المحرك ووحدة نقل العزوم والمنظومة الكهربائية ومنظومتي التبريد والتزييت.

نرجو من الله عز وجل أن نكون قد أسهمنا وبشكل متواضع في نشر المعرفة بين أبنائنا الأعزاء من طلبة التعليم المهني وفي خدمة هذا الوطن العزيز.

والله ولي التوفيق.

الباب الأول الإلكترون

الفصل الأول الأسس الكهربائية

1-1 مصادر الطاقة Energy Sources

إن عملية توليد أو إنتاج الطاقة الكهربائية هي في الحقيقة عملية تحويل الطاقة من شكلٍ إلى آخر حسب مصادر الطاقة المتوفرة في مواقع الطلب على الطاقة الكهربائية وحسب الكميات المطلوبة لهذه الطاقة، الأمر الذي يحدد أنواع محطات التوليد وكذلك أنواع الاستهلاك الطاقة وأنواع الوقود ومصادره كلها تؤثر في تحديد نوع المحطة ومكانها وطاقتها.

طرائق توليد الطاقة الكهربائية Generation of Electrical

أولا: محطات توليد الكهرباء

يتم توليد الكهرباء بمحطات كبيرة تصل طاقاتها إلى آلاف الميكاواط بجهد منخفض (11 كيلو فولت) ذو تيار متردد (50 هيرتز) أو (60 هيرتز). وتكون محطات توليد الكهرباء قرب مصادر الطاقة الأساسية على الأكثر وربما بعيداً عن أماكن الحاجة الفعلية لها، حيث يتم تحويل الجهد الكهربائي بواسطة محولات كهربائية رافعة إلى جهد عالي (33 كيلو فولت) أو (132 كيلو فولت) أو (400 كيلو فولت) لنقلها من منطقة التوليد إلى منطقة الحاجة لها بواسطة أبراج كبيرة تعلق عليها الأسلاك التي تمرر التيار الكهربائي. حيث يتم تحويلها مرة أخرى قرب المواقع التي يحتاج فيها للطاقة الكهربائية إلى جهد منخفض (400 فولت أو (220 فولت) بواسطة محولات كهربائية خافضة أخرى.نذكر هنا أنواع محطات التوليد المستعملة على صعيد عالمي ونركز على انواع محطات المستعملة في الدول المتقدمة صناعياً :

1- محطات التوليد البخارية 2- محطات التوليد النووية 3- محطات التوليد المائية

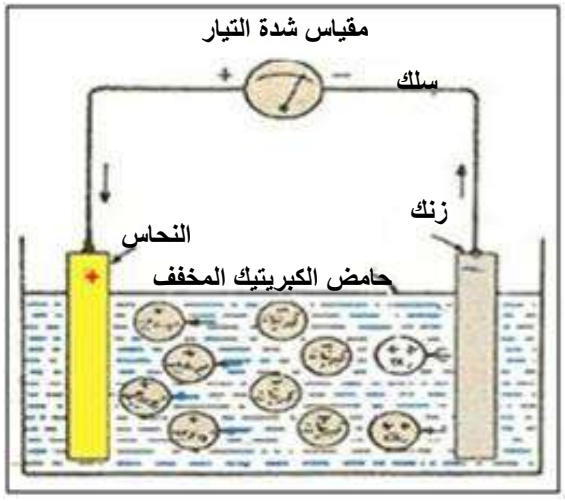
4 - محطات التوليد من المد والجزر 5- محطات التوليد ذات الاحتراق الداخلي (ديزل – غازية)

6 - محطات التوليد بواسطة الرياح 7- محطات التوليد بالطاقة الشمسية.

ثانياً: الأعمدة الكهربائية

العمود البسيط :

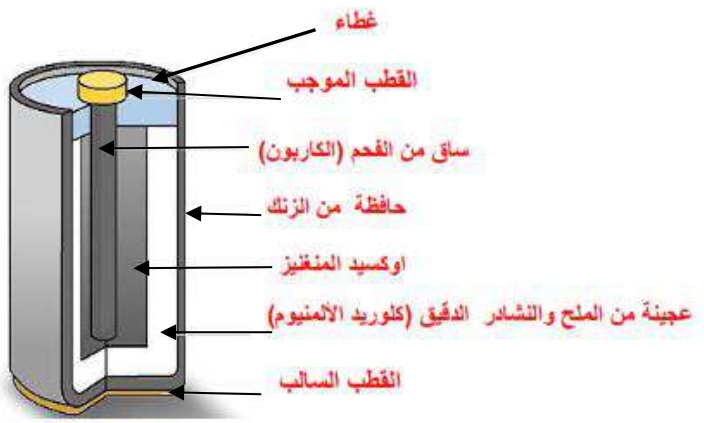
يتركب العمود البسيط من لوحين أحدهما من النحاس والآخر من الزنك ومغمورين في إناء مملوء بحامض الكبريتيك المخفف (الحامض المستعمل في بطاريات السيارات وليس الماء النقي) ويمثل لوح النحاس القطب الموجب ويمثل لوح الزنك القطب السالب وتبلغ القوة الدافعة لهذا العمود 1.2 فولت. لاحظ الشكل (1-1).



شكل1-1 العمود البسيط

العمود الجاف :

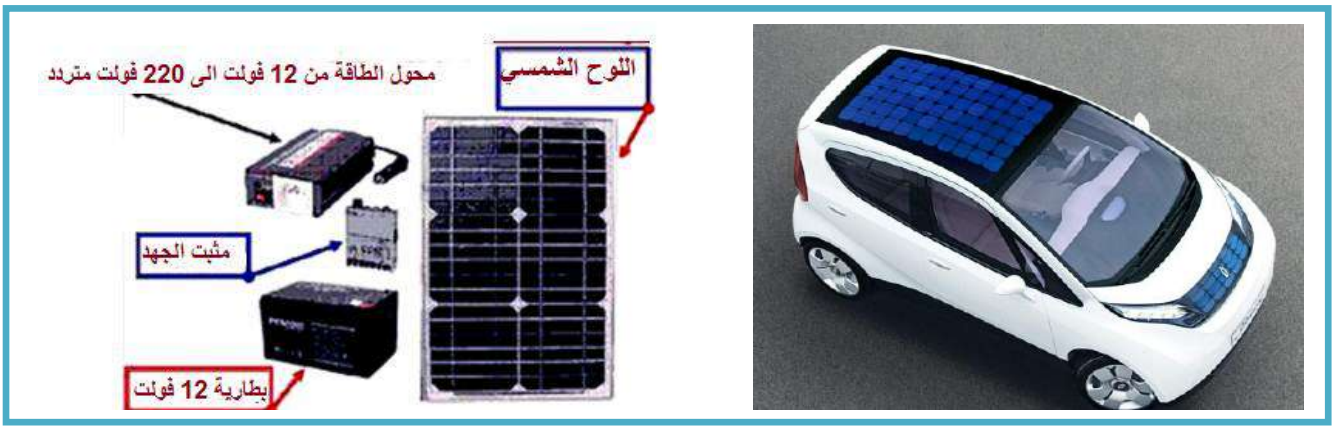
يتركب من إناء من الخارصين توضع بداخله عجينة من ملح النشادر والدقيق و كلوريد الألمنيوم وذلك لتبقى العجينة لينة ومسامية طوال مدة عمل العمود، وفي وسط العجينة يوضع إناء من الورق أو الشاش في وسطها ساق كربون حوله مخلوط من مسحوق الفحم وثاني أوكسيد المنغنيز ويمثل ساق الكربون القطب الموجب للعمود وإناء الخارصين القطب السالب له.لاحظ الشكل (1-2).



شكل1-2 العمود الجاف

الخلايا الشمسية

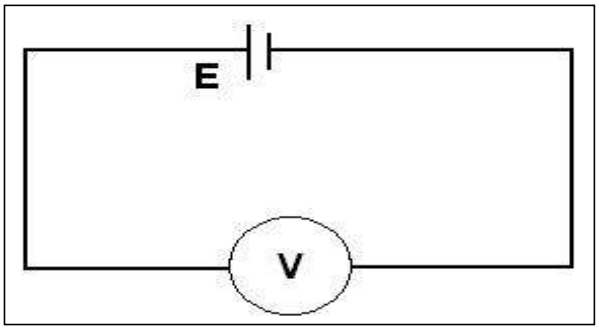
تتركب من مجموعة خلايا شمسية صغيرة كل منها عبارة عن قطعة من الحديد رسبت عليها طبقة من السيلينيوم الموجب (يمكن اعتماد مواد أخرى) الذي أضيفت إليه كمية من عنصر البرونز وترسب فوق هذه الطبقة طبقة أخرى من عنصر السيلينيوم السالب الذي أضيفت إليه كمية محدودة من عنصر الزرنيخ. لاحظ الشكل (1-3).عند تعرض هذه الوحدات لضوء الشمس تتكون فيها كمية من الشحنات الكهربائية تسري من لوح الحديد إلى الطبقة الخارجية وهي السيلينيوم السالب فيصبح قطب الحديد موجباً و السيلينيوم السالب قطبه سالباً وتخزن الطاقة المتولدة في بطاريات خزن ويستفاد من هذه البطاريات من هُم في المناطق النائية للتزود بالطاقة الكهربائية .



شكل1-3 الخلايا الشمسية

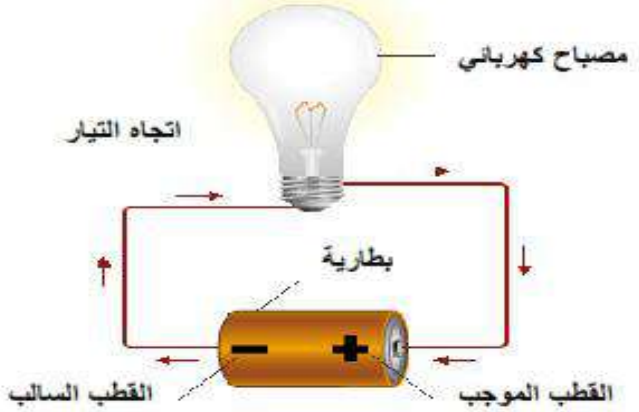
1-1-1 القوة الدافعة الكهربائية Electromotive Force – E

الكهربائية صورة من صور الطاقة التي يمكن الحصول عليها من عدة مصادر مثل الطاقة الحركية والضوئية والحرارية وعلى سبيل المثال بطارية السيارة، فعند دوران المولد (الداينمو) المتصل بمحرك السيارة يحول الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية تخزن في بطارية السيارة ويدعى فرق الجهد (الفولتية) بين قطبي البطارية عندما تكون غير متصلة بالحمل (Load) بالقوة الدافعة الكهربائية (Electric Motive Force) ويرمز له بالرمز E لاحظ الشكل (1-4).



شكل 1-4 القوة الدافعة الكهربائية

وعند توصيل حمل مثل مصباح أو راديو أو مسجل ....الخ سوف يتم الاستفادة من الطاقة الكهربائية المخزونة وذلك بمرور التيار الإلكتروني من القطب السالب إلى القطب الموجب خلال الحمل، لاحظ الشكل (1-5) ويتكون على طرفي الحمل فرق الجهد (الفولتية) ويرمز لها بالحرف (V).



شكل 1-5 يوضح الفولتية على الحمل

2-1-1 الفولت أجزاؤه ومضاعفاته

تقاس القوة الدافعة الكهربائية بوحدة الفولت وأجزاء الفولت هي الملي فولت و المايكروفولت ومضاعفاته هي الكيلو فولت و الميكافولت.

الفولت: هو فرق جهد بين طرفي ناقل مقاومته 1 أوم عندما يمر فيه تيار شدته 1 أمبير.

3-1-1 الأمبير أجزاؤه ومضاعفاته

يقاس التيار بوحدة الأمبير وأجزاء الأمبير هي الملي أمبير والمايكرو أمبير ومضاعفاته هي الكيلو أمبير.

الأمبير: هو شدة تيار في موصل مقاومته 1 أوم وفرق الجهد بين طرفيه 1 فولت.

القوة الدافعة الكهربائية: تمثل الطاقة المكتسبة لوحدة الشحنات الكهربائية من المولد بينما **فرق الجهد** الطاقة المفقودة من وحدة الشحنات الكهربائية بين هاتين النقطتين في الدائرة الكهربائية.

2-1 المقاومة الكهربائيةElectrical Resistance

هي خاصية فيزيائية تعني اعتراض أو إعاقة المادة لمرور الشحنات الكهربائية عبرها. وتحدث المقاومة عندما تصطدم الإلكترونات المتحركة في المادة بالذرات.ونتيجة الاصطدام تطلق طاقة على شكل حرارة (أو بمعنى تغير الطاقة الكهربائية إلى حرارة نتيجة الاحتكاك).وتعتبر الموصلات الجيدة مثلاً النحاس ضعيف المقاومة مقارنة بأشباه الموصلات مثل السليكون. أما العوازل مثل الزجاج والخشب فذات مقاومة عالية جداً يصعب معها مرور الشحنات الكهربائية عبرها. بينما لا تشكل الموصلات الفائقة أي مقاومة لمرور الشحنات عبرها.

المقاومة الكهربائية

هي خاصية ممانعة الموصل لمرور التيار الكهربائي فيه مما ينتج عنها ارتفاع في درجة حرارته. وتقاس المقاومة الكهربائية بالأوم ويرمز له بالرمز Ω ويقرأ أو ميغا OMEGA، والرمز الهندسي لها كما في الشكل (1-6).

شكل1- 6 رمز المقاومة الكهربائية

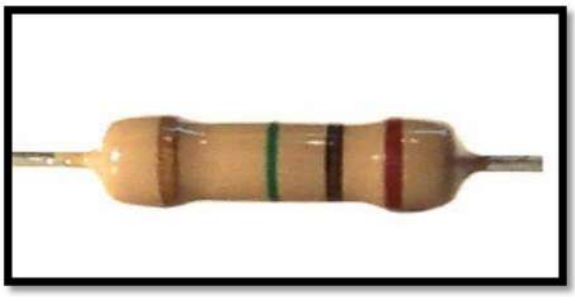
1-2-1 أنواع المقاومات الكهربائيةTypes of Resistance

تختلف نوعية المقاومات على حسب كيفية صنعها والمواد المركبة منها وأهم أنواع المقاومات هي :

1- المقاومة الثابتة 2 - المقاومة المتغيرة 3- المقاومة الضوئية 4- المقاومة الحرارية

أولاً : المقاومة الثابتة Fixed Resistance

تتميز هذه المقاومات بثبات قيمتها وتختلف في استخدامها على حسب قدرتها في تمرير التيار الكهربائي فهناك مقاومات ذات أحجام كبيرة تستخدم مع التيارات الكبيرة وأخرى صغيرة للتيارات الصغيرة، لاحظ الشكل (1-7).



شكل1-7 المقاومة الثابتة

1- المقاومات الكربونية

تعتبر هذه المقاومات من أكثر أنواع المقاومات شيوعاً واستخداماً. يتم تصنيع هذه المقاومات بترسيب طبقة كربونية رقيقة على أسطوانة صغيرة من السيراميك. يشكل اخدود لولبي صغير في طبقة الكربون فيحدد هذا الاخدود مقدار الكربون بين طرفي المقاومة وبالتالي قيمة هذه المقاومة.

2 - مقاومات أوكسيد المعدن

مقاومات أوكسيد المعدن هي أيضاً من المقاومات الشائعة الاستخدام وتتكون من نواة السيراميك (Ceramic Core) مغطاة بطبقة رقيقة من أوكسيد المعدن. تعتبر هذه المقاومات مستقرة ميكانيكياً وكهربائياً. تطلى هذه المقاومات بدهان خاص لمقاومة اللهب، ولمقاومة المحاليل المذيبة (Solvents) والحرارة والرطوبة (Humidity).

3 - المقاومات المعدنية الدقيقة

يتميز هذا النوع من المقاومات بالدقة العالية جداً. تتكون هذه المقاومات من شريحة السيراميك مغلفة بطبقة معدنية رقيقة ويغلف كل ذلك بطبقة خارجية كثيفة. تستخدم هذه المقاومات في الأجهزة الدقيقة كأجهزةالإختبار، والأجهزة التماثلية والرقمية وكذلك في الأجهزة الصوتية وأجهزة الفيديو.

4- مقاومات الاسلاك الملفوفة عالية القدرة

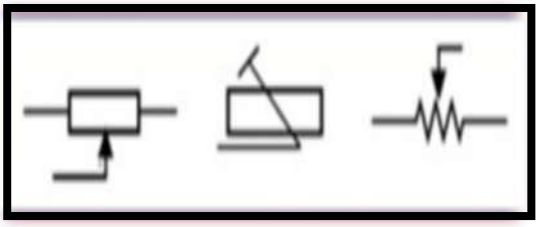
تستخدم هذه المقاومات في التطبيقات عالية القدرة وبعض أنواعها مغلف بطبقة من الزجاج أو مغلف بالالمنيوم يتكون الجزء المقاوم في هذه المقاومات من سلك مقاوم ملفوف حول أسطوانة من السيراميك، وهذه المقاومات هي أكثر الأنواع متانة وتحملاً لظروف العمل وتمتاز بقدرة عالية على تبديد الحرارة وباستقرارية حرارية عالية.

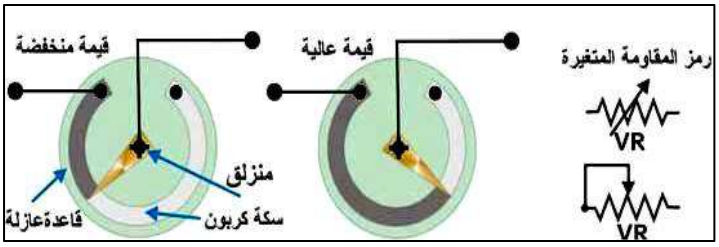
5- المقاومات الحرارية والضوئية

هي أنواع خاصة من المقاومات التي تتغير قيمتها عند تسليط الضوء عليها إذا كانت ضوئية أو عند تعرضها للحرارة إذا كانت حرارية. تصنع المقاومات الضوئية من مواد نصف ناقلة مثل كبريتيد الكادميوم (Cadmium Sulfide) ، وبزيادة مستوى الإضاءة تنخفض المقاومة.المقاومات الحرارية (Thermistros) هي مقاومات حساسة لتغيرات درجة الحرارة وبزيادة درجة الحرارة تنخفض قيم هذه المقاومات في أغلب الحالات.

ثانياً : المقاومة المتغيرة Potentiometer or Variable Resistor VR

وهي المقاومة التي يمكن تغيير قيمتها اذ تتراوح قيمتها بين الصفر وأقصى قيمة لها فمثلاً عندما تقول أن قيمة المقاومة المتغيرة (10 KΩ) يعني أن قيمة المقاومة تتراوح بين الصفر أوم تزداد بالتدريج عن طريق التغيير يدوياً حتى تصل قيمتها العظمى (0-10 KΩ) ويمكن تثبيتها على قيمة معينة. تستعمل في الأجهزة للتحكم في عمل الجهاز أثناء اشتغاله كما في مقاومة التحكم في مقدار شدة الصوت وهي عبارة عن مقاومات كاربونية تصنع بترسيب مركبات الكاربون على لوحة فايبر شبه دائرية وتتصل بها توصيلة نحاسية منزلقة ودوارة تتحكم في قيمة المقاومة، لاحظ الشكل (1-8).





شكل 1- 8 المقاومة المتغيرة ورمزها

ثالثاً: المقاومة الضوئية Light Dependent Resisters LDR

وتصنع هذه المقاومة من مادة سلفيد الكادميوم (CdS) وهي تقوم بتحويل الضوء إلى تغير في قيمة المقاومة، وتنخفض قيمتها الأومية عند زيادة شدة الضوء وتزداد قيمتها عند انخفاض شدة الضوء وتصل قيمتها العظمى في الظلام إلى(Ω2 M)). وفي الضوء الشديد تصل قيمتها إلى(Ω 100)) وتعتبر حساسة للضوء وسهلة الإستخدام.إن شكل المقاومة الضوئية والرمز الهندسي لها موضح بالشكل (1-9).

شكل 1-9 يوضح المقاومة الضوئية والرمز الهندسي لها

رابعاً : مقاومة الثرمستور Thermistor

وهو عنصر إلكتروني مقاومته تتحسس الحرارة وبالنتيجة تتغير قيمتها طبقاً لدرجة الحرارة المحيطة بها مقاومة هذا العنصر تنقص بزيادة درجة الحرارة، ففي الماء المنجمد (0°C)تكون المقاومة عالية (12 KΩ).وفي درجة حرارة الغرفة (25°C) تكون المقاومة (5 KΩ)وفي الماء المغلي (100°C) تصبح المقاومة(Ω 400).

خامساً : المقاومات الحرارية Thermistors

تتغير مقاومتها مع تغير درجة الحرارة، والشكل (1-10) يبين أشكال المقاومات الحرارية، وهي على ثلاثة أنواع :

1- المقاومة الحرارية الموجبة (Positive Temperature Coefficient Thermistor PTC)

وتزداد قيمة المقاومة الأومية عند ارتفاع درجة الحرارة وتختلف قيم هذه المقاومة حسب نوعها.

2- المقاومة الحرارية السالبة (Negative Temperature Coefficient Thermistor NTC)

تنقص قيمة المقاومة الأومية فيها عند ارتفاع درجة الحرارة وتختلف قيم هذه المقاومة بحسب نوعيتها.

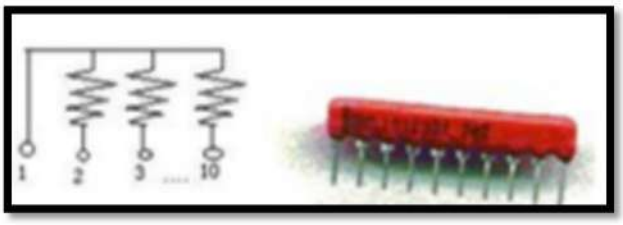
3- المقاومة الحساسة لتغير الحرارة (Critical Temperature Resister Thermistor CTR)

تنقص قيمة هذه المقاومة فجأة عندماترتفع درجة الحرارة فوق نقطة معينة محددة مسبقاً.

شكل 1- 10 أنواع المقاومات الحرارية

سادساً : المقاومة الشبكية

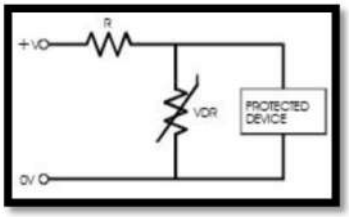
وهذا النوع من المقاومات تكون موضوعة في غلاف واحد وبلون واحد وبأرجل عمودية، وتكون المقاومة موصلة من النهاية بنقطة واحدة مشتركة وبدايتها حرة. وتكون في بعض الأحيان بأربعة مقاومات أو سبعة أو ثمانية ، تستخدم هذه المقاومات لتستغل مساحة أصغر في بناء الدوائر الإلكترونية. لاحظ الشكل (1-11) الذي يوضح المقاومة الشبكية.



شكل 1 - 11 المقاومة الشبكية

سابعا : المقاومة الجهدية الفايرستور Voltage Dependent Resistors VDR

وهو عنصر يغير قيمته طبقاً للجهد المسلط على طرفيه حيث أنه تنقص قيمة مقاومته كلما ازداد فرق الجهد المسلط على طرفيه، كما إن القطبية على طرفيه غير مهمة بالنسبة إلى هذا العنصر.يستخدم الفايرستور في الدوائر الكهربائية للحماية من ارتفاع الجهد فوق قيمة معينة في دوائر التيار المتناوب والمستمر ويوصل دائماً بالتوازي مع العناصر والأحمال المراد حمايتها . لاحظ الشكل (1-12).



شكل 1- 12 المقاومة الجهد

وتقاس المقاومة بوحدة الأوم وهي أصغر وحدة وليس لها أجزاء ولكن لها مضاعفات وهي الكيلو أوم و الميكا أوم.

الأوم :هو مقاومة ناقل يمر به تيار شدته (1) أمبير عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه1فولت.

1-2-3 حساب قيمة مقاومة سلك

لغرض حساب قيمة أي مقاومة لسلك موصل يجب التعرف على مجموعة العوامل المؤثرة في ذلك الموصل ومنها:

1- نوع المادة المصنوع منها الموصل ويرمز لها ρ

2- طول الموصل ويرمز له بالحرف L حيث قيمة المقاومة R تتناسب طرديا مع L

3- مساحة مقطع الموصل ويرمز لها بالحرف A

4- درجة حرارة الموصل ويرمز لها بالحرف T

فتكون قيمة المقاومة حسب المعادلة التالية

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

تتأثر المقاومة النوعية حسب نوعية المادة التي يصنع منها السلك، وهى خاصية مميزة للعنصر فهى تختلف من مادة إلى أخرى فمقاومة النحاس غير الحديد والفضة، وكما هو واضح بالجدول (1-1) .

جدول 1-1 المقاومة النوعية للمواد الموصلة

المـــادة	المقاومة النوعية - أوم .مم٢/متر
الفضة	0.0149
النحاس	0.0178
الذهب	0.021
الألمنيوم	0.0241
الحديد	0.14
سبيكة النيكروم (نيكل، كروم، حديد)	1.9

3-1 قانون أوم Ohms' Law

قانون أوم هو مبدأ أساسي في الكهرباء، أطلق عليه هذا الاسم نسبة إلى واضعه الفيزيائي الألماني "جورج سيمون أوم". وينص هذا القانون على أن فرق الجهد الكهربائي بين طرفي موصل معدني يتناسب طردياً مع شدة التيار الكهربائي المار فيه $V \propto I$. يتم تعريف النسبة الثابتة بين فرق الجهد وشدة التيار بالمقاومة الكهربائية ويرمز إليها بالحرف R. ويلاحظ أن المقاومة لموصل ما، هي قيمة ثابتة ولا تتغير بتغير فرق الجهد بين طرفيه، ويعبر عن هذا المبدأ من خلال المعادلة التالية:

$$R = \frac{V}{I}$$

كما يمكن التعبير عن نفس المعادلة بصيغة أخرى $V = I \cdot R$

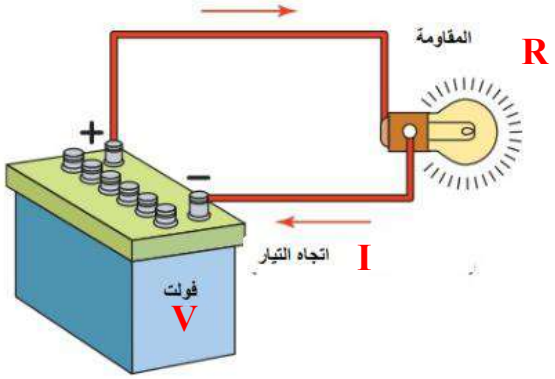
حيث أن:

V : هي فرق الجهد الكهربائي بين طرفي الناقل المعدني (المقاومة) ويقاس بوحدة تسمى بالفولت ويرمز لها بالرمز (V)

I : هي شدة التيار الكهربائي المار في الموصل ويقاس بوحدة تسمى بالأمبير، ويرمز له بالرمز (I)

R : هي مقاومة الناقل للتيار وتقاس بوحدة تسمى بالأوم، ويرمز لها بالرمز (Ω)

الشكل (1-13) يوضح رسم لدائرة بسيطة فيها مصدر للجهد الكهربائي (V)،ويمر تيار كهربائي (I)من خلال المقاومة (R).



شكل 1- 13 دائرة كهربائية بسيطة

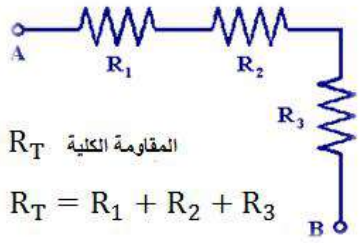
4-1 ربط المقاومات Resistors Connections

يمكن تقسيم طرائق ربط المقاومات إلى ثلاثة أقسام :

1- ربط المقاومات على التوالي ب- ربط المقاومات على التوازي جـ - الربط المختلط للمقاومات.

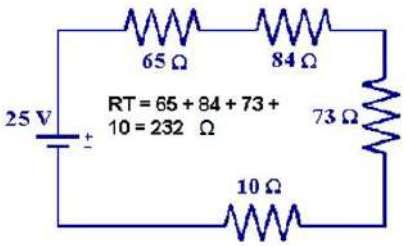
1-4-1 الربط على التوالي Series Connection

إذا وصلنا عدة مقاومات بدائرة كهربائية بحيث توصل نهاية المقاومة الأولى ببداية الثانية ونهاية الثانية ببداية الثالثة وهكذا. نقول أن هذه المقاومات موصلة على التوالي (Series) لاحظ الشكل (1-14).



شكل 1-14 ربط المقاومات المتوالية

مثال (1-1) احسب التيار المار في الدائرة الموضحة بالشكل (1 – 15)، احسب فرق الجهد على طرفي كل مقاومة.



شكل 1-15 حساب المقاومات المتتالية

الجواب:

$$I = \frac{V}{R_t} = \frac{25}{232} = 107.76\ mA\ (0.10776A)$$

$V = I \times R$

$V_1 = 0.10776 \times 65 = 7.004$ V

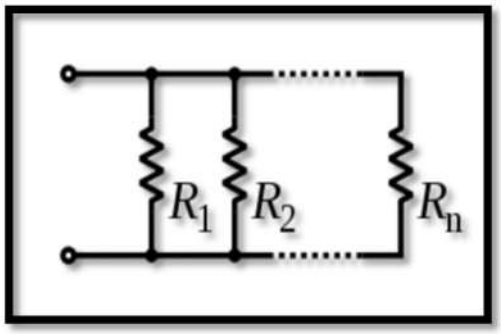
$V_2 = 0.10776 \times 84 = 9.05$ V

$V_3 = 0.10776 \times 73 = 7.866$ V

$V_4 = 0.10776 \times 10 = 1.078$ V

2-4-1 الربط على التوازي Parallel Connection

في ربط المقاومات على التوازي توصل بدايات المقاومات جميعها في نقطة واحدة والنهايات في نقطة أخرى.كما موضح في الشكل (1 - 16).



شكل 1-16 ربط المقاومات على التوازي

القانون العام لحساب المقاومة الكلية لربط التوازي

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

يمكن حساب الجهد في أي جزء من الدائرة المتوازية من خلال معرفة الجهد عند مصدر تغذية الدائرة، والذي يكون بعبارة أخرى هو نفسه على أي من مسارات الدائرة المتوازية.

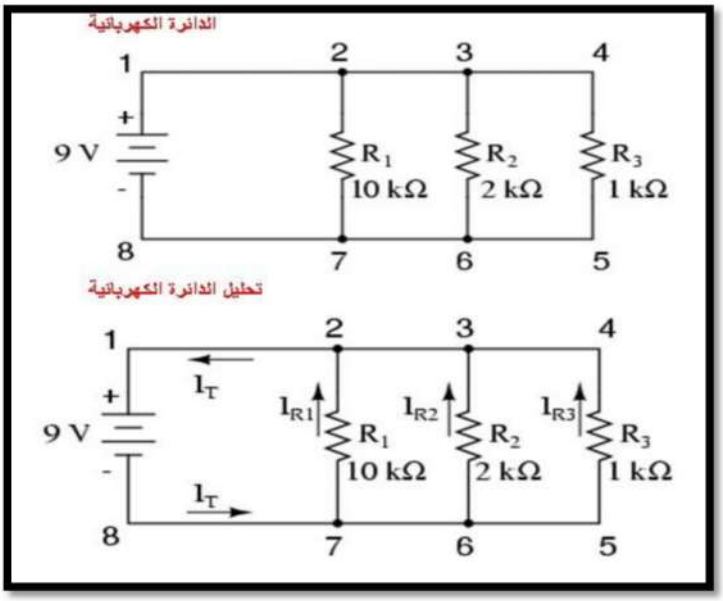
حساب المقاومة الكلية في الدائرة المتوازية يكون باستخدام الصيغة التالية:

المعادلة النهائية للمقاومة الكلية لربط التوازي:

$$R_T = \frac{R_1 . R_2}{R_1 + R_2}$$

حساب التيار الكهربائي الرئيس في الدائرة المتوازية يكون بإضافة (جمع) التيارات الكهربائية لجميع العناصر في المسارات المتوازية. لاحظ الشكل (1-17).

$$I_T = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3} + \dots\dots$$



شكل 1-17 حساب التيار الكهربائي الرئيس في الدائرة المتوازية

يمكن حساب التيار المار في كل فرع أو في كل مقاومة بتطبيق قانون أوم وحسب الطريقة التالية:

حساب التيار الكهربائي في كل فرع

$$I_{R1} = \frac{V_{R1}}{R_1} \qquad I_{R2} = \frac{V_{R2}}{R_2} \qquad I_{R3} = \frac{V_{R3}}{R_3}$$

$$I_{R1} = \frac{9\ V}{10\ k\Omega} = 0.9\ mA$$ حسب قانون أوم

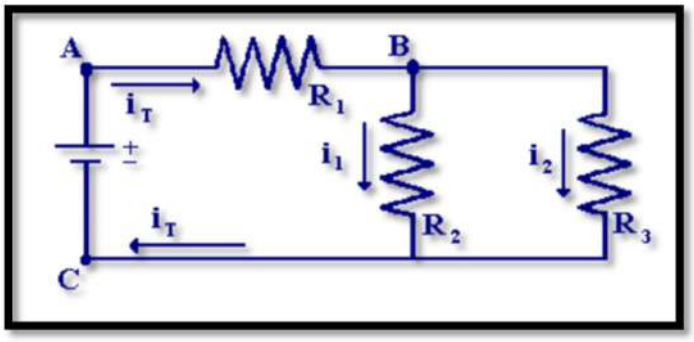
$$I_{R2} = \frac{9\ V}{2\ k\Omega} = 4.5\ mA$$

$$I_{R3} = \frac{9\ V}{1\ k\Omega} = 9\ mA$$

3-4-1 الربط المركب Compound Connection

وهي الدوائر التي تحتوي على مجموعة ربط مقاومات توالي مع مجموعة ربط مقاومات توازي مع بعض.كيفية تحليل الدوائر التي تحتوي على المقاومات متصلة كمجموعات على التوالي والتوازي.

تحديد وتحليل الدوائر المتوازية.يوضح الشكل (1-18) الدائرة الأساسية التي تحتوي على تركيبة من المقاومات متصلة مع بعضها على التوالي والتوازي. المقاومة من النقطة A إلى النقطة B هي R_1 والمقاومة من النقطة B إلى النقطة C هي مجموعة المقاومتين R_2 and R_3 مربوطتين على التوازي.

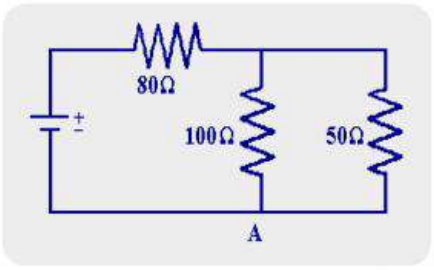


شكل 1-18 الربط المركب للمقاومات

المقاومة الكلية للدائرة من النقطة A to C هي المقاومة R_1 على التوالي مع المجموعة المربوطة على التوازي. لحساب المقاومة الكلية في الدائرة الموضحة بالشكل (1– 19)، يمر التيار من خلال المقاومة 80 أوم قبل أن يقسم إلى جزئيين في تركيبة الوصلة المتوازية ثم يعاد تجمعه ليسير إلى القطب الموجب لمصدر التغذية الكهربائية، ولحساب المقاومة المتوازية الكلية نستخدم المعادلة التالية:

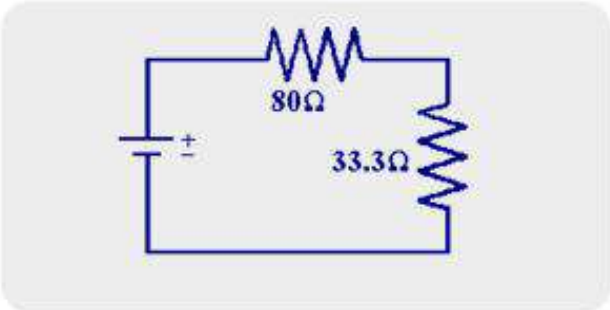
المقاومة المتوازية Rparallel:

R = 1/ (1/100 +1/50) =33.3 Ω



شكل 1-19 حساب المقاومة الإجمالية لـلدائرة الموازية - المتوالية

وسيصبح شكل الدائرة النهائي كما في الشكل (1-20).

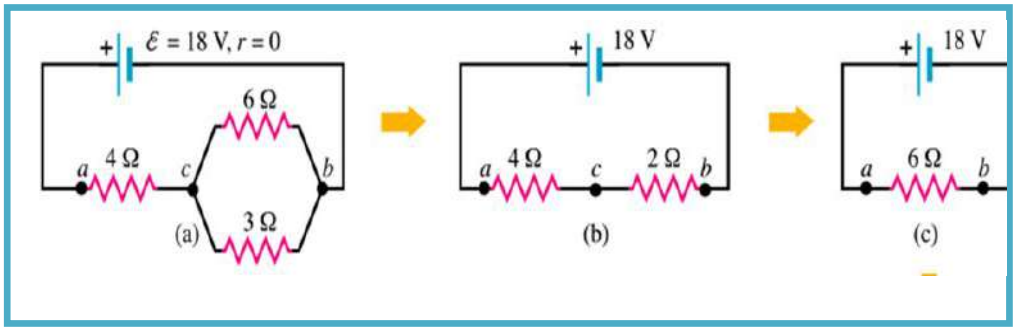


شكل 1- 20 الشكل النهائي للدائرة الكهربائية السابقة

يمكن حساب المقاومة الكلية للدائرة أعلاه

R_t = 80 +33.3 = 113.3 Ω

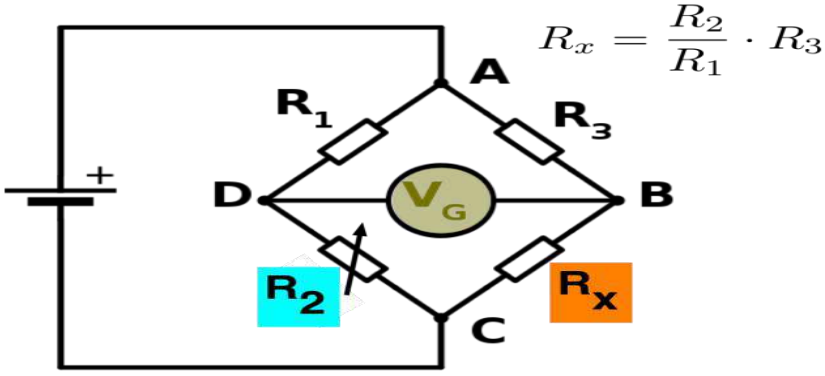
س) لاحظ الشكل (1-21) واستنتج كيفية الحصول على المقاومة الكلية النهائية.



شكل 1-21حساب المقاومة الكلية

4-4-1 قنطرة وتستون Wheatstone Bridge

هي قنطرة كهربائية لقياس المقاومات، اخترعها الإنجليزي صمويل كريستي عام 1833م، وحسنها وأكملها شارلز وتستون عام 1843م. وتُجرى عملية قياس المقاومة الكهربائية المجهولة بعد تركيبها في دائرة كهربائية ذات فرعين (قنطرة) ثم موازنة التيار فيهما. وهي تعمل مثلما يعمل مقياس الجهد Potentiometer، مع الفرق أن في دائرة مقياس الجهد يستعمل كلفانومتر حساس. لاحظ الشكل (1-22).



شكل 1-22 قنطرة وتستون

في الشكل أعلاه تمثل المقاومة الكهربائية Rx المقاومة المجهولة والمطلوب تعيينها.المقاومات R_1 وR_2 و R_3 معروفي القيمة، في حين أن المقاومة R_2 قابلة للتغيير. فإذا تساوت نسبة المقاومتين الموجودتين في الفرع المعروف (R_1 / R_2) مع نسبة المقاومتين في الفرع الغير معروف (R_3/ R_x) يصبح فرق الجهد بين النقطتين B و D صفراً ولا يمر تيار كهربائي في الكلفانومتر V_G . لذلك نغير المقاومة المتغيرة R_2 حتى نحصل على حالة الاتزان. وتوضح قراءة الكلفانومتر عما إذا كانت المقاومة R_2 كبيرة أم صغيرة.

ويمكن قراءة الكلفانومتر بدقة عالية. فإذا كانت المقاومات R_1 و R_2 و لR_3معروفة بدقة عالية، أصبح من الممكن تعيين المقاومة المجهولة R_x أيضاً بدقة عالية.

عند الوصول إلى حالة التوازن، تنطبق المعادلة:

$$R_3/R_X = R_1/R_2$$

وبناءً على ذلك يكون:

$$R_x = (R_2/R_1).R_3$$

5-1 الطاقة والقدرة الكهربائية Electrical Energy and Power

إن معظم المُعدات الصناعية والمنزلية والآلات تعمل على تحويل الطاقة الكهربائية إلى أشكال أخرى من الطاقة يستفاد منها في إنجاز عمل ومنها الطاقة الميكانيكية كما في المحركات والمصاعد والرافعات ومنها الطاقة الحرارية كأجهزة التكييف والسخانات والطاقة الضوئية كمعدات الإنارة وغير ذلك من أنواع الطاقة، انتقال الشحنة الكهربائية في المقاومة خلال مدة من الزمن ينجز شغلاً (حرارة أو حركة أو صور أخرى من صور الطاقة) ويقاس الشغل بالجول. ويعرف الجول بأنه (لو مرت شحنة كهربائية مقدارها كولوم واحد خلال مقاومة على طرفيها فرق جهد مقداره فولت واحد بالشغل المنجز يساوي جولاً واحداً). الطاقة المستهلكة في المقاومة (R) التي تمثل الحمل هي :

$$W = V \times I \times t$$

وتعرف القدرة الكهربائية: بأنها المعدل الزمني للطاقة الكهربائية المجهزة إلى دائرة كهربائية.

$$P = (V \times I \times t) \ / \ t$$

$$P = V \times I$$

حيث أن (P) هي القدرة المصروفة في الدائرة الكهربائية وتقاس بـ (الواط) Watt

$$P = V \times I = I \times R \times I = I^2 \times R$$

$$\mathbf{P = V^2 / R}$$

مثال (1-2)

مصباح كهربائي قدرته 100 واط متصل بمصدر كهربائى ضغط المصدر200 فولت فما شدة التيار الذي يمر بهذا المصباح ؟

الجواب

$$P = V. I$$

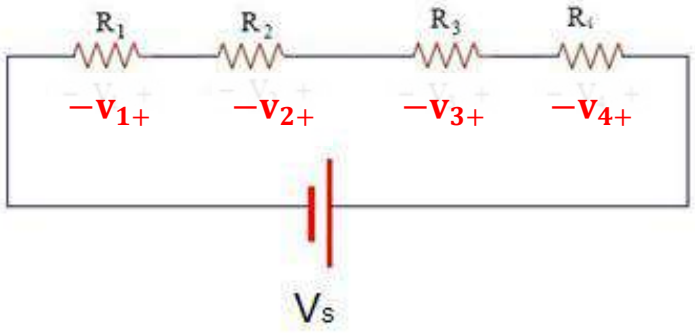
$$I = 100 / 200 = 0.5A$$

6-1 قانونا كيرشوف Kirchhoff's' Two Laws

قانون كيرشوف الأول للجهد

يعتبر قانون كيرشوف من القوانين الرئيسة للدائرة الكهربائية، وهو ينص على أن المجموع الجبري للجهود في أي دائرة أو مسار مغلق يساوي صفراً.

يعرف هبوط الجهد (Voltage Drop) بأنه الجهد المسلط على المقاومات ونتيجة مرور التيار في المقاومات فأنه ينشأ جهد معاكس في القطبية بالنسبة لاتجاه المصدر الرئيس للدائرة وبالتالي فإنه يعمل على هبوط جهد المصدر إلى الصفر.لاحظ الشكل (1-23).



شكل 1-23 دائرة كهربائية متوالية

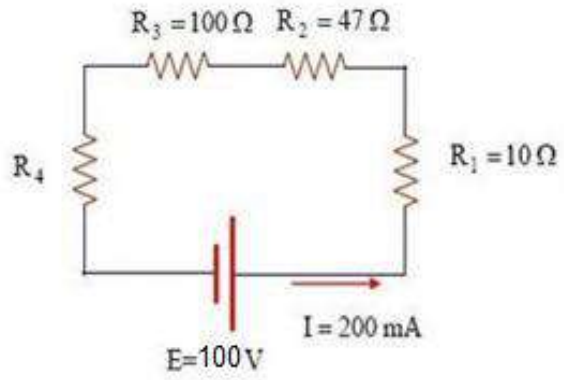
$$V_S = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

إذاً نجد من تطبيق قانون كيرشوف للجهد إن مجموع الجهود في دائرة مغلقة يساوي قيمة مصدر الجهد.

$$V_s = V_1 + V_2 + V_3$$

مثال (1-3)

في الشكل (1-24)،قيمة التيار المار في المقاومات الأربعة المتصلة على التوالي هو 200 mA، وإذا علمت أن قيمة المقاومة الأولى 10 Ω والمقاومة الثانية 47 Ω والثالثة 100 Ω، وإن مصدر الجهد 100 v، أحسب قيمة المقاومة الرابعة.



شكل 1- 24 دائرة كهربائية متوالية

الجواب

في هذه الدائرة سوف نستخدم قانون كيرشوف للجهد وكذلك قانون أوم. ولإيجاد هبوط الجهد على المقاومات المعلومة القيمة نستعمل قانون أوم:

$V_1 = I \times R_1$ =0.2×10 =2 V

$V_2 = I \times R_2$ =0.2 ×47=9.4 V

$V_3 = I \times R_3$=0.2 ×100 =20 V

لإيجاد قيمة الفولتية على المقاومة الرابعة نستخدم قانون كيرشوف للجهد:

$$V_S = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

VS – (V1 +V2 +V3 +V4) = 0

نعوض قيم الفولتيات في المعادلة ....

100 – (2 + 9.4 +20 + V4) = 0

68.6 – V4 = 0

V4 = 68.6 V

ولحساب قيمة المقاومة الرابعة نطبق قانون أوم:

$$R4 = \frac{V4}{I}$$

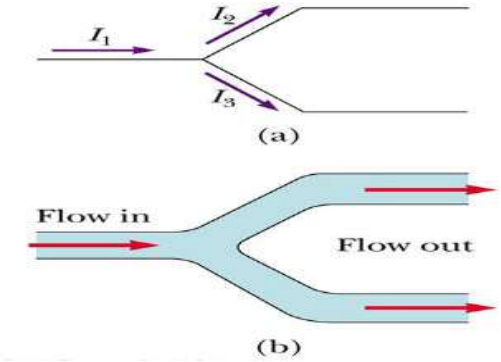
$$R4 = \frac{68.6}{0.2} = 343\ \Omega$$

قانون كيرشوف الثاني للتيار

ينص قانون كيرشوف للتيار على أن المجموع الجبري للتيارات في عقدة (Node) يساوي صفراً.

$$I_{in} = I_{out}$$

Node : هي نقطة تجميع لأكثر من فرعين والشكل (1-25- a) يوضح ذلك مع تمثيله المائي (b).



شكل 1-25 العقدة

بتطبيق قانون كيرشوف للتيار KCL نجد أن :

$$I_1 = I_2 + I_3$$

ويمكن التعبير عن قانون كيرشوف للتيار بالنص الآتي:

المجموع الجبري للتيارات الكهربائية عند أي عقدة Node في الدائرة الكهربائية يساوي صفراً.

وإذا طبقنا هذه الصورة كما في الشكل السابق نجد أن:

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

قانون كيرشوف للتيار KCL يطبق دائماً في دوائر التوازي أي الدائرة التي تشتمل على مقاومات متصلة على التوازي، فينشأ نقاط التفرع Node وتوزيع التيار، لذلك يمكن استخدام قانون كيرشوف لإيجاد التيارات في الفروع المختلفة في دوائر التوازي.

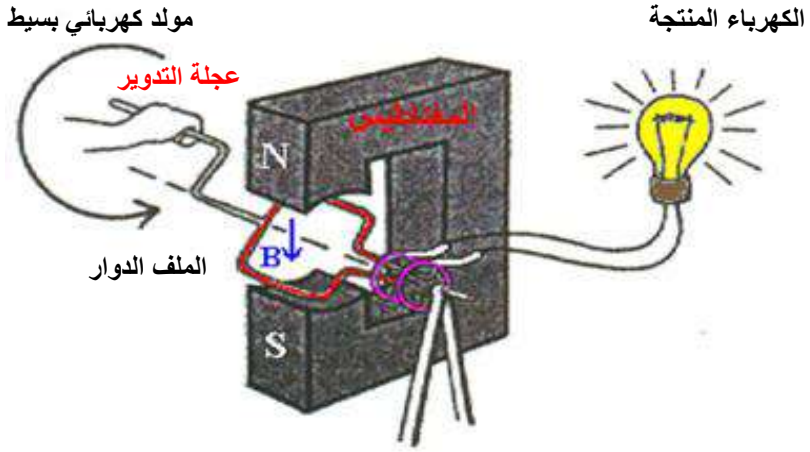
7-1 التيار المتناوب Alternating Current

ذكرنا أن التيار المستمر DC هو تدفق التيار باتجاه ثابت من مصدر فولتية ذات قطب موجب وقطب سالب مثل الأعمدة الجافة والبطاريات. وهذا ليس النوع الوحيد في الكهرباء فهناك مصدر آخر ينتج فولتية بقطبية متغيرة تنعكس فيها القطبية الموجبة والسالبة خلال الزمن ويكون هذا التغير دورياً أي يعيد نفسه بين فترة وأخرى ويعرف هذا النوع بالكهربائية بالتيار المتناوب AC. يستخدم الرمز المألوف للبطارية كرمز عام لأي مصدر فولتية للتيار المستمر في حين تستخدم دائرة داخلها خط متموج كرمز عام لأي مصدر فولتية متناوبة للتيار المتغير لاحظ الشكل (1-26).

شكل 1-26 التيار المستمرDC والتيار المتناوبAC

1-7-1 مولد التيار المتناوب AC Generator

تكمن فكرة توليد الكهرباء في دوران ملف مصنوع من سلك نحاس بين قطبي مجال مغناطيسي في الوسيلة التي نستخدمها لجعل الملف يدور باستمرار وعادة ما يستخدم التوربين وخير مثال على ذلك ما نراه في محطات توليد الكهرباء.يكون التيار الكهربائي الناتج عن المولد الكهربائي هو تيار متردد ويتغير بدالة جيبيه مع الزمن كما في الشكل أدناه وذلك لأن التيار الكهربائي ألحثي الناتج من دوران الملف يتغير في قيمته من قيمة عظمى عندما يكون مستوى الملف عمودياً على مستوى المجال المغناطيسي إلى قيمة صفر عندما يكون مستوى الملف موازياً لخطوط المجال وتتكرر هذه الحالة بدوران الملف. كما في الشكل (27-1).



شكل 1-27 التيار الكهربائي الناتج عن المولد الكهربائي

قانون فراداي:

ينص قانون فرداي على أنه إذا تعرض ملف ما ذو عدد لفات N لمجال مغناطيسي أو خطوط قوى مغناطيسية متغيرة مع الزمن تتولد قوة دافعه كهربائية E (جهد كهربائي) بين طرفي هذا الملف. تتناسب مع معدل تغير المجال المغناطيسي مع الزمن وتساوي عدد اللفات N مضروباً في معدل تغير خطوط القوى المغناطيسية بالنسبة للزمن وذلك بإشارة سالبة:

$$E= -N \, d\Phi/dt$$

نظرية عمل المولد الكهربائي:-

إذا تخيلنا قلب حديد غير مغلق تماما وأنه توجد ثغرة هوائية في مسار خطوط القوى المغناطيسية. فإن خطوط القوى المغناطيسية تمر الآن في القلب الحديدي وتكمل مسارها في الهواء ويكون المجال المغناطيسي مركزاً في هذه الثغرة الهوائية وهو ما يعرف بالمغناطيس. حيث له قطب شمالي تخرج منه

الخطوط المغناطيسية وقطب جنوبي تدخل إليه الخطوط المغناطيسية. في هذه الثغرة يمكن استغلال هذا المجال المغناطيسي بطريقة اخرى وهي: إذا تحرك أي موصل في هذه الثغرة الهوائية قاطعاً خطوط القوى المغناطيسية تتولد بين أطرافه قوة دافعة كهربائية تبعاً لقانون فرداي .

أجزاء مولد التيار المتناوب

1- الغلاف الخارجي:- يصنع من سبيكة الألمنيوم ويتألف من غطائين، الغطاء الأمامي والغطاء الخلفي، يثبت على الغطاء الأمامي بكرة نقل الحركة، بالإضافة إلى مروحة التبريد الخاصة بالمولد أما القاعدة الخلفية فيثبت عليها ثنائيات التقويم وحواضن الفرش الكربونية وأطراف توصيل المولد مع البطارية.

2- الجزء الثابت (ملفات الإنتاج):- ويتألف من صفائح من الفولاذ على شكل اسطوانة وتحتوي على مجموعة من الشقوق يوضع في داخلها ملفات وتتكون هذه الملفات من ثلاث مجموعات من الملفات توصل فيما بينها على التوالي، وتوصل كل مجموعة مع الأخرى إما بتوصيل النجمة أو توصيل المثلث حسب نوع المولد.

3- الجزء الدوار:- يصمم الجزء الدوار في مولدات التيار المتناوب بعدة طرائق أكثرها شيوعاً الجزء الدوار ذو القطب المشطور، ويتألف من ملف من النحاس ملفوف حول قلب معدني من الحديد، وعند مرور تيار كهربائي في ملفات الجزء الدوار تتولد حول قلب الجزء الدوار مجال مغناطيسي.

آلية العمل:-

تقسم مولدات التيار المتناوب المستعملة من حيث آلية العمل إلى نوعين هما مولدات تيار متناوب ذات تغذية منفصلة ومولدات تيار متناوب ذات تغذية ذاتية.

مولد التيار المتناوب ذو التغذية المنفصلة

حيث تعتمد آلية العمل على تغذية ملفات الأقطاب بالتيار المستمر من البطاريات حيث يتولد عند مرور تيار كهربائي في ملفات الأقطاب (ملفات الجزء الدوار) مجالاً مغناطيسياً، وعند دوران الجزء الدوار للمولد فتقطع خطوط المجال المغناطيسي ملفات الجزء الثابت فيتولد فيها قوة دافعة كهربائية حيث نحصل على الكهرباء.

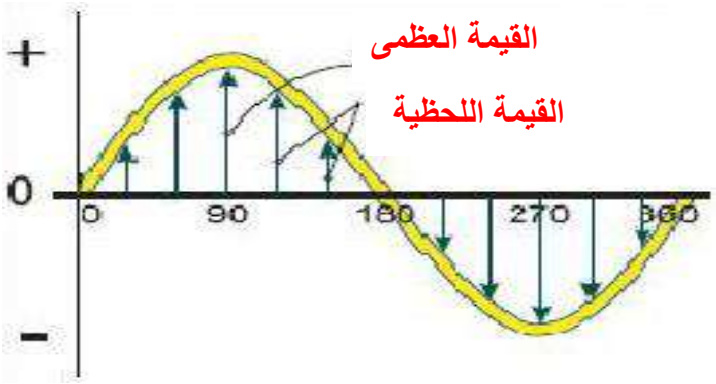
مولد التيار المتناوب ذو التغذية الذاتية

تعتمد آلية العمل في هذا النوع من المولدات على المغناطيسية المتبقية في قلب الأقطاب، فعندما يدور الجزء الدوار للمولد فتقطع خطوط المجال المغناطيسي الناتجة من المغناطيسية المتبقية ملفات المنتج وتولد فيها فولتية منخفضة، وتغذي هذه الفولتية ملفات الأقطاب فتزداد المغناطيسية في ملفات الأقطاب وتزداد خطوط المجال المغناطيسي القاطعة لملفات الجزء الثابت فتزداد الفولتية المتولدة في ملفات الجزء الثابت، حيث نحصل على الكهرباء.

2-7-1 الموجه الجيبية Sine Wave Signal

توليد الموجة الجيبية

عندما يتحرك الموصل حركة دوارة في المجال المغناطيسي أي أنه يتبادل موقعه ما بين القطبين الشمالي والجنوبي باستمرار ونتيجة ذلك نجد أن القوة الدافعة الكهربائية وكذلك التيار بهذا التبادل الحركي للموصل تحت الأقطاب المختلفة تتغير أيضاً اتجاهاتها (قطبي)، وهذا هو ما يسمى بالتيار المتناوب. وتسمى هذه الموجة بالموجة الجيبية، لاحظ الشكل (1- 28) لأن القوة الدافعة الكهربائية المتولدة تتغير تبعاً لتغير جيب الزاوية (θ) وهو حرف لاتيني (ثيتا).

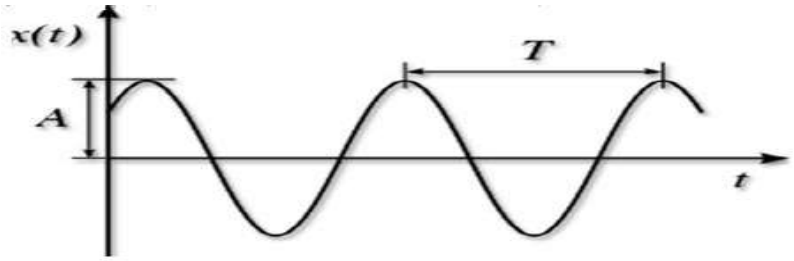


شكل 1-28 الموجة الجيبية

1-7-2 الطور وزاوية الطور Phase and Phase Shift Angle

لغرض فهم الطور وزاوية الطور يجب معرفة الموجة الجيبية أولاً، التي هي عبارة عن حركة اهتزازية Wave Phase، وهو جزء من طول موجة له أهميته من وجهة توافق الموجات ذات طول موجة واحد أو عدم توافقها.

ويمكن اعتبار **طور الموجة** أو طور التردد مثالاً للحركة التوافقية البسيطة. وينطبق نفس النظام على الحركة الموجبة الجيبية عند نقطة ما في المكان ولفترة زمنية، أو عبر مسافة معينة وعند نقطة معينة من الزمن. والحركة التوافقية البسيطة ما هي إلا إزاحة تتغير دورياً كما يوضحها الشكل (1-29).



شكل 1- 29 الحركة التوافقية البسيطة

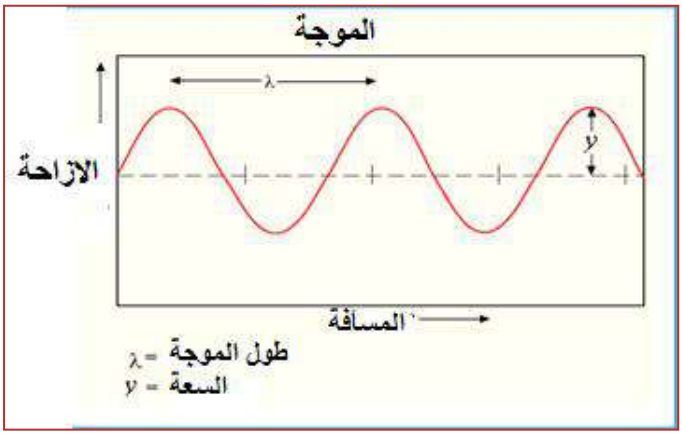
حيث: (A السعة) وهي النهاية العظمى للإزاحة،(T زمن الدورة)،(f التردد) والحركة بالتردد f يقترن بزمن دورة الموجة.

$$T=1/f$$

- **فرق زاوية الطور**: هو الفرق بين طوري موجتين لهما نفس التردد وبالتالي نفس طول الموجة.

1-7-3 القيمة العظمى Maximum Value

تسمى القيمة العظمى للفولتية والتيار المتناوب بالاتساع، وتتولد في فترة قطع أكبر عدد من خطوط المجال المغناطيسي أثناء دوران ملف أو حلقة وتكون إما موجبة أو سالبة وفي كلا الحالتين فأنهما متساويتين في الموجة الجيبية، لاحظ الشكل (1- 30).



شكل1-30 القيمة العظمى

إن القوة الدافعة الكهربائية المتولدة هي قيمة لحظية وهي قيمة معينة عند أي لحظه زمنية وتسمى بالقيمة اللحظية للفولتية ، ويرمز لها عادةً بحروف صغيرة، والمعادلة تمثل ذلك،إما القيمة العظمى فهي أكبر قيمة تبلغها القيمة اللحظية ويرمز لها عادة بحروف كبيرة. وللقيم الجيبية عادة قيمتان عظمى،وهي عندما تكون الزاوية 90 درجة وتكون موجبة، والثانية عندما تكون الزاوية 270 درجة وتكون سالبة، والقيمة العظمى تمثل بالمعادلة التالية:

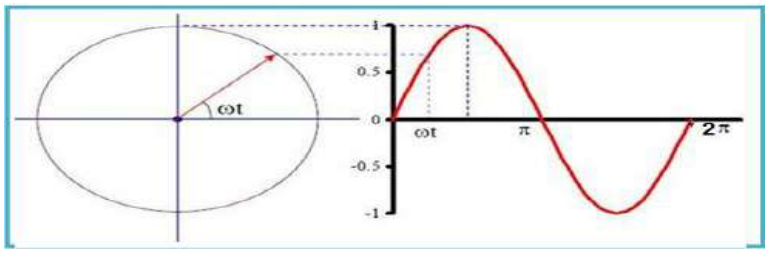
$$E_m = K$$

$$e = E_m \sin\theta$$

إما إذا كانت الموجة الجيبية تتغير زاويتها بدوران المولد للتيار المتغير خلال فترة زمنية كما في الشكل (1-31)، فإنه يمكن التعبير عن الزاوية كما يلي :

$$\theta = 2\pi f$$

$$\omega = 2\pi f$$



شكل 1-31 القيمة العظمى وزاوية الطور

مثال (1-4)

إذا علمت أن القيمة اللحظية للجهد هي...

v=100 sin 100t

أحسب التردد والقيمة العظمى

الجواب

لحساب التردد

$$\omega = 100$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{100}{2\pi} = 15.92 \text{ Hz}$$

لحساب القيمة العظمى

$V=V_m \sin \omega t$

$V_m = 100$ volt

القيمة الفعالة Effective Value

إن مهمة التيار المتغير والمستمر هي نقل الطاقة الكهربائية من أحد أجزاء الدائرة إلى جزء آخر في نفس الدائرة، ولذلك عند مقارنة هذين التيارين فإن القيمة الفعالة للتيار المتغير هي التي تساوي قيمة التيار المستمر الذي ينتج نفس الكمية من الحرارة عندما يوفر نفس المقاومة لنفس الفترة الزمنية، وإذا كانت القدرة المستهلكة في المقاومة نتيجة مرور التيار المستمر هي:

$$P_1=I^2R \quad ، \quad P_2=I^2R$$

ومن مفهوم القيمة الفعالة للتيار المتغير يجب أن تكون القدرتان متساويتين:

$$P_1=P_2$$

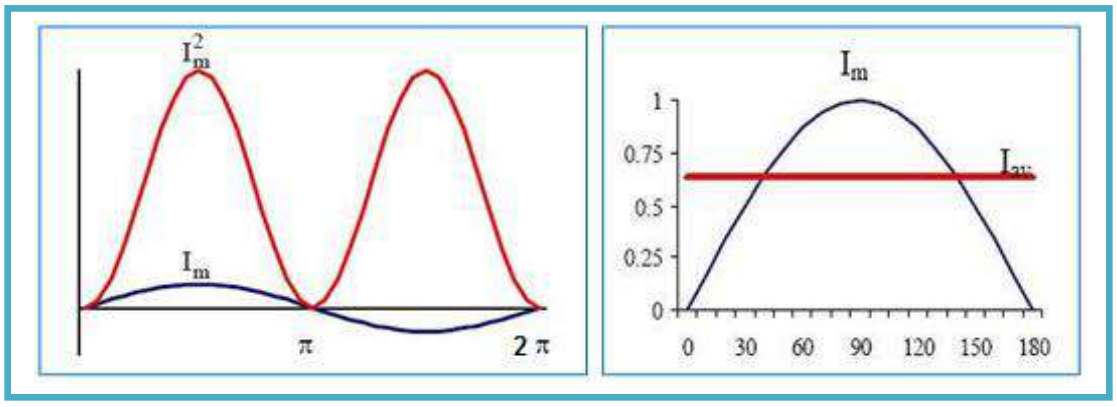
$$I^2=i^2=I^2m \times \sin \theta t$$

$$I_{eff}=\frac{Im}{\sqrt{2}}$$

القيمة المتوسطة للموجة الجيبية (عندما تؤخذ للدورة الكاملة) تساوي الصفر لأن الجزء السالب من الموجة يلغي الجزء الموجب منها. انظر الشكل (1-32). ولغرض المقارنة فإن القيمة المتوسطة لنصف دورة للموجة الجيبية تساوي:

$$V_{avg}=V_{max}$$

$$V_{avg}=0.637\ V_{max}$$



شكل 1-32 القيمة الفعالة للموجه

4-7-1 قيمة الجذر المتوسط التربيعي Root Mean Square

بالنسبة للتيار المتناوب هو عبارة عن موجة جيبية، وبالتالي فالقيمة المتوسطة له معدومة، لأن الجزء الموجب يساوي الجزء السالب. أما القيمة الفعالة فتعطى بالعلاقة:

Vrms = Vmax/sqrt(2)

حيث: sqrt (2) هو الجذر التربيعي للعدد 2.

ولكن في دائرة القياس نقوم بتحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر(حتى يستطيع المعالج قياسها) باستخدام الثنائي، والذي يمثل دائرة تقويم نصف موجة، فتصبح القيمة المتوسطة للجهد:

Vdc = Vmax/pi

حيث: pi هو 22/7 أو 3.14

وتصبح القيمة الفعالة للجهد:

$$\sqrt{2}V_{max}\mathbf{V_{rms}}$$

وبالتالي لحساب القيمة الفعالة لموجة كاملة نقوم بقياس القيمة العظمى للجهد (وتكون عادة حوالي 311 فولت)، ونقسمها على جذر 2 (1.41) فيكون الناتج 220 فولت.

8-1 ممانعات التيار المتناوب AC Impedances

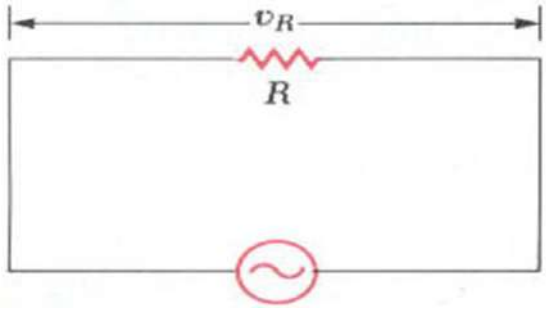
لفهم المبادئ الأساسية لدوائر**التيار المتردد**، سنركز على تأثير التيار المتردد على **المقاومة والمتسعة والملف**. وقد سميت بدوائر التيار المتناوب أو المتردد لأن التأثير الكهربائي يتغير مع الزمن بدالة جيبيه، كما لاحظنا في فكرة عمل المولد الكهربائي. سنعتمد في تحليل الدائرة الكهربائية على قانون كيرشوف لإيجاد علاقة التيار بالجهد الكهربائي على كل عنصر من عناصر الدائرة الكهربائية.

حيث يمثل مصدر القوة الدافعة الكهربائية في الدائرة بالرمز ويكون فرق الجهد:

$$v = V_m \sin\omega t$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi/T$$

بتطبيق قانون كيرشهوف على الدائرة الموضحة في الشكل (1-33)، التي تتكون من مقاومة ومصدر تيار متردد.



شكل 1-33 دائرة تيار متناوب

$$v = v_R = V_m \sin\omega t$$

حيث أن v_R قيمة فرق الجهد اللحظي المسلط على طرفي المقاومة و V_m القيمة العظمى لفرق الجهد، وتكون قيمة التيار اللحظي:-

$$i_R = v/R = \frac{Vm}{R} \times \sin\omega t = I_m \times \sin\omega t$$

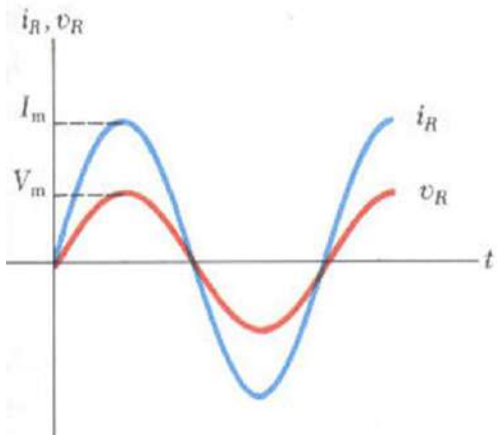
حيث أن I_m القيمة العظمى للتيار المار في المقاومة:

$I_m = V_m / R$

تعطى قيمة فرق الجهد اللحظي بدلالة التيار من خلال المعادلة التالية:

$$v_R = I_m R \sin\omega t$$

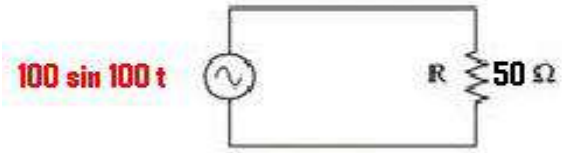
من المعادلة الأخيرة نستنتج أن كلاً من الجهد والتيار يتغيران بدالة جيبيه وبنفس الطور، وكما يوضحه الشكل (1-34).



شكل 1-34 تغير الجهد والتيار بدالة جيبيه وبنفس الطور

مثال(1-5)

للدائرة الكهربائية المبينة بالشكل الآتي قيمة المقاومة (50 Ω)، والجهد ألجيبي المسلط عليه (100sin100t)،أحسب قيمة التيار الفعال، والتيار الأعظم ومثله جيبياً، واحسب قيمة التردد له.



الجواب

من الشكل يكون التيار(I_{max}) مساوياً إلى

$I_{max}=V_{max}$ /R = 100/50 = 2 A

$\mathbf{I = I_{max} \sin \omega t = 2 \sin 100t}$

$\boldsymbol{I_{rms} = Imax/1.41}$

إما مقدار التردد فحسب المعادلة

$\mathbf{f = \omega/2\pi}$

f =100/2π = 16 Hz

1-8-1 ممانعة المتسعة Capacitor Impedance

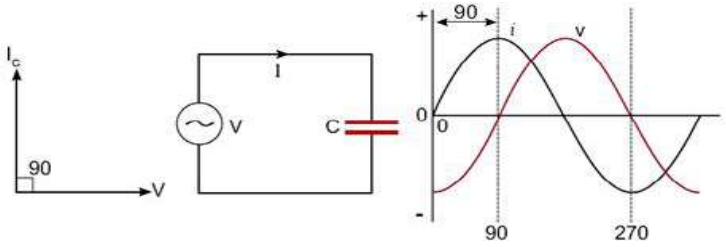
تبدي المتسعة ممانعة للتيار المتناوب وإن ممانعتها تتناسب تناسباً عكسياً مع التردد وتدعى بالممانعة السعوية ويرمز لها (Xc) وتقاس بالأوم وتحسب بالقانون الآتي:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

وفي الدائرة الكهربائية في الشكل (1-35) يوضح كيفية توصيل مكثف إلى مصدر تيار متناوب،ويمكن حساب المفاعلة المكافئة (X_C) كما يلي :

$$X_C = \frac{1}{2\pi.f.C} = \frac{1}{2\times 3.14\times f.c}$$

يتقدم التيار عن الفولتية بزاوية مقدارها 90 درجة وهنا يكون الطور بينهما مختلفاً.



شكل 1-35 توصيل متسعة إلى مصدر تيار متناوب

1-8-2 ممانعة الملف Coil Impedance

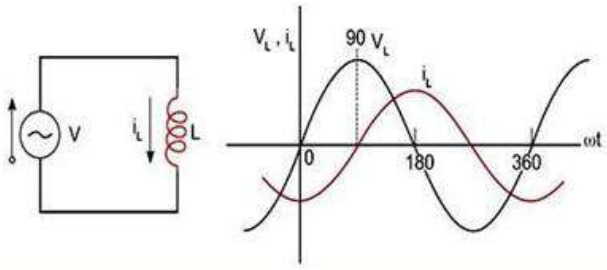
يقاوم الملف التيار المتناوب وتتناسب ممانعته تناسباً طرياً مع تردد التيار وتدعى بالممانعة الحثية ويرمز لها بالرمز XL وتحسب بالقانون الآتي:

$$X_L = 2\pi f L$$

حيث أن:

f = التردد ، L = معامل الحث الذاتي

ومفهوم الحث الذاتي هو، إذا كانت قيمة التيار المار في الملف تتغير زيادة ونقصان كما هو الحال مع التيار المتردد، فإن قيمة المجال المغناطيسي الناشئ عن التيار تتغير أيضاً زيادة ونقصان، وفي هذه الحالة يتولد على طرفي الملف جهد يعارض الزيادة والنقص في التيار المار في الملف، وكلما زاد معدل تغير التيار كلما زاد قيمة هذا الجهد المعارض لحدوث التغيير، وخاصية المعارضة هذه تسمى "الحث الذاتي".
يتأخر التيار عن الفولتية بزاوية مقدارها90 درجة، وهنا يكون الطور بينهما مختلف كما يوضحه الشكل (1-36) التالي:

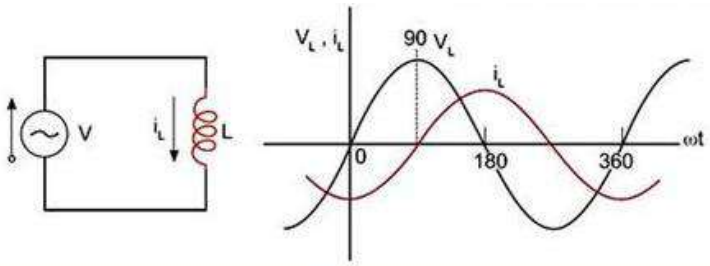


شكل 1-36 مرور تيار متردد في ملف

1-8-3 العلاقة بين التيار وفرق الجهد على الملف والمتسعة

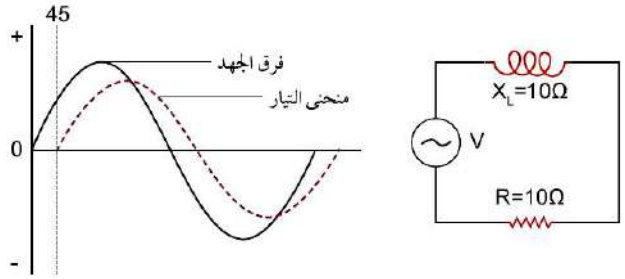
العلاقة بين التيار وفرق الجهد على الملف

عند ربط الملف في دائرة تيار متناوب وحسب التأثيرات الحثية فستكون هنالك إزاحة أو فرق بالطور بين التيار وفرق الجهد على الملف، كما في الشكل (1-37).



شكل 1-37 العلاقة بين التياروفرق الجهد على الملف

من خلال شكل المنحنيات في الرسم أعلاه نشاهد إن الجهد يبدأ من زاوية الصفر، بينما التيار يتأخر عن الجهد، ولا يتغير التيار بنفس الوقت الذي يتغير فيه الجهد في الدائرة الحثية ولكن يتأخر وذلك حسب قيمة المحاثة. في الدائرة الحثية التي تحتوي على ملف فقط، يتأخر التيار عن الجهد بزاوية مقدارها 90 درجة، ومن المعلوم أن جميع الملفات تحتوي على مقاومات، وبذلك يتأخر التيار عن الجهد بزاوية أكبر من الصفر وأصغر من أل 90 درجة بحيث تقل هذه الزاوية كلما زادت المقاومة وتزيد هذه الزاوية كلما زادت المفاعلة الحثية بحيث تصل في حدها الأعلى إلى 90 درجة عندما تكون المقاومة فيها صفراً، وبالتالي ستكون هناك ممانعة حثيه للملف (مقاومة + محاثة)، ووحدة قياس الممانعة الكلية للملف هي الأوم، كما في الشكل (1-38).



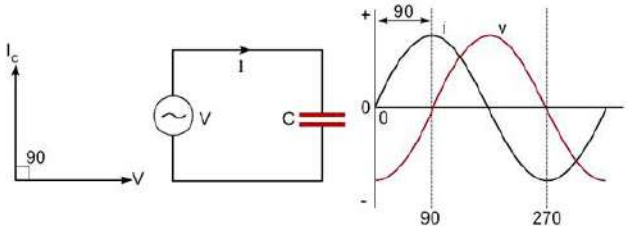
شكل 1-38 الممانعة الكلية للملف

ولحساب الممانعة الكلية للملف (مقاومة + ملف) حسب القانون التالي:

$$Z = \sqrt{R^2 + {X_L}^2}$$

العلاقة بين التيار وفرق الجهد على المتسعة

عند ربط المكثف في دائرة التيار المتناوب وحسب التأثيرات السعوية فسيكون هنالك إزاحة أو فرق طور. إن زاوية الإزاحة بين الجهد والتيارتعني أن التيار يسبق الجهد بزاوية مقدارها 90 درجة،أي أنه إذا بدء منحنى التيار من زاوية الصفر فإن منحني الجهد يتأخر بزاوية مقدارها 90 درجة، وكما هو واضح بالشكل (1-39).



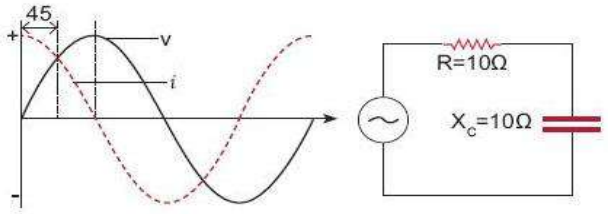
شكل 1-39 العلاقة بين التيار وفرق الجهد على المتسعة

وفي الدائرة السعوية هناك قدر قليل من المقاومة (R) وبذلك يسبق التيار الجهد بزاوية تتراوح بين دائرة تحتوي على مقاومة فقط أي زاوية الإزاحة صفر، ودائرة تحتوي على مكثف فقط بزاوية مقدارها 90 درجة، وعندما تتساوى المقاومة مع المفاعلة السعوية، ففي هذه الحالة يسبق التيار الجهد بزاوية 45

درجة، وكما هو واضح في الشكل (1-40)، حيث تنتج ممانعة في دائرة التيار المتناوب للمتسعة وتسمى بالممانعة السعوية (مقاومة +مِحاثة سعوية)
ولحساب الممانعة السعوية نطبق القانون التالي:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

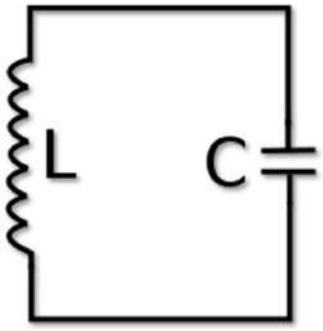
حيث Z هي الممانعة الكلية للمتسعة



شكل 1-40 الدائرة السعوية

1-9 دوائر الرنين Resonance Circuits

رنين الملف والمتسعة في الدوائر الإلكترونية (LC Circuit أو LC Tuner أو Resonant Circuit) هي دائرة كهربائية مكونة من ملف ومكثف يعملان سوياً كرَنان، حيث يتردد فيهما تيار كهربائي عند تردد محدد للرنين. لاحظ الشكل (1-41).



شكل 1-41 دائرة رنين

وتستخدم دائرة الملف والمتسعة لإصدار الإشارات الكهرومغناطيسية عند تردد محدد، أو التقاط موجة كهرومغناطيسية لها تردد محدد من بين حزمة من الموجات. ولتلك الدوائر استخدام متسعة كدائرة رنين وأيضاً كمرشح للإشارات، و كموالف إلكتروني، وكذلك لخلط الموجات الكهرومغناطيسية. وتعتبر دائرة الملف والمتسعة دائرة مثالية إذ توحي بأن مقاومتها تساوي صفراً، إلا أن ذلك ليس واقعياً فكل دائرة كهربائية تحتوي على مقاومة، ولذلك نستعرض هنا دائرة رنين توافقي.

طريقة العمل

تستطيع الدائرة الكهربائية المكونة من ملف ومتسعة LC Circuit تخزين الطاقة الكهربائية بذبذبتها عند حالة تردد الرنين أو ذبذبة الرنين. ويعتمد تردد الرنين على قيم الملف والمتسعة المختارة. وتخزن المتسعة الطاقة الكهربائية في صورة مجال كهربائي بين لوحتيه، وهذا المجال يعتمد على الجهد الكهربائي المتصل به. ومن ناحية أخرى يخزن الملف أيضاً الطاقة الكهربائية في صورة مجاله المغناطيسي، وهذا يعتمد على شدة التيار المار به. فإذا وصلنا متسعة مشحونة كهربائياً بالتوالي مع ملف، تبدأ شحنة المتسعة في المرور خلال الملف، مما يكوّن مجالاً مغناطيسياً حوله، كما تقل بطبيعة الحال الشحنة على المتسعة. وبعد مدة زمنية قصيرة تتفرغ شحنة المتسعة. ولكن مرور التيار يستمر في الملف بسبب أن الملف يقاوم تغير التيار المار فيه. فتبدأ المتسعة جمع شحنة جديدة على لوحتيها من التيار القادم إليه ولكن شحنتها ستكون هذه المرة عكسية بمقارنتها بشحنتها الأولى. ويكون الجهد عليها عكسياً أيضاً. أي أن اللوح الذي كان في البداية موجباً يصبح سالباً واللوح الآخر بالعكس.وعندما يُستهلك المجال المغناطيسي، يتوقف مرور التيار وتصبح المتسعة مشحونة تماماً (وكما شرحنا بقطبية عكسية). عندئذٍ تبدأ الدورة من جديد بتفريغ شحنة المتسعة في الملف ولكن إتجاه التيار سيكون بالعكس.وبهذا ستتأرجح الشحنة بين لوحي المتسعة والملف مرات ومرات. وستتأرجح بالتالي الطاقة الكهربائية بين المتسعة والملف، حتى تعمل المقاومات الموجودة في الدائرة على تخميد تلك الأرجحة. وتعرف تلك الدورات بالهزاز التوافقي، وهي تشابه من وجهة الرياضيات حركة البندول البسيط. ويمكن أن تكون الذبذبة سريعة بحيث تتردد مئات آلاف المرات في الثانية،حيث تقاس بالكيلو هرتز وهي وحدة قياس التردد.تستخدم دوائر الرنين في أجهزة الاستقبال مثل الراديو والتلفزيون حيث أن لكل محطة إذاعية أو تلفزيونية لها تردد محدد وبجهاز الاستقبال نستقبل التردد الذي يمر في دائرة الرنين والذي تكون مقاومته أقل ما يمكن وباقي الترددات لا تمر لأن إعاقة دائرة الاستقبال لها تكون كبيرة وبتغير سعة المتسعة (عن طريق إدارة ألواح المتسعة لتغير المساحة) يمكن التنقل بين المحطات. وبالتالي كلما كان اتساع منحني التيار والتردد أقل ما يمكن كلما كانت قدرة جهاز الاستقبال أحسن لأنها سوف تفصل بين الترددات المتجاورة. وهذا يلعب دوراً في تقييم أجهزة الاستقبال وتحديد سعرها.

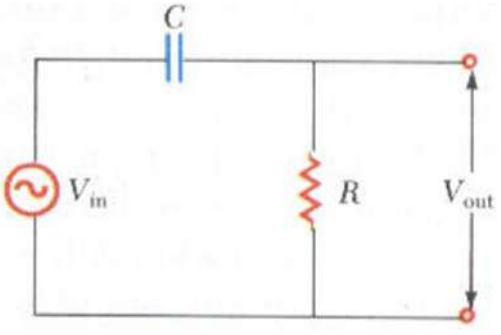
1-9 -1 ربط المتسعة على التوالي مع الدائرة

إن الدائرة المتكونة من مقاومة ومتسعة تحمل مواصفات المرشحات للترددات، ويمكن التحكم في قيم كل من المتسعة والمقاومة وبالتالي نتحكم بالتردد المار في هذه المرشحات، وكذلك من طريقة توصيل المقاومة والمتسعة.تستخدم المرشحات في الدوائر الكهربائية مثل دوائر الإستقبال في الراديو للتخلص من الترددات التي قد تشوش على الإشارة المراد التقاطها وتكبيرها. وتتكون المرشحات الكهربائية من مقاومة ومكثف موصلين على التوالي ويمكنها ترشيح الترددات العالية أو الترددات المنخفضة وذلك من خلال طريقة التوصيل بين المقاومة والمتسعة.إنظر الشكل (1-42). حيث توضح الدائرة الكهربائية المبينة فيه فكرة عمل **مرشح الترددات العالية** High-Pass Filter حيث يكوّن الجهد الناتج على طرفي المقاومة.

وقيمة الجهد الناتج على طرفي المقاومة يعطى من خلال قانون أوم:

$$V_{out} = I_{m.} R$$

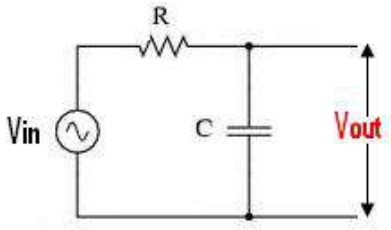
عند الترددات المنخفضة تكون قيمة الجهد Vout أقل بكثير من Vin وعند الترددات المرتفعة تكون قيمتي الجهد متساويتين.Vin = Vout وهذا يعني أن الدائرة تمرر فقط الترددات المرتفعة ولذلك سميت High-Pass Filter بينما الترددات المنخفضة لاتمرر.



شكل 1-42 ربط المتسعة بالتوالي مع الدائرة

2-9- المتسعة على التوازي مع الدائرة

في حالة توصيل الخرج على طرفي المتسعة بدلاً من المقاومة يصبح عمل المرشح هو تمرير الترددات المنخفضة وحجب الترددات العالية ويسمى **مرشح الترددات المنخفضة**،أنظرالشكل (1-43).

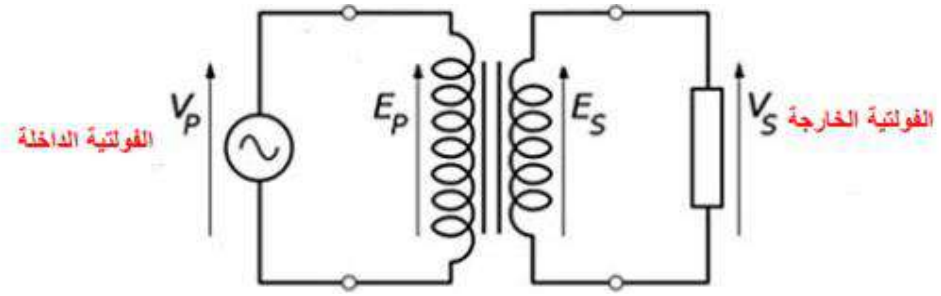


شكل 1-43 ربط المتسعة بالتوازي مع الدائرة

الدائرة الكهربائية المبينة في الشكل(1-43)، عند الترددات المنخفضة تكون قيمتي الجهد Vout و Vin متساويتين، بينما عند الترددات المرتفعة قيمة الجهد Vout أقل بكثير من Vin وهذا يعني أن الدائرة تمرر فقط الترددات المنخفضة، ولذلك سميت Low-Pass Filter بينما لاتمرر الترددات المرتفعة.كما ويمكن استخدام مقاومة وملف RL Filters للحصول على مرشح يعمل بنفس الفكرة. كما يمكن تصميم مرشح يمرر حزمة من الترددات Band-Pass Filter.

10-1 المحولة الكهربائية Electrical Transformer

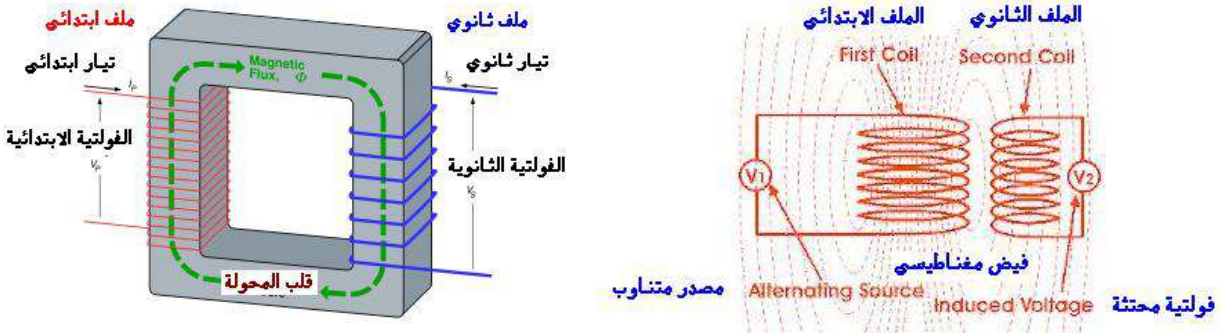
يُعدَّ الحث المتبادل الأساس الذي تبنى عليه نظرية عمل المحولة الكهربائية المكونة من ملفين ابتدائي وثانوي لاحظ الشكل (1-44) الذي يوضح المحولة الكهربائية المثالية (القدرة الداخلة تساوي القدرة الخارجة). وبزيادة عدد لفات الملف الثانوي على عددها في الملف الابتدائي يمكن الحصول على فولتية أكبر من الفولتية المسلطة على الملف الابتدائي وبالعكس.



شكل 1– 44 المحولة الكهربائية

تستخدم المحولات الكهربائية بشكل منفرد أو تدخل ضمن أجهزة كثيرة وتأتي في مجموعة متنوعة وواسعة من الأحجام والسعات (القدرات) الفولتيات، وتستخدم المحولات الكبيرة لربط شبكات الكهرباء الوطنية بينما تستخدم الصغيرة منها في العديد من التوصيلات والمنظومات الكهربائية والأجهزة

الإلكترونية.المبدأ الأولي لعمل المحولة هو أن التيار الكهربائي المتناوب والذي يمر من خلال الملف الابتدائي يولد مجالاً مغناطيسياً (الذي يعرف بالكهرومغناطيسية)،إما المبدأ الثاني فهو أن تغيرا لمجال المغناطيسي يولد تياراً كهربائياً داخل الملفات الثانوية نتيجة الحث المغناطيسي. أنظر الشكل (1-45).



شكل 1-45 مبدأ عمل المحولة

وتشترك المحولات في أنها تحتوي على ثلاثة أجزاء رئيسة داخلة في مكوناتها وكالآتي:

1. الملف الابتدائي، حيث يستقبل الطاقة الكهربائية من المصدر.
2. قلب المحولة، مادة مغناطيسية يتولد فيها فيض مغناطيسي متردد.
3. الملف الثانوي، حيث يتولد فيه قوة دافعة كهربائية ويتصل بالحمل الكهربائي.

للمحولة نسبة تحويل (الفولتيات أو التيارات حيث أن الزيادة في الفولتية يقابلها نقصان في التيار في كلا الملفين والعكس صحيح أيضاً)،تعتمد على عدد لفات الملف الابتدائي والملف الثانوي وحسب القانون الآتي :

$$V_1 / V_2 = N_1 / N_2$$

N_1= عدد لفات الابتدائي

N_2 = عدد لفات الثانوي

مثال(1-6)

مامقدار فولتية الملف الثانوي(الخرج) للمحولة الذي عدد لفات ملفه الابتدائي يساوي 50 لفة وملفه الثانوي يساوي 100 لفة،علماً أن فولتية الملف الابتدائي مساوية إلى 100 volt.

الجواب:

حسب قانون نسبة التحويل تكون فولتية الملف الثانوي V_2 مساوية إلى :

$$V_2 = (N_2/N_1)V_1 = (100/50)\ 100 = 200\ V$$

أسئلة الفصل الأول

س1: ماهي مصادر الطاقة الشائعة؟ أشرح باختصار عمل كل منها.

س2: أشرح بشكل مفصل آلية عمل العمود الكهربائي البسيط، والعمود الجاف.

س3: ما القوة الدافعة الكهربائية؟

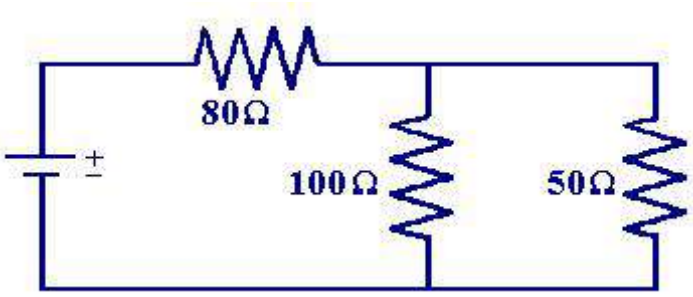
س4: عرف المقاومة الكهربائية، وأذكر أنواعها المختلفة مبيناً كل منها على حدة.

س5: لديك مقاومة سلك مقدارها20 Ω ، ومساحة المقطع العرضي محددة بقطر يساوي (¼ mm)، أحسب المقاومة النوعية للسلك إذا علمت أن طوله (5cm).

س6: ربطت ثلاثة مقاومات قيمها 30 Ω، 50 Ω، 80 Ω على التوالي إلى مصدر للتيار المستمر فولتيته تساوي 160 Ω. أحسب المقاومة الكلية والفولتية على طرفي كل مقاومة.

س7: ربطت مقاومتان 2 Ω، 6 Ω على التوازي ووصلت إلى مصدر فولتية 12 V.أحسب المقاومة الكلية والتيار المار في كل مقاومة والتيار الكلي المار في الدائرة.

س8: أحسب التيار الكلي المار في الدائرة الآتية إذا كانت فولتية المصدر 100 V.



س9: ما الفرق بين القدرة والطاقة الكهربائية؟

س10: أذكر قانون كيرشوف موضحاً بأمثلة لكل منهما.

س11: عرف الملف وما أنواعه؟ وضحها.

س12: أشرح قاعدة اليد اليمنى وبين ما الحث الذاتي؟

س13: ماذا نعني بهبوط الجهد؟

س14: عرف الموجة الجيبية ، واشرح قانون فارداي.

س15: ماهي نظرية عمل المولد الكهربائي؟ وماهي أجزاء المولد؟

س16: إذا علمت أن الدائرة الكهربائية بالشكل (2-10) يمر بها تيار مقداره ($I=4\sin 50t$)،أحسب القيمة المؤثرة للفولتية المسلطة إذا كانت المقاومة R تساوي 100 Ω.

س17: ماهي دائرة الرنين، وما طريقة عملها، وما هي استعمالاتها؟

س18: أشرح بالتفصيل آلية عمل المحولة الكهربائية.

س19: إذا كان عدد اللفات للملف الابتدائي للمحولة يساوي 40 لفة وللثانوي 20 لفة،أحسب قيمة التيار الابتدائي إذا كان التيار الثانوي يساوي 5 A.

الفصل الثاني أشباه الموصلات

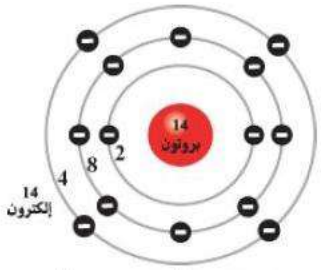
2- 1أشباه الموصلات Semi-Conductors

اصبحت العناصر الإلكترونية المصنوعة من أشباه الموصلات هي أكثر العناصر الإلكترونية أهمية هذه الأيام. العناصر الإلكترونية كالثنائيات والترانزستورات والثايرستورات والمقاومات الحرارية والخلايا الكهروضوئية والمقاومات الضوئية والعناصر الإلكترونية الليزرية والدوائر المدمجة، كل هذه العناصر تصنع من مواد شبه موصلة أو بشكل عام من أشباه الموصلات. والآن نأتي للتعرف على ما هو شبه الموصل (Semi-Conductor). تصنف المواد حسب ناقليتها للتيار الكهربائي إلى:

- مواد (موصلة) ناقلة تمرر التيار الكهربائي بسهولة كالفضة والنحاس وتسمى هذه المواد بالموصلات (Conductors).
- مواد (عازلة) لأتسمح بمرور التيار الكهربائي كالمطاط والزجاج والخشب وغيرها وتسمى هذه المواد بالعوازل (Insulators).
- يوجد في الطبيعة مواد أخرى تقع بين النوعين (المواد الموصلة والمواد العازلة) من حيث توصيلها للكهربائية وتسمى بأشباه الموصلات Semiconductors كما في عنصري الجرمانيوم Ge والسيلكون Si وبعض المركبات الكيماوية الأخرى. ويطلق على تقنية أشباه الموصلات اصطلاح الحالة الصلبة (Solid State)، إذ أن التوصيل يحدث في مواد صلبة وليست سائلة أو غازية.ولأتنقل هذه المواد التيار الكهربائي في درجة حرارة الصفر المطلق، إما في درجة حرارة الغرفة (20°C) فإنها تنقل التيار.

2-2 السيلكون والجرمانيوم

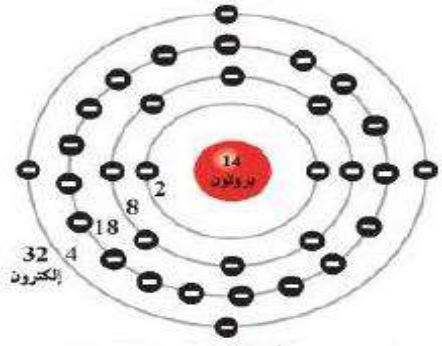
عنصرا السيليكون والجرمانيوم من أهم أشباه الموصلات المستعملة في الأغراض الإلكترونية وهي (رباعية التكافؤ) ويتركب عنصر السيليكون من 14 إلكتروناً في تركيبه الذري بينما تمتلك ذرة الجرمانيوم 32 إلكتروناً، تتوزع الإلكترونات على مدارات ذرة السيلكون وهي، المدار الأول يحتوي على 2 إلكترون، المدار الثاني 8 إلكترونات، المدار الثالث 4 إلكترون،لاحظ الشكل (2-1).



شكل 2-1 البناء الذري للسيلكون

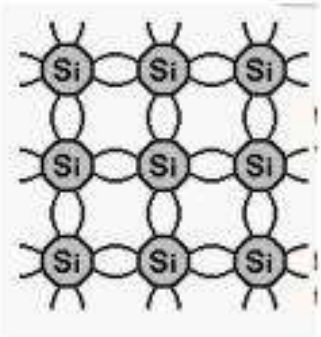
بينما تتوزع الإلكترونات على مدارات ذرة الجرمانيوم كما يلي:

المدار الأول يحتوي على 2 إلكترون، المدار الثاني 8 إلكترونات، المدار الثالث 18 إلكترون، المدار الرابع 4 لاحظ الشكل (2-2).



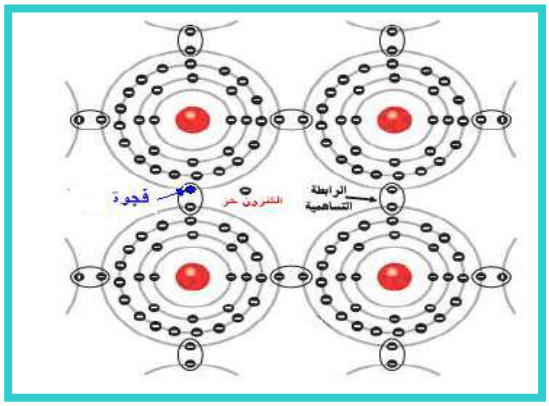
شكل 2 – 2 البناء الذري للجرمانيوم

وكل من هذه الذرات قادرة على الإتحاد فيما بينها عن طريق ترابط إلكترونات التكافؤ للذرات المتجاورة وتسمى بالأواصر التساهمية (Covalent Bond) ويطلق على هذا التركيب بالتركيب البلوري (Crystal Structure)، والشكل (2–3) يوضح تركيب بلورة السيلكون في درجة الصفر المطلق.



شكل 2–3 بلورة السيليكون في درجة الصفر المطلق

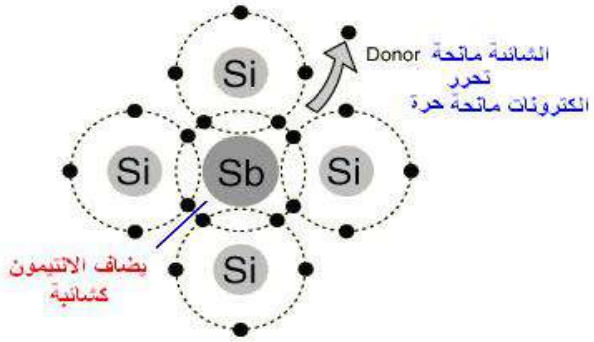
وإذا تعرضت البلورة إلى مؤثرات خارجية ضوئية كانت أو حرارية فإن ارتباط الكترونات التكافؤ يضعف فتتحرر وتكفي درجة حرارة الغرفة لمثل هذا التأثير خصوصاً لبلورة الجرمانيوم، والشكل (2–4) يوضح تحرر إلكترونا من حزمة التكافؤ في بلورة الجرمانيوم وأصبح حراً تاركاً مكانه فجوة (Hole) وأصبح التوصيل الكهربائي ممكناً بعض الشئ، وللفجوة أهمية خاصة حيث يعدَّ حاملاً للكهربائية مثل الإلكترونات الحرة.



شكل 2–4 بلورة الجرمانيوم بدرجة حرارة الغرفة

2-2-1 البلورة من النوع السالب N-Type Crystal

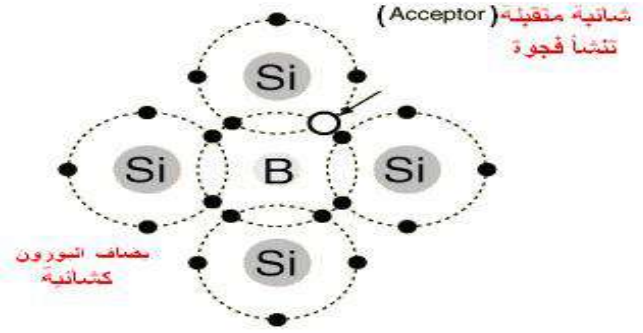
بإضافة شائبة (Impurity) مثل الزرنيخ أو الفسفور أو الأنتيمون خماسية التكافؤ،كما موضح في الشكل (2 -5) إلى بلورة الجرمانيوم أو السيليكون فأن أربع الكترونات تكافئية من الذرة الشائبة سيرتبط بأواصر تساهمية مع الكترونات البلورة بينما يبقى الإلكترون الخامس فائض وطاقة صغيرة تكفي لتحريره وتدعى المواد الشائبة بالواهبة (donors) أو المانحة لأنها تعطي الالكترونات من مدارها الخارجي.



شكل 2- 5 البلورة من النوع السالب

2-2-2 البلورة من النوع الموجب P-Type Crystal

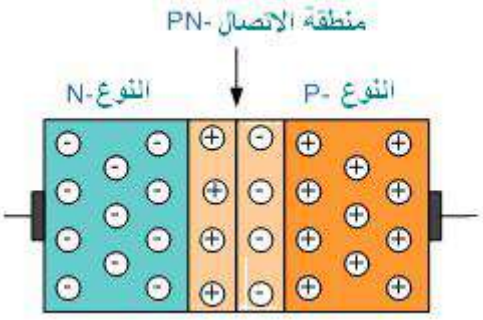
بإضـافة شـائبة ثلاثية التكـافؤ مثل الأنديوم أو البورون إلى بلورة الجرمـانيوم أو السيلكون فأن فجوة واحدة سوف تتولد نتيجة كل ذرة من ذرات الشائبة وتكون هذه الفجوات مستعدة لاستقبال الكترونات التكافؤ من ذرات شبه الموصـل المجـاورة لهـا تاركـة فجوات جديدة في البلورة وينتج عن ذلك حركـة عشوائية للفجوات ولا تحتاج هذه العملية سوى طاقة قليلة جداً لتحرير الكترونات التكافؤ. لاحظ الشكل (2– 6).



شكل 2- 6 البلورة من النوع الموجب

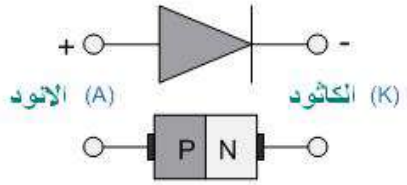
2-3 الثنائي البلوري (الثنائي) The Diode

بعد أن تعرفنا على كيفية تكوين كل من البلورة من النوع الموجب (النوع - P) والبلورة من النوع السالب (النوع - N) من مواد شبه الموصلة وبدمج هاتين القطعتين يتكون بينهما حاجز (Barrier) يفصل بينهما يدعى بمنطقة الاتصال (Junction) لاحظ الشكل (2–7).



شكل 2– 7 الحاجز ومنطقة الاتصال للثنائي

يسمى الطرف المتصل بالمادة شبه الموصلة الموجبة بالأنود، ويسمى الطرف المتصل بالمادة شبه الموصلة السالبة بالكاثود، ويدعى المكوّن شبه الموصل (P-N) بالثنائي (Diode) ويرمز له كما في الشكل (2–8).



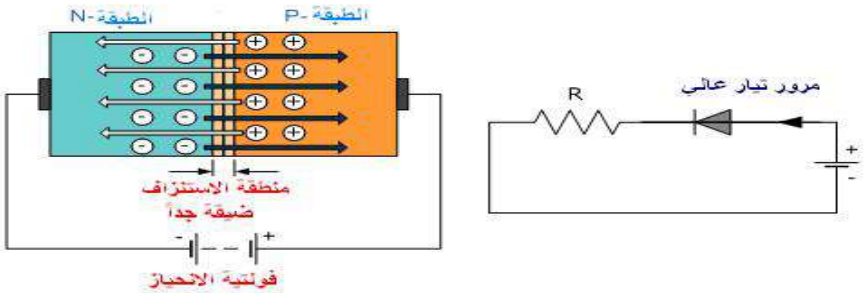
شكل 2 -8 الثنائي ورمزه

تستخدم الثنائيات عادة في دوائر تحويل الفولتيات أو التيارات المتناوبة (AC) إلىفولتيات أو تيارات مستمرة (DC)، كما هي الحال في مصادر التغذية (AC/ DC Power Supply)، كذلك تستخدم الثنائيات في دوائر مضاعفات الجهد (Voltage Multiplier Circuit) وفي دوائر تحديد الفولتية

(Voltage-Limiting Circuits)، وكذلك في دوائر تنظيم الفولتية (Voltage-Regulator Circuit).

2-3-1الإنحياز الأمامي Forward Bias

في هذه الطريقة يوصل القطب الموجب للبطارية إلى القطعة شبه الموصلة الموجبة (P)للثنائي في حين يوصل القطب السالب للبطارية بالقطعة شبه الموصلة السالبة، (N) كما موضح بالشكل (2–9).عندما تزداد فولتية المصدر عن الصفر فولت تضيق منطقة الاستنزاف فتتجه الالكترونات نحو القطب الموجب للبطارية بينما تنجذب الفجوات موجبة الشحنة نحو القطب السالب للبطارية فيسري تيار كهربائي ونستنتج من ذلك إن مقاومة الثنائي عند توصيله بالانحياز الأمامي تكون قليلة.

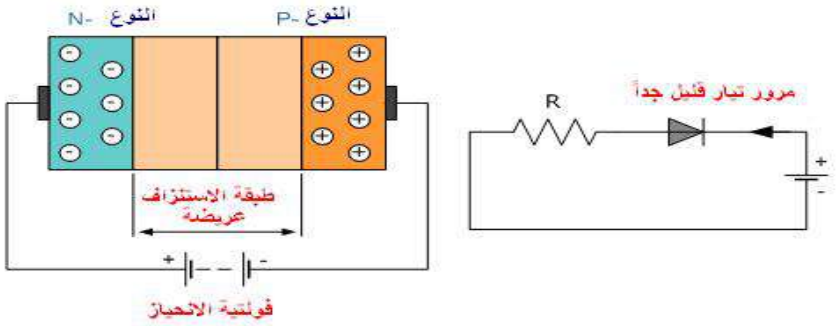


شكل 2– 9 لانحياز الأمامي

2-3-2 ألإنحياز العكسي Reverse Bias

في هذه الطريقة يوصل القطب الموجب للبطارية بالقطعة شبه الموصلة السالبة N – Type والقطب السالب للبطارية بالقطعة شبه الموصلة الموجبة P - Type. تندفع الإلكترونات نحو القطب الموجب للبطارية وتنجذب الفجوات نحو القطب السالب للبطارية فلا يسري تيار كهربائي في الدائرة،أي أن مقاومة الثنائي تكون عالية جداً، وبسبب تجمع الإلكترونات والفجوات حول منطقة الاتصال بين القطعتين سوف تتنافر الفجوات القليلة جداً الموجودة في النوع N مع القطب الموجب للبطارية وتنجذب نحو القطب السالب وتتنافر الالكترونات القليلة جداً الموجودة في النوع p مع القطب السالب متجهة نحو القطب الموجب للبطارية، وهذا يسبب مرور تيار قليل جداً في الثنائي عند توصيله بالاتجاه العكسي.عند زيادة الانحياز العكسي يكون الجهد الكهربائي للفولتية العكسية كافياً لكسر الآصرة التساهمية فيمر تيار يدعى بتيار الانهيار(Avalanche Current)

وتدعى قيمة الفولتية التي تنتج تيار الانهيار بفولتية الإنكسار (Breakdown Voltage)، لاحظ الشكل (2 - 10)

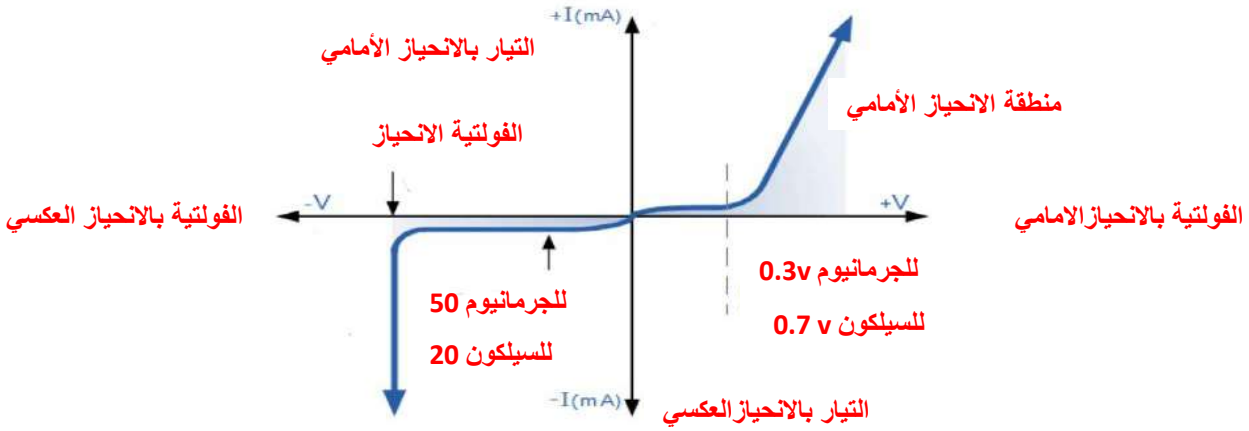


شكل 2– 10 الإنحياز العكسي

2-3-3 خواص الثنائي Diode Characteristics

يبين الشكل (2–11) منحني خواص الثنائي شبه الموصل الذي يمثل العلاقة بين التيار والفولتية عندما يكون الثنائي موصلاً بالانحياز الأمامي والانحياز العكسي. عندما تصل فولتية الانحياز الأمامي إلى قيمة أكبر من جهد الحاجز وتصل هذه القيمة 0.7 V إذا كان الثنائي مصنوع من السيليكون و 0.3V إذا كان الثنائي مصنوع من الجرمانيوم، وهذا سوف يسبب زيادة بمرور تيار بالاتجاه الأمامي (I_F) كلما تزداد فولتية الانحياز الأمامي (V_F) ويمكن ملاحظته في الجزء الأيمن للمنحني. ويمكن استخراج مقاومة الثنائي الأمامية من العلاقة الرياضية الآتية :

$$r_B = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F}$$



شكل 2–11 منحني الخواص للثنائي

ويمثل المنحني منطقة الانحياز العكسي للثنائي ومنه نلاحظ أن تيار الانحياز العكسي يكون قليلاً ولا يتأثر بزيادة الفولتية (Vr) على طرفي الثنائي بالاتجاه العكسي. وعندما تصل قيمة فولتية الانحياز العكسي إلى قيمة معينة تسمى فولتية الانهيار (Break Down) تتكسر الأواصر التساهمية فيزداد التيار بالاتجاه العكسي (Ir) فجأة إلى قيمة كبيرة جداً.

2-3-4 أنواع الثنائي Diode Types

بعد أن تعرفنا على تركيب وخواص الثنائيات وهي عبارة عن مكونات صلبة مصنوعة من مواد شبه موصلة وتتكون من طبقتين من النوع (P- Type) والنوع (N- Type) التي يمكن صنعها من بلورات الجرمانيوم أو السيليكون وطريقة توصيل هاتين الطبقتين تختلف من ثنائي إلى آخر، ولذا فإن خصائصها وطريقة ومكان استعمالها تتغير حسب صنعها ونوعها. ومن الأنواع الشائعة الاستعمال نذكر منها مايلي:

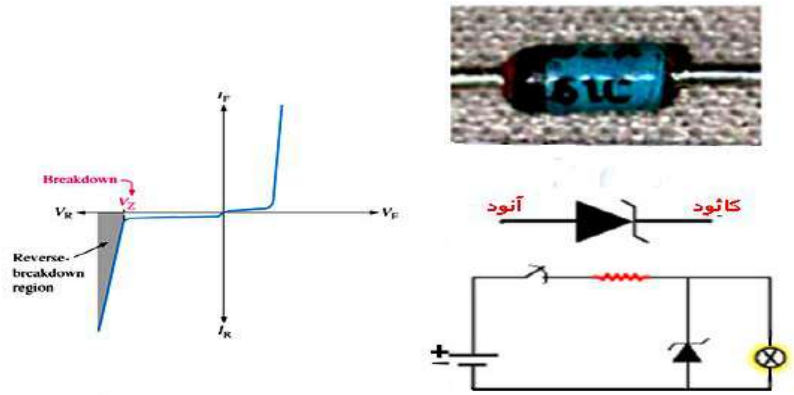
ثنائي عام (المقوم) (General Diode) ثنائي زينر (Zener Diode)- (Tunnel Diode)الثنائي النفقي
ثنائي شوتكي (Schottky Diode) - الثنائي السعوي (Varactor Diode)
ثنائي الانبعاث الضوئي (Light Emitting Diode) – الثنائي الضوئي (Photo Diode)،
لاحظ الشكل (2–12) الذي يوضح أنواع مختلفة من الثنائيات.

شكل 2-12 أنواع مختلفة من الثنائيات

1-4-3-2 ثنائي الزينر Zener Diode

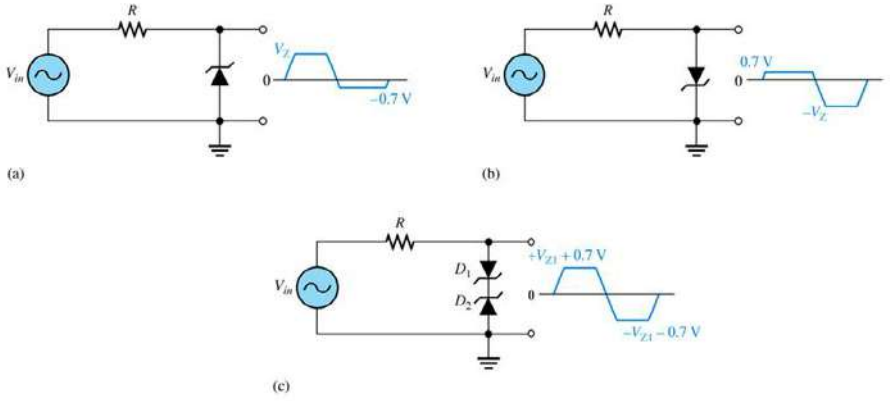
يتكون ثنائي الزينر من نفس مكونات الثنائي الاعتيادي عدا أن نسبة الشوائب في القطعتين (N) و(P) تكون أكثر من نسبتها في الثنائي الاعتيادي. إن زيادة الشوائب يؤثر على عمل وخواص الثنائي وخاصة

عند توصيله بالانحياز العكسي فيبدي مقاومة عالية جداً، ولكن الاستمرار في زيادة الفولتية العكسية على طرفيه تؤدي إلى هبوط مقاومته بشكل مفاجئ وكبير فيمر به تيار عالٍ، وتسمى الفولتية التي تتغير فيها مقاومة الثنائي من قيمة عالية جداً إلى قيمة قليلة بفولتية الانهيار (Break Down Voltage) ويبقى فرق الجهد على طرفي ثنائي الزينر خلال فترة الانهيار ثابتاً. وإن مقدارها يتوقف على نسبة الشوائب في القطعتين المكونتين للثنائي، لاحظ الشكل (2- 13) الذي يوضح رمز ثنائي الزينر ومنحني خواصه.



شكل 2-13 رمز ثنائي الزينر ومنحني خواصه

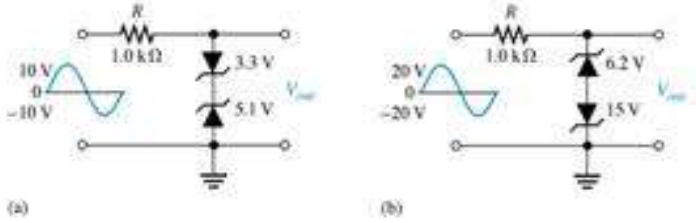
إذاً فإن ثنائي الزينر تم تصميمه أساساً للعمل في منطقة الانحياز العكسي ولهذه الخاصية أهمية كبيرة في تطبيقات الزينر فلو لاحظنا الشكل (2- 14) نجد أنه ممكن الحفاظ على فولتية متناوبة معينة من الارتفاع فوق مستوى معين أو دائرة حماية وتنظيم للفولتية المتناوبة المحولة إلى فولتية مستمرة.



شكل 2- 14 تطبيقات ثنائي زينر

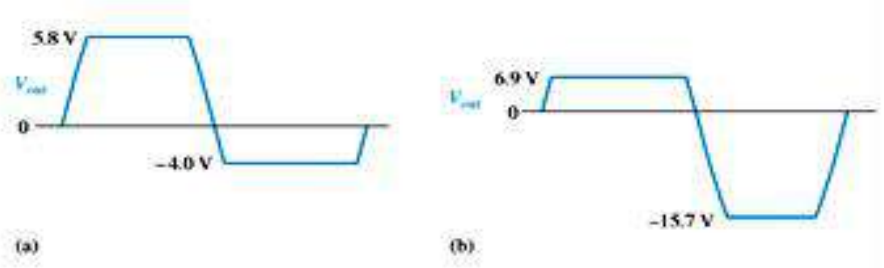
مثال (2-1)

ارسم شكل الإشارة الخارجة للدائرتين المبينتين بالشكل (2-15) موضحاً قيم حدود الفولتية الخارجة.



شكل 2 -15 دائرة عمل ثنائي الزينر

الإشارة الناتجة واضحة بالشكل (2 - 16) الآتي:



شكل 2 -16 يمثل شكل إشارة الخرج من الزينر

2-4-3-2 ثنائيا لانبعاث الضوئي IR Diode&Light Emitting Diode (LED)

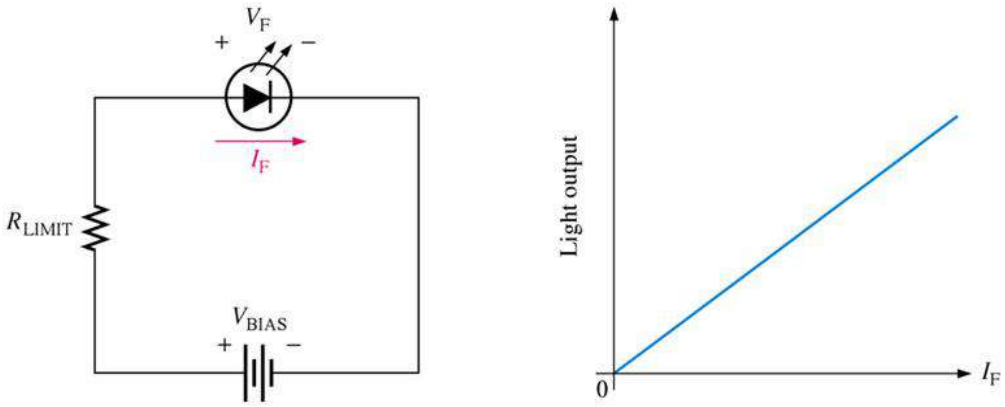
إن الثنائي الباعث للضوء (LEDs) هو عنصر له طرفان ويشبه ثنائي المتصلات (Pn)، إلا أنها مصممة لإصدار ضوء مرئي أو أشعة تحت الحمراء(IR). عندما يكون جهد مصعد أل (LED) أكبر من جهد مهبطه بحوالي (V 0.6 إلى V 2.2) فإن تياراً يمر من المصعد إلى المهبط ويتم إصدار الضوء،أما إذا كانت القطبية معكوسة، أي المهبط أكثر ايجابية من المصعد فإن أل (LED) لاتمرر ولا يصدر ضوء. يبين الشكل (2-17) الثنائي المصدر للضوء وشكله العام.

شكل 2 -17 شكل الثنائي المصدر للضوء

يعطي أل (LED) إضاءة محددة اللون (فوتونات ذات لون خاص) وذلك بعكس المصابيح العادية التي تعطي فوتونات متعددة الألوان تتداخل مع بعضها لتعطي اللون الأبيض، والألوان الشائعة التي تصدرها أل LEDs هي الأحمر والأخضر والأصفر هذا طبعاً بالإضافة إلى الأشعة تحت الحمراء (IR). انظر الشكل (2 - 18).

شكل 2 - 18الألوان الشائعة التي تصدرها الـ LEDs

تستخدم الـLEDs عادة لإعطاء إضاءة دلالة، وكذلك بعض التطبيقات التي تحتاج إلى إضاءتها ضعيفة (كأضواء إشارة دراجة مثلاً)،أما الثنائيات المصدرة للأشعة تحت الحمراء فتستخدم كعناصر مرسلة في دوائر التحكم عن بعد كما في جهاز التحكم بالتلفزيون مثلاً، وكذلك في تحديد مسار الروبوتات الجوالة (Mobile Robotics) لتلافي العوائق. والعنصر المستقبل للإشارة المرسلة ممكن أن يكون ترانزستوراً ضوئياً يستجيب لتغيرات ضوء LED مرسل ويغير بذلك تيار دائرة الاستقبال وفقا للإشارة المرسلة. إن شدة الضوء الصادر من LED ترتبط بعلاقة خطية مع مقدار التيار المار بالثنائي I_F كما هو واضح بالشكل (2 - 19).



شكل 2 - 19 خاصية ثنائيLED

2-3-4-3 الثنائي الضوئي Photo Diode

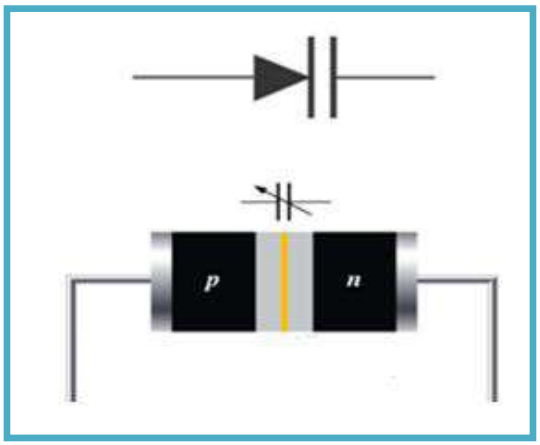
الثنائيات الضوئية هي عناصر ذات طرفين تحول الطاقة الضوئية (الفوتون) إلى تيار كهربائي. إذا تم وصل طرفي الثنائي الضوئي مع بعض ووضع الثنائي في الظلام لايمر تيار في دائرة الثنائي، ولكن وعند إضاءة الثنائي، فإن هذا الثنائي يصبح مصدراً لتيار صغير ويضخ التيار من المهبط عبر السلك إلى المصعد. يبين الشكل (2 - 20) رمز الثنائي الضوئي.

شكل 2 -20 رمز الثنائي الضوئي

تستخدم الثنائيات الضوئية عادة لكشف نبضات الأشعة تحت الحمراء التي تستخدم في الاتصالات اللاسلكية، كما توجد أيضاً في دوائر مقاييس الضوء (مثل مقياس الضوء في الكاميرات وفي أجهزة الإنذار وغيرها) ، وذلك لأنها ذات استجابة ضوئية- تياريه خطية.

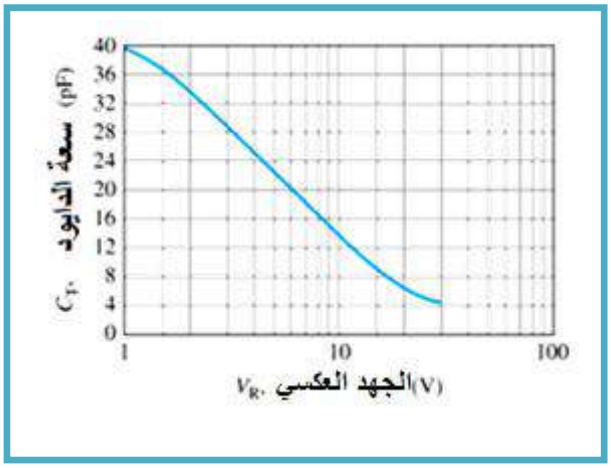
4-4-3-2 الثنائي السعوي VAR Diode

الثنائي السعوي المبين بالشكل (2 -21) هو نوع من أنواع الثنائيات يعمل كمتسعة متغيرة بتغير الفولتية على طرفيه، وهو يعمل بالانحياز العكسي.



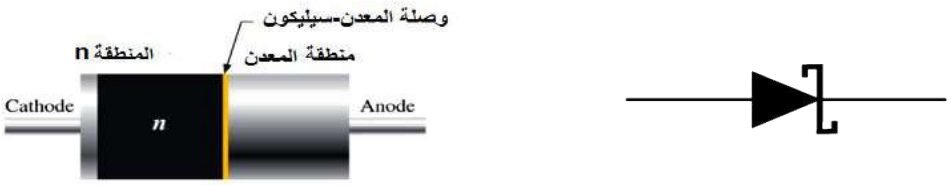
شكل 2 - 21 الثنائي السعوي

حيث تقل قيمة سعة المتسعة بزيادة الفولتية العكسية، كما مبين بالشكل (2 - 22).



شكل 2 -22 خاصية الثنائي السعوي

يستخدم هذا النوع من الثنائيات في دوائر التنغيم كالموجودة في التليفزيون لتحديد ووضع التردد المطلوب.وتوجد أنواع أخرى من الثنائيات لم يتم التطرق لها مثل ثنائي شوتكي (Schottky Diode) المبين بالشكل (2 -23). وهو ثنائي يعمل بالإنحياز الأمامي وفولتية انحيازه 0.3 V يستخدم بالتطبيقات التي تحتاج إلى عمليات فتح وغلق سريعة أو ترددات سريعة.



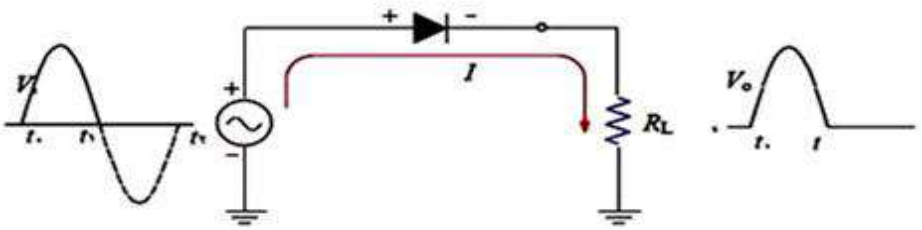
شكل 2- 23 ثنائي شوتكي (Schottky Diode)

5-3-2 تطبيقات الثنائي Diode Applications

تستخدم الثنائيات في دوائر التقويم أو التوحيد (Rectifier Circuits) التي تحوّل الجهد المتناوب (AC) إلى جهد مستمر (DC)، كما تستخدم الثنائيات أيضاً في تطبيقات عديدة وكما يأتي:

1-5-3-2 مقوّم (موَحد) نصف موجة Half Wave Rectifier

يقصد بعملية التوحيد (التقويم) هي تحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر موحد في الاتجاه كما في الشكل أدناه الذي يوضح استعمال الثنائي في دائرة التوحيد لنصف الموجة.حيث يتصل طرف بالأنود للثنائي (الثنائي) بمصدر الجهد المتناوب ويتصل الطرف الثاني بالكاثود بمقاومة الحمل، خلال النصف الموجب لموجة جهد الدخل يكون الثنائي في حالة انحياز أمامي ويسمح لمرور التيار خلال مقاومة الحمل، ويكون الجهد على المقاومة مساوي إلى جهد المصدر إذا اعتبرنا الثنائي مثالياً. إما عند وصول الجزء السالب من الموجة فيكون الثنائي في حالة انحياز عكسي حيث لايسمح بمرور التيار خلال مقاومة الحمل، وبالتالي فإن شكل الخرج سيكون على شكل أنصاف الموجات الموجبة فقط.الشكل (2 –24)يوضح الإشارة الداخلة والخارجة من الثنائي. وهذه الطريقة في التقويم تسمى تقويم نصف موجة لأنها تقوم بإخراج نصف الموجة الأصلية. وإلغاء للنصف الآخر.



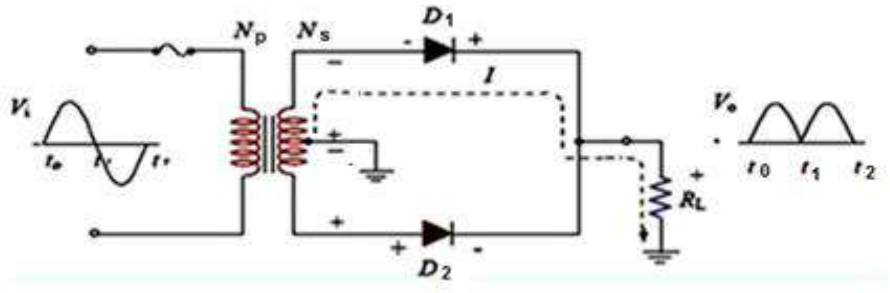
عملية التوحيد خلال النصف الموجب لموجة جهد الدخل.

شكل2 - 24 دائرة توحيد نصف موجة

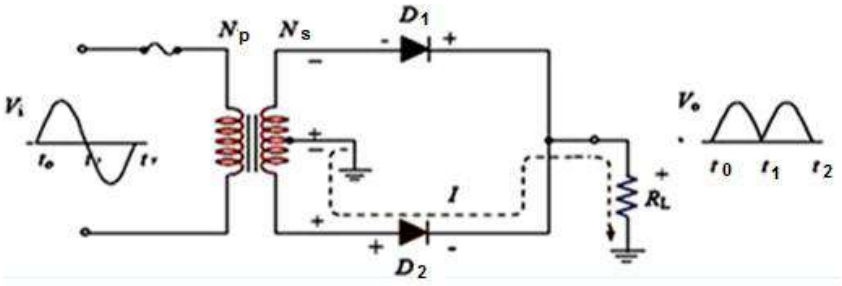
2-5-3-2 موَحد الموجة الكاملة Full Wave Rectifier

الشكل (2–25)يبين موَحد موجة كاملة مع محولة ذو نقطة وسطية حيث تشترك قيمة الجهد بين النقطة الوسطية وكل طرف من أطراف الملف الثانوي المتصل مع الثنائي (D1) والثنائي (D2).خلال النصف الموجب لموجة الجهد تكون قطبية الجهد في النقطة الوسطية موجبة بالنسبة إلى الطرف الأعلى للملف الثانوي وسالبة بالنسبة إلى الطرف الأسفل، وبالتالي يكون الثنائي (D1) في حالة انحياز أمامي والثنائي (D2) في حالة انحياز عكسي، فيمر التيار خلال الثنائي(D1) وإلى مقاومة الحمل.

أما خلال النصف السالب لموجة الجهد المتناوب فإن قطبية الجهد على أطراف الملف الثانوي سوف تنعكس ليكون جهد النقطة الوسطية للملف الثانوي سالبة بالنسبة إلى الطرف الأعلى وموجبة بالنسبة إلى الطرف الأسفل ويكون الثنائي (D1) في حالة انحياز عكسي والثنائي (D2) في حالة إنحياز أمامي فيمر التيار خلال الثنائي (D2) وإلى مقاومة الحمل،لاحظ الشكل (2-26).

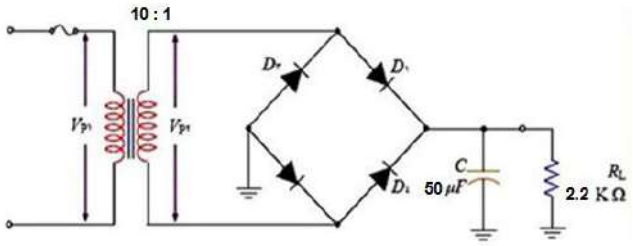


شكل 2 – 25 مرور التيار خلال الثنائي D1 ومقاومة الحمل



شكل 2 – 26 مرور التيار خلال الثنائي D2 ومقاومة الحمل

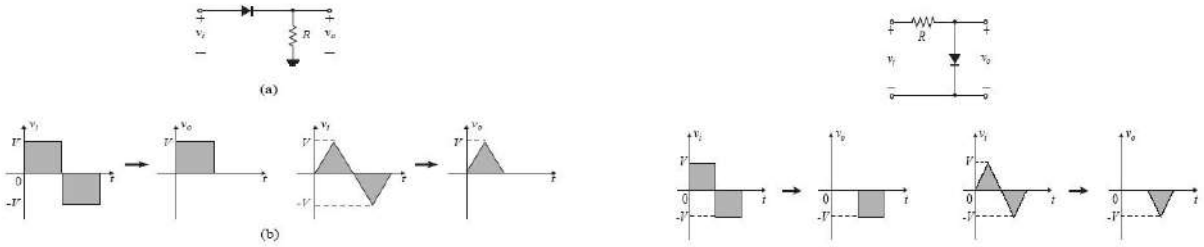
أما الطريقة الثانية والأكثر كفاءة والتي تستفيد من كامل إشارة التيار المتردد الداخلة هي دائرة تقويم موجة كاملة، والشكل يوضح طريقة استخدام القنطرة والمتكونة من" أربع ثنائيات " للحصول على نفس النتيجة المطلوبة، لاحظ الشكل (2 -27).



شكل 2 - 27 دائرة توحيد الموجة الكاملة باستخدام القنطرة

3-5-3-2 دائرة قص Clipping Circuit

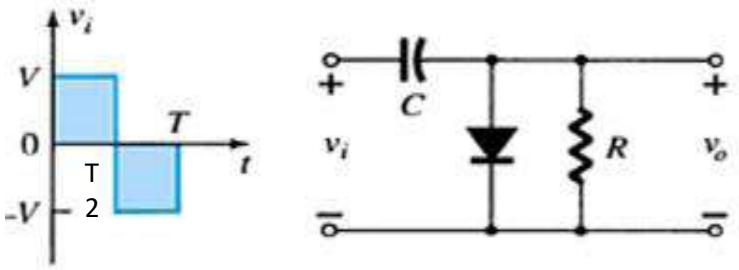
تعطى في الشكل (2-28) دوائر قص، وهي نوعان (قص توالي وقص توازي)، وتستخدم هذه الدائرة عادة لحماية عناصر الدائرة الأخرى من الضرر بسبب الجهود الزائدة، كما تستخدم أيضاً لتوليد موجات بأشكال خاصة.



شكل 2 -28 دوائر القص

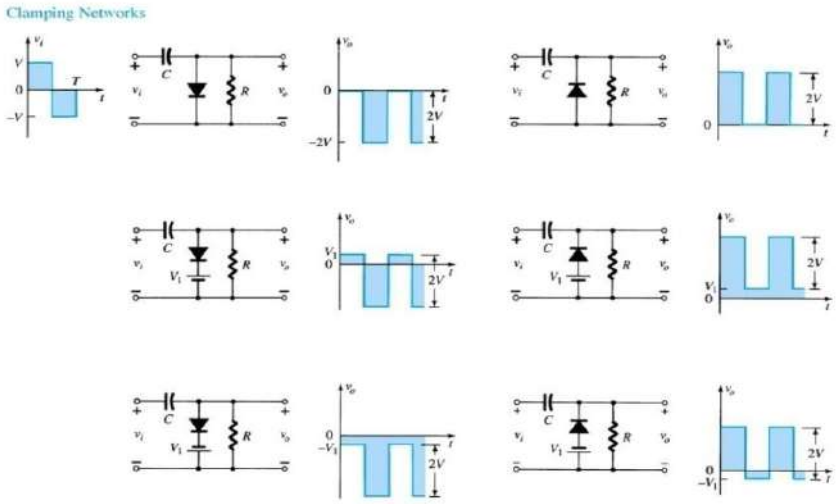
4-5-3-2 دائرة التسلق Clamping Circuit

إن دائرة التسلق تقوم برفع مستوى الإشارة إلى مستوى مستمر مختلف مع تغير شكل الموجة الأصلي. تتكون دائرة التسلق من مقاومة و متسعة والثنائي، كما هو واضح بالشكل (2 -29).



شكل 2 - 29 دائرة التسلق

مهم جداً الانتباه إلى عملية اختيار قيم المقاومة R والمتسعة C حيث يجب أن يكون الثابت الزمني (t=RC) كبير بما فيه الكفاية لضمان عدم تفريغ المكثف من الفولتية بشكل لحظي عندما يكون الثنائي في حالة عدم توصيل. يوضح الشكل (2 - 30) طرائق ربط مختلفة لدوائر التسلق باستخدام الثنائي.



شكل 2 -30 طرائق ربط مختلفة لدوائر التسلق باستخدام الثنائي

4-2 الترانزستور Transistor

مقدمة

يعتبر الترانزستور أحد أهم عناصر أشباه الموصلات التي تم اكتشافها. تستخدم الترانزستورات في أغلب الدوائر الإلكترونية كدوائر التضخيم ودوائر الاهتزاز، ودوائر تنظيم الجهد، ودوائر مصادر التغذية، وكذلك في بناء الدوائر المتكاملة (IC) ، وكذلك في دوائر التحكم وخاصة عندما يتم استخدام تيار صغير للتحكم بتيار كبير. كما تستخدم الترانزستورات أيضاً كمفاتيح الكترونية مختلفة.وقد ساعدت عوامل كثيرة مثل صغر حجمه وسهولة تصنيعه وقلة كلفته واستهلاكه القليل للطاقة على انتشاره بشكل واسع.

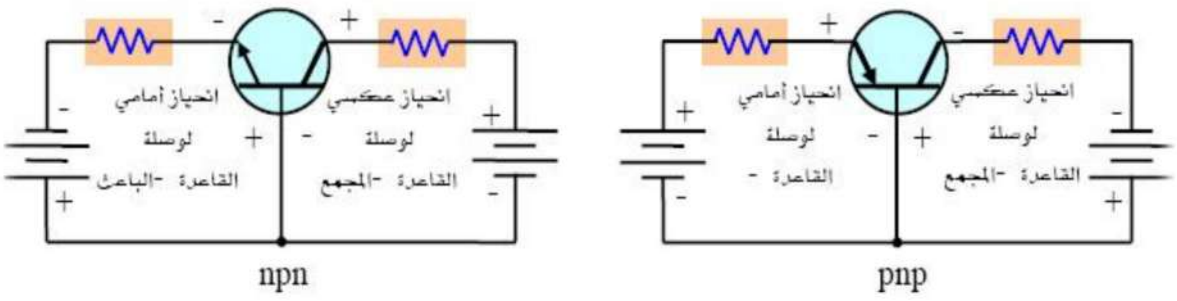
1-4-2 تركيب الترانزستور

يتركب الترانزستور الثنائي القطبية من ثلاثة مناطق شبه الموصلة المطعمة بالشوائب، مفصولة بوصلتين من نوع P-N كما هو موضح بالشكل وتسمى هذه المناطق بالباعث Emitter والقاعدة Base والجامع Collector ، كما ويوجد نوعان من الترانزستور هما pnp ، npn الوصلة Pn التي تربط منطقة القاعدة ومنطقة الباعث تسمى وصلة القاعدة – الباعث، والوصلة التي تربط منطقة القاعدة ومنطقة الجامع تسمى وصلة القاعدة – الجامع، كما ويرمز للمشع بالحرف E والجامع بالحرف C والقاعدة بالحرف **B.** لاحظ الشكل (2 -31).

شكل 2- 31 أطراف الترانزستور الثنائي القطبية بنوعيه

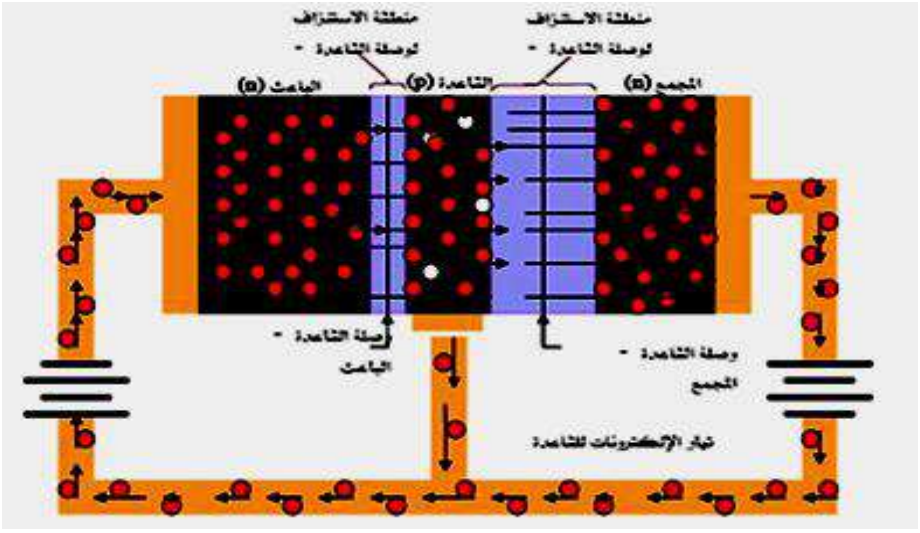
2-4-2 انحياز الترانزستور Transistor Biasing

من الشكل (2 -32) نلاحظ أن **الانحياز الأمامي** دائماً لوصلة القاعدة – الباعث **والانحياز العكسي** لوصلة القاعدة – الجامع، ومن كلا النوعين للترانزستور، عندما يكون في وضع تشغيل كمكبر.



شكل2 -32 يوضح انحياز الترانزستور نوع NPN – PNP

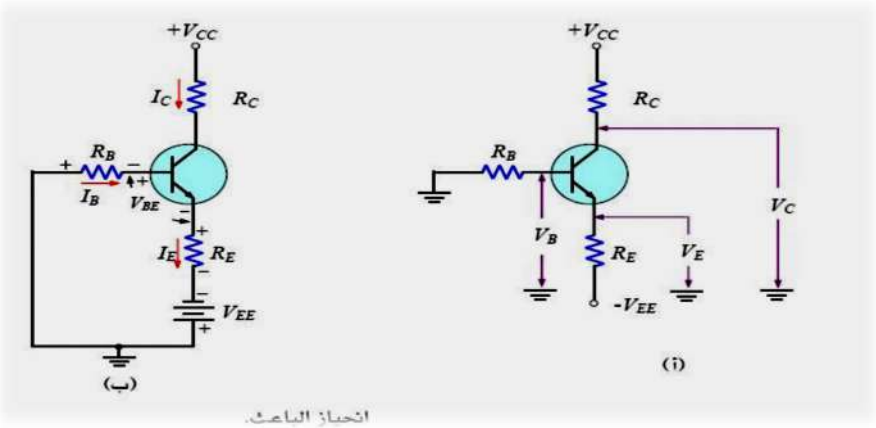
في الانحياز الأمامي من القاعدة إلى الباعث يجعل هذه الحالة منطقة الاستنزاف أو منطقة الاستنفاذ بينهما تضيق، والانحياز العكسي من القاعدة إلى الجامع يؤدي إلى اتساع منطقة الاستنزاف بينهما.وفي منطقة الباعث من النوع **n** تكون زيادة كبيرة في عدد الإلكترونات وتستطيع الانتشار بسهولة من خلال وصلة القاعدة – الباعث ذات الانحياز الأمامي. أما منطقة القاعدة ذات النوع **p** حيث تصبح حاملات الشحنة الموجبة قليلة كما في الثنائي عندما يكون في حالة الانحياز الأمامي.في منطقة القاعدة يكون عدد الفجوات فيها محدود جداً ولهذا فإن نسبة قليلة جداً من الإلكترونات تندفع من وصلة القاعدة – الباعث وتتحد مع الفجوات المتاحة في القاعدة، لاحظ الشكل (2 – 33).



شكل 2 -33 مبدأ عمل الترانزستور

الإلكترونات المتحدة القليلة نسبياً تندفع خارج توصيل القاعدة وتشكل تيار القاعدة الصغير جداً. إن معظم الإلكترونات المندفعة من الباعث إلى منطقة القاعدة الضيقة، لاتتحد ولكن تنتشر إلى منطقة الاستنزاف بين القاعدة والجامع، وفي هذه المنطقة يحدث انجذاب بفعل المجال الكهربائي المتكون من قوة التجاذب بين الأيونات السالبة والموجبة نتيجة الانحياز العكسي لوصلة القاعدة والجامع، تتحرك الإلكترونات خلال منطقة الجامع خارجة من خلال الجامع إلى الطرف الموجب لمنبع الجهد للجامع وتشكل تيار الجامع،كما في الشكل(2 –34) نلاحظ أن الانحياز الأمامي لوصلة القاعدة الباعث يتم عن طريق الجهد V_{BB}والانحياز العكسي لوصلة القاعدة – الجامع عن طريق الجهد V_{CC} وعندما تكون وصلة القاعدة – الباعث في حالة انحياز أمامي تعمل كثنائي في حالة الانحياز الأمامي وبذلك يكون الجهد بين القاعدة والباعث مساوياً للجهد0.7 فولت.

$$V_{BE} = 0.7 \text{ Volt}$$



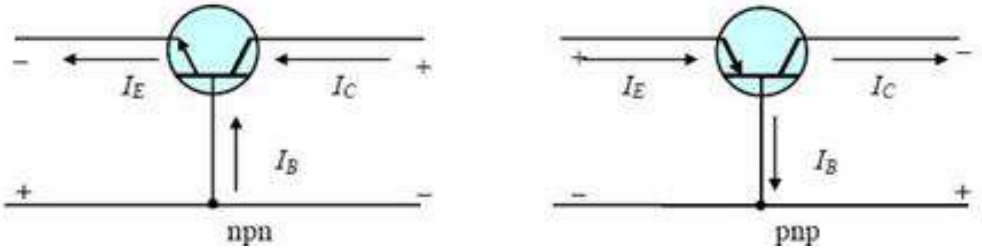
شكل 2 - 34انحيازات الترانزستور

2- 5 العلاقة بين تيارات الترانزستور

الشكل (2 -35) يبين الترانزستور نوع **npn،pnp** حيث يتبع اتجاه تيار الباعث نفس مسار السهم الموجود على الرمز الخاص بالترانزستور، وتياري القاعدة والجامع بالاتجاه العكسي.

من الشكل أدناه الذي يوضح أن تيار الباعث I_E يساوي مجموع تياري الجامع I_C وتيار القاعدة I_B

$$I_E=I_C+I_B$$



شكل 2 –35 تيارات الترانزستور نوع NPN - PNP

2-5 -1 أنواع الترانزستور Transistor Types

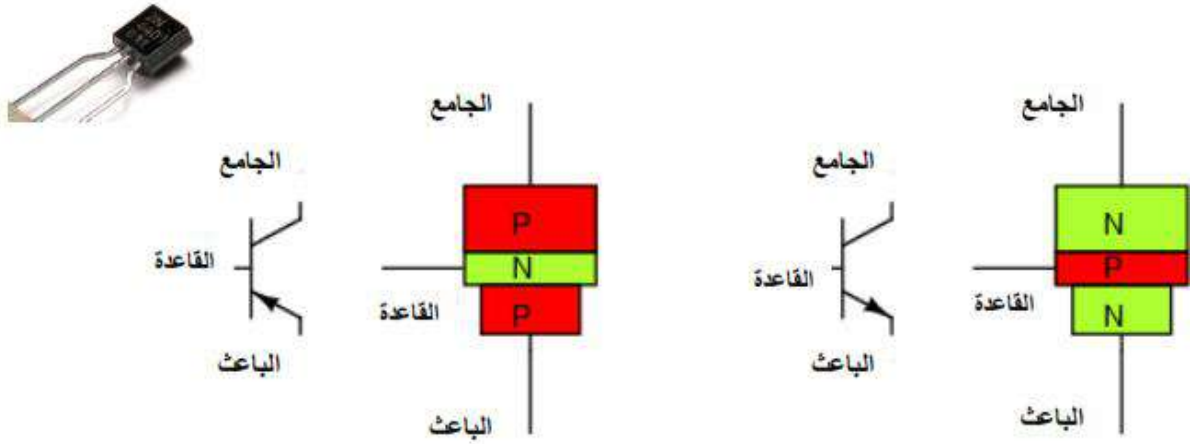
تتوفر أنواع مختلفة من الترانزستورات، وتختلف الترانزستورات عن بعضها بمواصفاتها التيارية والتحكمية، فبعض الترانزستورات تمتلك ميزة التحكم التياري المتغير، وبعضها الآخر لايملك هذه الميزة، وبعض الترانزستورات تكون عادة في حالة قطع حتى يسلط جهد على قاعدة الترانزستور أو على بوابته، أما البعض الآخر فبالعكس يكون في حالة عمل حتى يسلط جهد على قطب التحكم. وعندما يكون الترانزستور في حالة عمل (on) يمر تيار عبر الترانزستور ولكن مقدار هذا التيار يختلف من حالة إلى أخرى. تحتاج بعض الترانزستورات كي تصبح في حالة عمل إلى تسليط جهد على رجل التحكم وبنفس الوقت لابد من مرور تيار في طرف (رجل) التحكم مع وجود الجهد ألمسلط على طرف التحكم، بينما يكفي تسليط جهد على طرف التحكم كي يعمل الترانزستور في أنواع أخرى، كما أن جهد التحكم المطلوب موجب في بعض الأنواع وسالب في أنواع أخرى.

العائلات الأساسية للترانزستورات هي عائلة الترانزستورات ثنائية القطبية (Bipolar Transistors) والترانزستورات الحقلية (Field-Effect Transistors) والتي يرمز لها بشكل مختصر(FETs). الفرق الأساس بين هاتين العائلتين هو أن الترانزستورات ثنائية القطبية تحتاج إلى تيار استقطاب في الدخل، أما

ترانزستورات الـFET فتحتاج فقط إلى جهد، وعملياً لاتحتاج إلى تيار في الدخل، وتعتمد الترانزستورات ثنائية القطبية في عملها على حركة نوعي حوامل الشحنات (الالكترونات والثقوب) ولذلك تسمى ترانزستورات ثنائية القطبية، أما الترانزستورات الحقلية فتعتمد في مبدأ عملها على حركة نوع واحد من حوامل الشحنات. بما أن الترانزستورات الحقلية لاتستهلك تيار في الدخل، لذلك يمكن اعتبار ممانعة دخلها (Input Impedance) عالية جداً، من مرتبة $10^{14}\Omega$وهذا يعني أن قطب التحكم للترانزستور الحقلي لن يكون له أي تأثير على مصادر القيادة الذي يقود الترانزستور الحقلي. في الترانزستورات ثنائية القطبية يمكن أن يستهلك طرف التحكم تياراً صغيراً من دارة القيادة فيؤثر ذلك على ديناميكية عمل دارة القيادة.كما أن ترانزستور FET تكون له سرعة تفعيل عالية (Switching) كما وتعمل في مجال الترددات العالية.

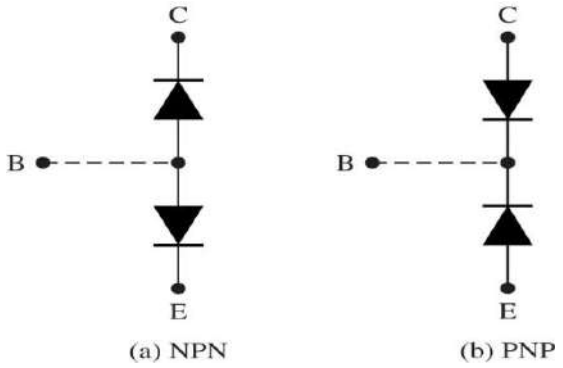
2-5-1-1 ترانزستور ثنائي القطبية BJT- Bipolar Junction Transistor

يبين الشكل (2- 36) نموذجين لترانزستور ثنائي القطبية BJT بنوعيه (PNP) و (NPN) مبيناً رموزها المتعارف عليها.



شكل 2-36 نموذجين لترانزستور ثنائي القطبية BJT

ومن أجل تصور عمل الترانزستور يبين الشكل (2 -37) الثنائيات المكافئة لكل نوع من الترانزستورين.

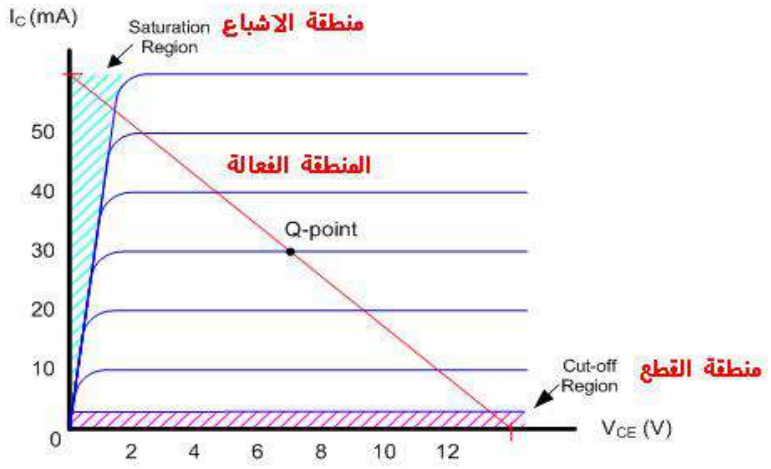


شكل 2 - 37 الثنائيات المكافئة لكل نوع من الترانزستورين

الترانزستور BJT بنوعيه ثلاث مناطق اشتغال وهي:

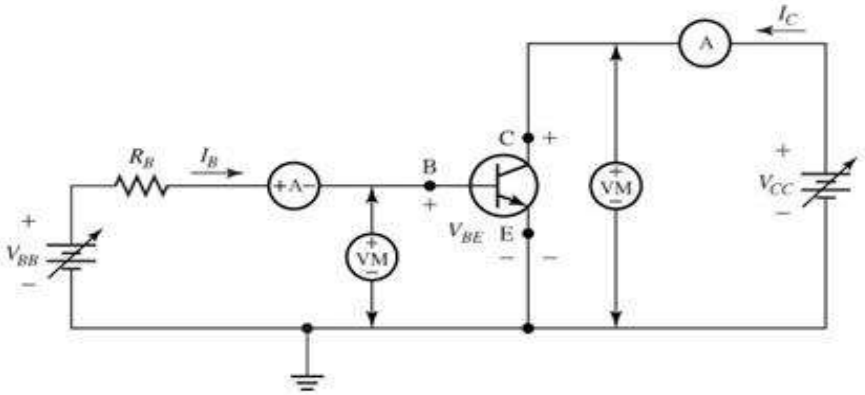
1. **منطقة القطع (Cutoff Region).**
2. **منطقة الإشباع (Saturation Region).**
3. **المنطقة الفعالة (Active Region).**

يبين الشكل (2-38) مناطق اشتغال الترانزستور والرموز المكافئة لكل منطقة.



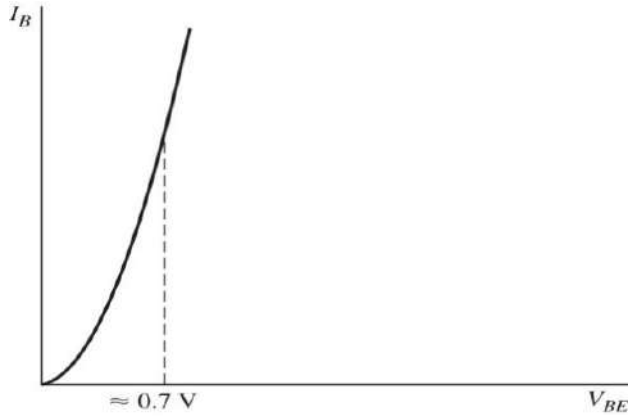
شكل 2 - 38 مناطق اشتغال الترانزستور والرموز المكافئة لكل منطقة

يوضح الشكل أعلاه أيضاً خصائص التيار- فولتية لجامع الترانزستور المثالي والتي يمكن الحصول عليها عملياً من خلال الربط المبين بالشكل (2 - 39).



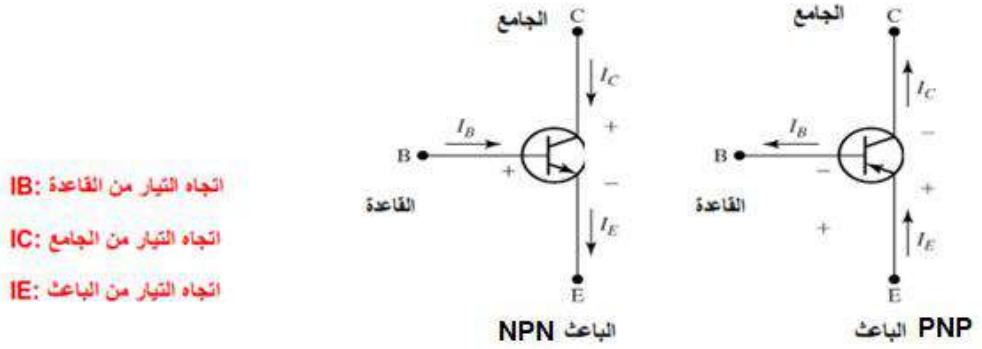
شكل 2 – 39 ربط الترانزستور

ومن الشكل أيضاً نستطيع الحصول على خاصية أخرى للترانزستور ألا وهي خاصية القاعدة بثبوت فولتية المجمع – الباعث (V_{CE}) والتي توضح كما بالشكل (2 - 40) علاقة تيار القاعدة بفولتية القاعدة – الباعث.



شكل 2 - 40 علاقة تيار القاعدة بفولتية القاعدة – الباعث

الشئ المهم الآخر هو اتجاه التيارات لكل نوع لترانزستور BJT وهذا واضح بالشكل (2-41).



شكل 2-41 اتجاه التيارات لكل نوع لترانزستور

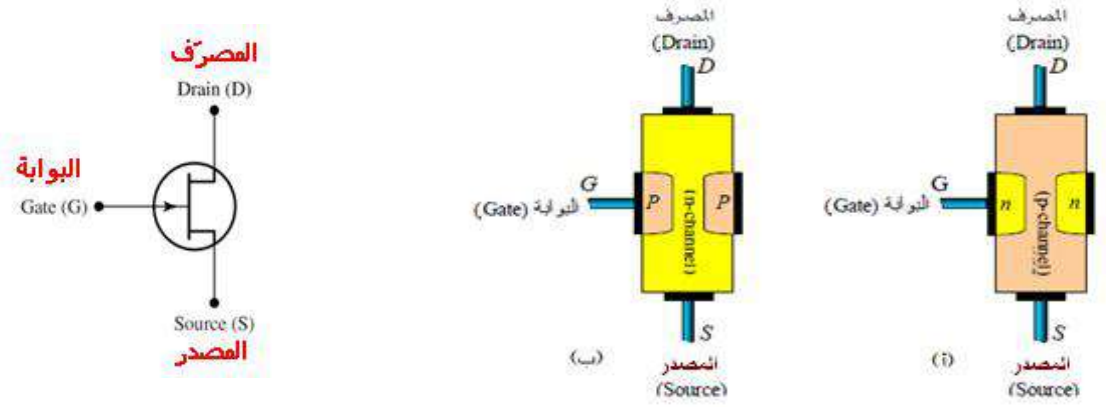
2-5 -1- ترانزستور تأثير المجال Field Effect Transistor FET

ترانزستورات تأثير المجال (FET) عبارة عن عناصر مصنوعة من مواد شبة الموصلة. ترانزستور FET وسيله جهد وليس وسيلة تيار، كما هو الحال في ترانزستور الـ (BJT) أي أن الجهد هو الذي يقوم بعملية السيطرة. ويتكون من ثلاثة أطراف هي المصدر S (Source) المصرّف D (Drain) ،والبوابة G (Gate) لكلا النوعين وهما :

ترانزستور ذو القناة السالبة (N – Channel FET)

ترانزستور ذو القناة الموجبة (P – Channel FET) كما موضح في الشكل (2-42).

فعند تسليط جهد كهربائي على البوابة يحدث مجال كهربائي في القناة الحاملة للتيار ويحصل تغير في حجم الممر للتيار.و كلما زاد جهد الانحياز العكسي بين البوابة والقناة ازداد المجال الكهربائي وبالتالي قل حجم المرور في القناة وبذلك يقل التيار المار بين المصدر والمصرّف (Source-Drain-Current) أي ان العلاقة عكسية بين جهد البوابة والتيار المار بين المصدر والمصرّف.



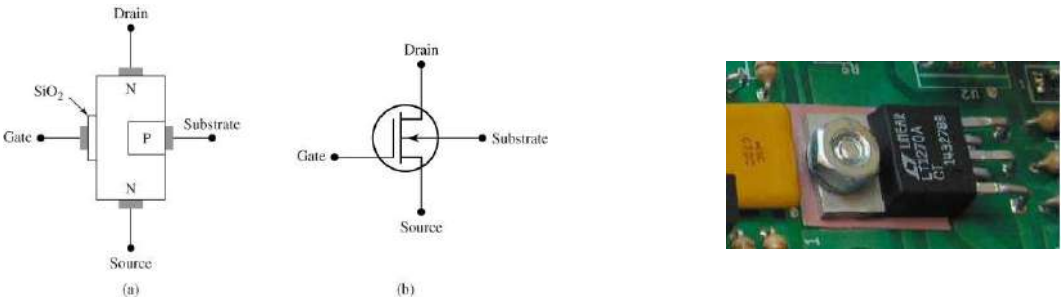
شكل 2-42 ترانزستور تأثير المجال FET

ويمتاز ترانزستور تاثير المجال FET بالخصائص الآتية:

1. **له مقاومة دخول عالية جداً تصل إلى 100 ميكا أوم وحصانة للإشعاع.**
2. **أقل ضوضاء من الـBJT ولذلك يكون أكثر استقرارية لمراحل الدخول في مكبرات الإشارة الصغيرة.**
3. **باستطاعته العمل ضمن استقرارية حرارية أكثر من الـBJT .**

3-1-5-2 ترانزستور MOSFET

إن ترانزستورات MOSFET كما في الشكل (2-43) واسعة الانتشار جداً وكثيرة الاستخدام وهي نوعاً ما تشبه ترانزستوات FET.



شكل 2-43 ترانزستورات MOSFET

عندما يطبق جهد صغير على بوابة هذه الترانزستورات يتغير التيار الذي يمر فيها،ولكن ترانزستوراتFET لها ممانعة دخل عالية جداً في طرف البوابة، إذ تزيد هذه الممانعة عن(100 MΩ)، وهذا يعني أن ترانزستورات MOSFET لاتستهلك تيارات في طرف البوابة. ويعود سبب ارتفاع ممانعة (مقاومة) دخل طرف البوابة لترانزستورات MOSFET إلى هذه القيم إلى استخدام مادة من العازل مكون من أوكسيد معدني فوق منطقة البوابة،وهناك ثمن لمقاومة الدخل العالية هذه وهو سعة صغيرة جداً بين البوابة والقناة، فإذا تكونت شحنات ساكنة كثيرة على بوابة بعض أنواع ترانزستورات MOSFET بسبب لمسها أو التعامل معها فإن الشحنة المتراكمة يمكن أن تعبر البوابة وتؤدي إلى تخريب الترانزستور FET (بعض الترانزستورات FET من نوع MOSFET مصممة لتكون محمية من هذا التأثير،ولكن ليس كل الأنواع). إن ترانزستورات MOSFET هي أكثر أنواع الترانزستورات استخداماً هذه الأيام وذلك للأسباب التالية :

1–استهلاكها المنخفض جداً للتيار في طرف الدخل.

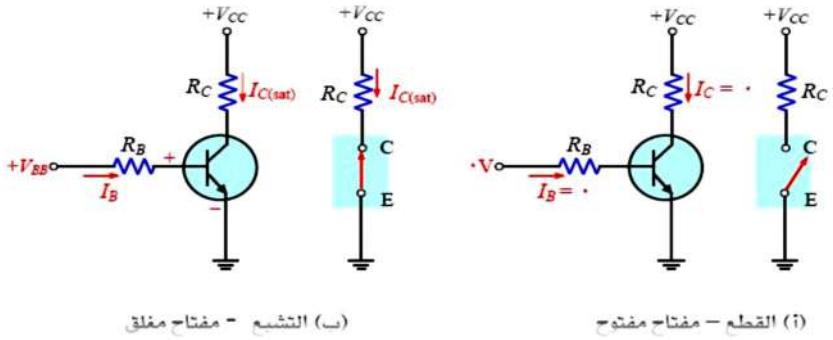
2– سهولة تصنيعها.

3– استهلاكها المنخفض للطاقة.

استخدام الترانزستور كمفتاح الكتروني

يعتبر تشغيل الترانزستور كمفتاح إلكتروني من أهم تطبيقات الترانزستور في الدوائر الالكترونية وخصوصا الرقمية منها،حيث يعمل الترانزستور في منطقة القطع والتشبع.

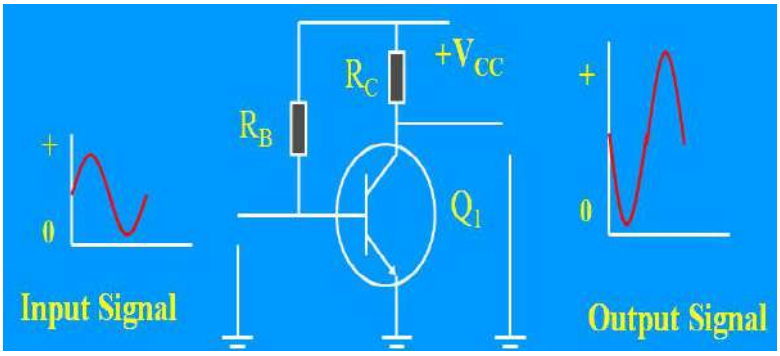
الشكل (2-44) (أ) يوضح عمل الترانزستور كمفتاح إلكتروني حيث يوضح الشكل أن الترانزستور في منطقة القطع لأن وصلة القاعدة – الباعث ليست في حالة انحياز أمامي، وتمثل هذه الحالة كمفتاح في حالةفتح.في الجزء الآخر من الشكل (ب)يعمل الترانزستور في منطقة التشبع لأن وصلة القاعدة – الباعث في حالة انحياز أمامي، وتيار القاعدة عالي بما يكفي لوصول تيار الجامع إلى التشبع وتمثل هذه الحالة بمفتاح في حالة غلق.



شكل 2 –44 يوضح استخدام الترانزستور كمفتاح إلكتروني

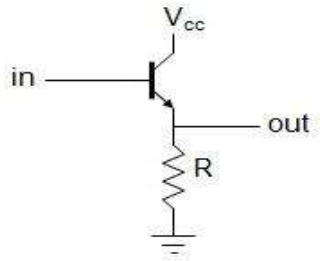
6-2 مكبرات الفولتية ومكبرات التيار Voltage and Current Amplifiers

يمكن أن يستخدم الترانزستور كمكبر للفولتية أو التيار، وذلك حسب الطريقة المربوط بها الترانزستور. فمثلاً إذا أردنا تكبير الفولتية يتم ربط الترانزستور كما مبين في الشكل (2- 45).



شكل 2- 45 مكبر للفولتية

من الشكل أعلاه ولزيادة الفولتية الداخلة (in) يكون ذلك ضمن مجال محدود حيث بالإمكان الحصول على فولتية خارجة (out) ضمن مجال محدد يحدده العلاقة بين فولتية الجامع-الباعث (Collector-Emitter Voltage) مع تيار القاعدة وهكذا.أما إذا أردنا استخدام الترانزستور كمكبر للتيار، فنربط الدائرة كما في الشكل (2- 46).



شكل 2- 46 استخدام الترانزستور كمكبر للتيار

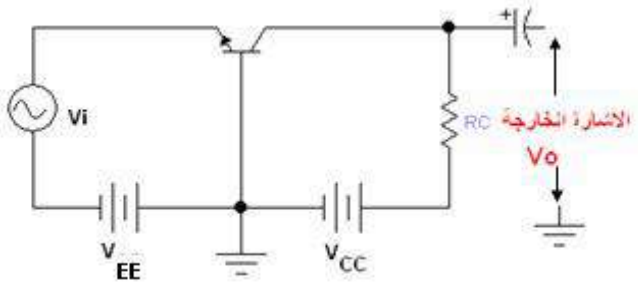
هنا واضح من الشكل وحسب مبدأ اشتغال الترانزستور فإن الفولتية الداخلة (in) مساوية تقريباً للفولتية الخارجة (out) ولكن التيار الداخل للقاعدة يمكن تكبيره حسب الربح الخاص بالترانزستور المعني للحصول على التيار الخارج من الباعث (Emitter).

7-2 طرائق ربط الترانزستور Transistor Connection Methods

للترانزستور طرائق ربط عديدة وكل منها له هدف معين وتطبيقات معينة، وكما موضح هنا بالتفصيل الآتي:

1.ربط القاعدة المشتركة (Common Base)

في هذه الطريقة يتم ربط الترانزستور بحيث تكون القاعدة مشتركة بين الإشارتين الداخلة والخارجة كما موضح بالشكل (2–47 أ). يجهز مصدر التيار المستمر (V_{EE}) الإنحياز الأمامي بين وصلة (الباعث إلى القاعدة) للترانزستور NPN ويصبح الباعث سالب بالنسبة إلى القاعدة بينما يجهز مصدر التيار المستمر (V_{CC}) الإنحياز العكسي بين وصلة (الجامع إلى القاعدة) فيصبح الجامع موجب بالنسبة إلى القاعدة.



شكل 2–47 أ - مكبر القاعدة المشتركة

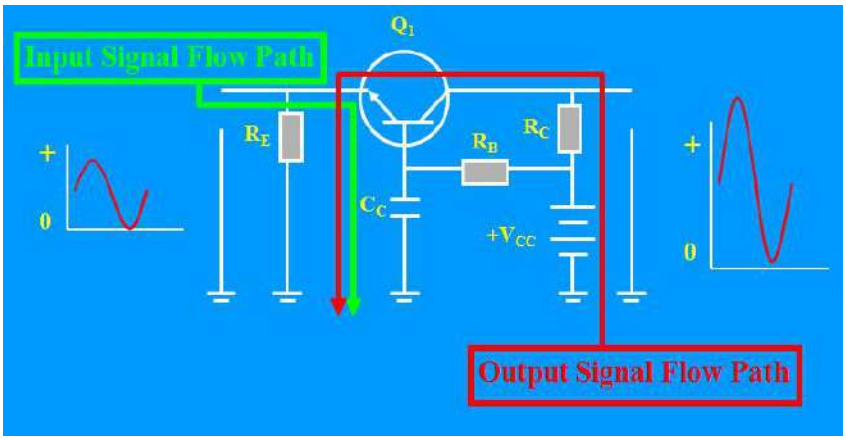
وتمتاز دائرة مكبر القاعدة المشتركة بما يلي:

1- مقاومة الدخول قليلة تتراوح بين Ω (300 – 100).
2- المقاومة الخارجية عالية وتتراوح بين KΩ (500 – 100).
3- ربح الفولتية يكون عالياً ويساوي:

$$G_v = \frac{V_o}{V_i}$$

ربح الفولتية = الفولتية الخارجة / الفولتيـة الداخلـة

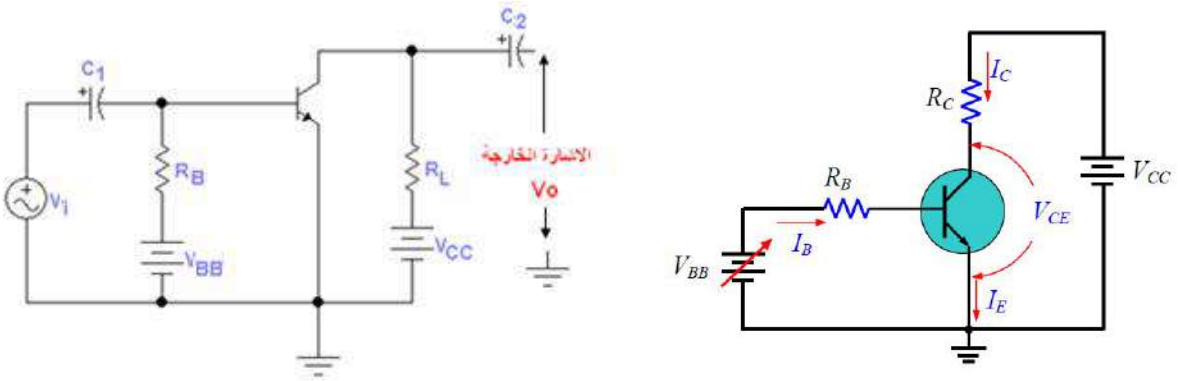
4- يكون طور الإشارة الخارجة بنفس طور الإشارة الداخلة.لاحظ الشكل (2- 47 ب)



شكل 2- 47 ب- ربط القاعدة المشتركة (Common Base)

2.ربط الباعث المشترك (Common Emitter)

في هذا المكبر يكون باعث الترانزستور مشتركاً بين الإشارتين الداخلة والخارجة، كما موضح بالشكل (2–48 أ). تقوم المقاومة (R_B) بتحديد تيار الانحياز الأمامي بين الباعث والقاعدة،أما مقاومة الحمل (R_L) فتعمل على التغير في تيار الجامع المار خلالها إلى فولتية متغيرة على طرفيها تمثل فولتية الإشارة الخارجة. تعمل المتسعة (C1) على منع مرور تيار البطارية (V_{BB}) المستمر في مصدر الإشارة في حين تسمح للإشارة بالمرور إلى قاعدة الترانزستور. تقوم المتسعة (C2) بمنع مرور التيار المستمر مع الإشارة الخارجة.

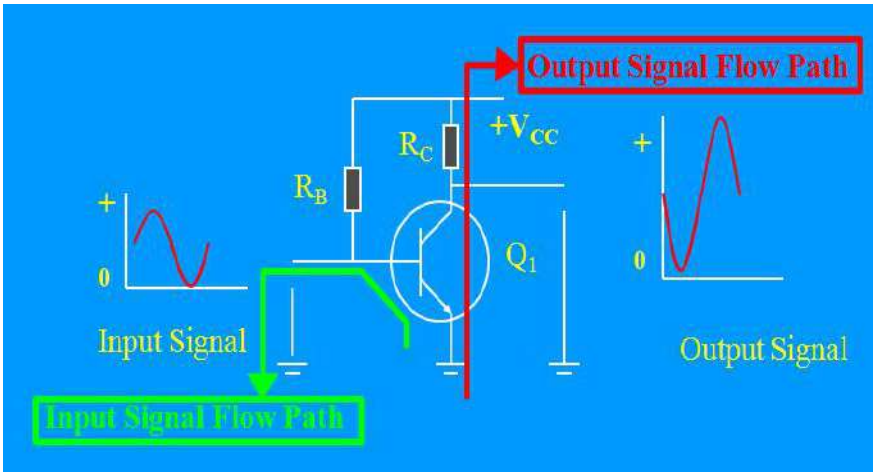


شكل 2–48 أ - مكبر الباعث المشترك

ويمتاز هذا المكبر بما يلي:

1- مقاومة الدخول عالية وتقع في حدود kΩ (100 – 300).
2- المقاومة الخارجية قليلة تقع بين kΩ (40 – 5).
3- ربح الفولتية عالٍ.

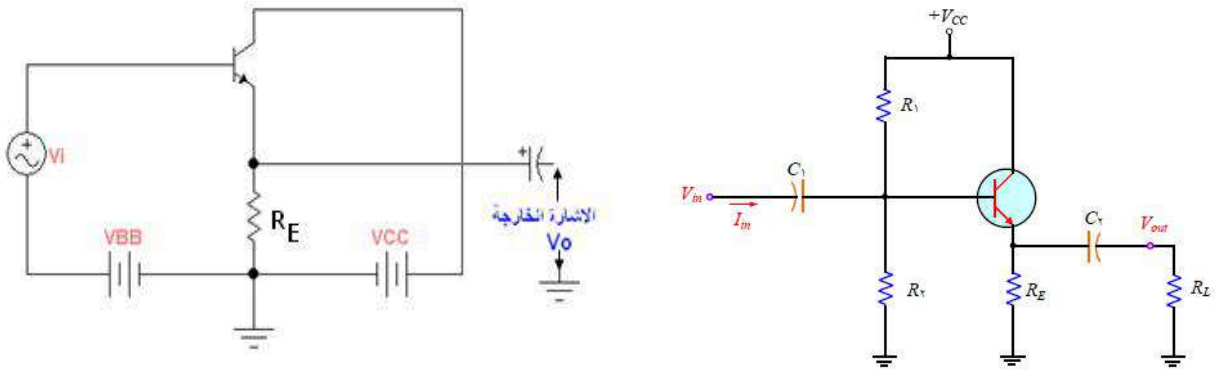
4- ربح التيار عالٍ ويقع بحدود (150 – 50) ويساوي βdc.
5- طور الإشارة الخارجة يكون مختلفاً عن طور الإشارة الداخلة بزاوية مقدارها 180 درجة، لاحظ الشكل (2 – 48 ب).



شكل2-48ب ربط الباعث المشترك (Common Emitter)

3.ربط الجامع المشترك (Common Collector)

يوصل الترانزستور بحيث يكون الجامع مشتركاً بين الإشارتين الداخلة والخارجة، كما موضح بالشكل (2–49 أ). تنقل مقاومة الحمل من طرف الجامع إلى طرف الباعث (R_E) ويصبح مصدر التيار المستمر (V_{CC}) في حالة دورة قصر (Short) بالنسبة للإشارة وهذا يعني إن الجامع متصل بالأرضي.



شكل 2–49 أ - مكبر الجامع المشترك

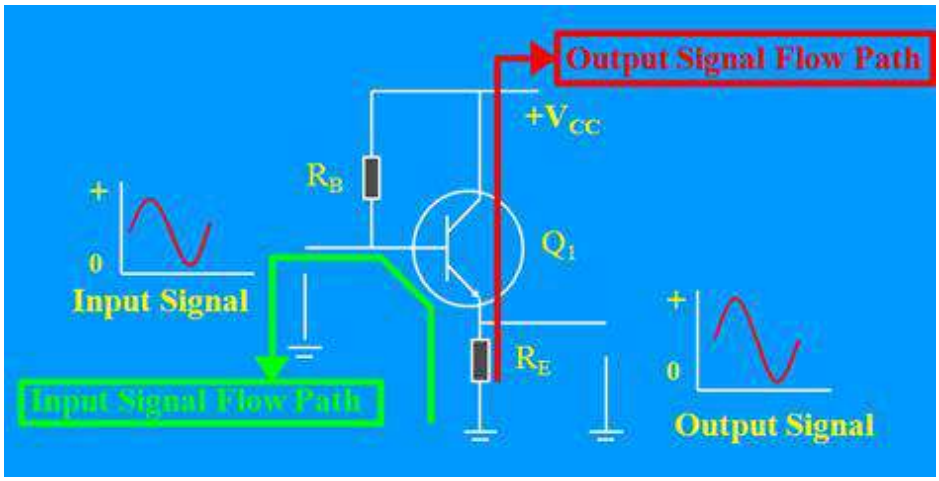
يمتاز مكبر الجامع المشترك بمايلي:

1- مقاومة الدخول فيه عالية جداً وتقع بين KΩ (800 – 150).
2- المقاومة الخارجية قليلة في حدود KΩ (5 – 0.2).
3- ربح الفولتية فيه قليل (أقل من الواحد) لأن $V_i = V_{BE} + V_O$

أي أن الفولتية الداخلة تزيد بمقدار V_{BE} عن الفولتية الخارجة فإذا أهملنا V_{BE} وهي 0.7 V للسيليكون فإن الفولتية الخارجة سوف تساوي الفولتية الداخلة وهذا يدل على أن ربح الفولتية يساوي واحد تقريباً.

4- يكون ربح التيار في هذا المكبر عالياً ويساوي βdc.

5- لا يحدث أي اختلاف في طور الإشارة الخارجة عن طور الإشارة الداخلة، الشكل (2-49 ب).



شكل 2 -49- ب -ربط الجامع المشترك (Common Collector)

8-2 أنظمة التمثيل الرقمي

في أنظمة التمثيل الرقمي هناك طريقتان لتمثيل أي كمية وهما:

- **الطريقة التماثلية (Analog)**
- **الطريقة الرقمية (Digital)**

ولكن ماهو الفرق بينهما؟ الفرق بينهما هو نفس الفرق بين الساعة العادية (ذات العقارب) والساعة الرقمية. كما نعلم أن الوقت يتغير باستمرار والساعة العادية تعكس هذا التغير في الوقت بحركة العقارب **المستمرة**. أما الساعة الرقمية فلا يكون التغير فيها مستمراً وإنما على درجات، كل درجة تمثل ثانية أو دقيقة. إذاً الفرق بين الكميات التماثلية والكميات الرقمية هو ببساطة هاتين المعادلتين:

التماثلية = مستمر

الرقمية = غير مستمر(درجة درجة)

في عالم التكنولوجيا يوجد هناك عدة طرائق لتمثيل الكميات بالأرقام من أهمها الطريقة **الثنائية**.

ولكي نفهم هذه الطريقة سوف نشرح الطريقة العشرية لكي تسهل علينا فهم الطريقة الثنائية.

1-8-2 النظام العشري Decimal

كلنا نعرف الطريقة العشرية لأننا نستخدمها في حياتنا اليومية وفيها نستخدم عشرة أرقام هي :

0 ، 1 ، 2 ، 3 ، 4 ، 5 ، 6 ، 7 ، 8 ، 9

بهذه الأرقام يمكن أن نمثل أي كمية بطريقة الآحاد والعشرات و المئات ...الخ

10^3	10^2	10^1	10^0
=1000	=100	=10	=1

2-8-2النظام الثنائي Binary

في الطريقة الثنائية يوجد رقمان فقط وهما: 0 و 1 ولذلك سميت بالثنائية ونقول أن قاعدتها هي 2 (في الطريقة العشرية القاعدة هي 10). إذاً كيف يمكننا تمثيل أي كمية باستعمال القاعدة الثنائية؟. تماماً كما فعلنا سابقاً في الطريقة العشرية ولكننا هذه المرة سنستعمل القاعدة 2 بدلاً من 10 كما هو موضح.

2^3	2^2	2^1	2^0
=8	=4	=2	=1

والآن أنظر جيداً للجدول (2-1) لتعرف كيف نحول ألأرقام من النظام العشري إلى النظام الثنائي :

جدول (2 – 1) التحويل من النظام العشري إلى الثنائي

المقابل بالأرقام العشرية	$2^0 = 1$	$2^1 = 2$	$2^2 = 4$	$2^3 = 8$
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	1	1	0	0
4	0	0	1	0
5	1	0	1	0
6	0	1	1	0
7	1	1	1	0
8	0	0	0	1
9	1	0	0	1
10	0	1	0	1
11	1	1	0	1
12	0	0	1	1
13	1	0	1	1
14	0	1	1	1
15	1	1	1	1

مثال (2-2) ماهو الرقم العشري المعادل لهذا الرقم الثنائي 1 0 1 1 0 1 0 1

الجواب

$2^7+0^6+2^5+2^4+0^3+2^2+0^1+2^0$

$= 128+0+32+16+0+4+0+1$ = بالأرقام العشرية 181

سؤال: ماهو الرقم العشري المعادل للرقم الثنائي 1 1 0 1 1

الجواب 27

في عالم الأنظمة الرقمية تتم معالجة المعلومات بالطريقة الرقمية الثنائية أي **صفر** و**واحد** ولكن تذكر دائماً أن صفر وواحد هذه لاتعني الأرقام المعروفة وإنما تعني الآتي:

0	**تعني**	**لا**
1	**تعني**	**نعم**

وهذه بعض المعاني الأخرى والتي تصب في نفس المفهوم:

0	1
خطأ	صواب
مطفأ	متوهج
منخفض	مرتفع

ولتقريب ذلك تخيل المفتاح الكهربائي حيث يمكن أن يكون في إحدى حالتين إما مطفأ أو متوهج. فإذا كان مطفأ فيمثل هذا **الصفر** الرقمي وإذا كان متوهجاً فيمثل هذا **الواحد** الرقمي.

ملاحظة مهمة: في الدوائر الإلكترونية تم التعارف على الآتي:

0	**أي جهد بين 0 فولت و 0.8 فولت**
1	**أي جهد بين 2 فولت و 5 فولت**

لاحظ أن الفولتية بين **0.8** فولت و **2** فولت غير مستخدمة.

2-8-3النظام الثماني Octal System

وهو من الأنظمة المستخدمة في الحاسبات الإلكترونية أساسه العدد (8)، الرموز المستخدمة في هذا النظام هي (0 ، 1 ، 2 ، 3 ، 4 ، 5 ، 6 ، 7) مثال على إعداد النظام الثماني.

$(0.513)_8$ ، $(721.5)_8$ ، $(203.62)_8$ ، $(110.013)_8$

مثال(2-3) حلل العدد $(203.65)_8$ إلي مراتبه

الجواب

$$(203.65)_8 = 3 \times 8^0 + 0 \times 8^1 + 2 \times 8^2 + 6 \times 8^{-1} + 5 \times 8^{-2}$$
$$= 3 \times 1 + 0 \times 8 + 2 \times 64 + 6 \times 1/8 + 5 \times 1/64$$

2-8 -4 النظام السادس عشري Hexadecimal System

وهو من الأنظمة المهمة المستخدمة في الحاسبات الإلكترونية أساسه العدد (16) أي إن عدد الرموز المستخدمة في تشكيل أعداد النظام هي 16 رمز وهي:

(0 ، 1، 2 ، 3 ، 4 ، 5 ، 6 ، 7 ، 8 ، 9 ، A ، B ، C ، D ، E ،F)

ومثال على أعداد بالنظام السادس عشري :

$(2D6.F3)_{16}$، $(10011.1)_{16}$ ، $(FFF)_{16}$ ،$(0.257)_{16}$

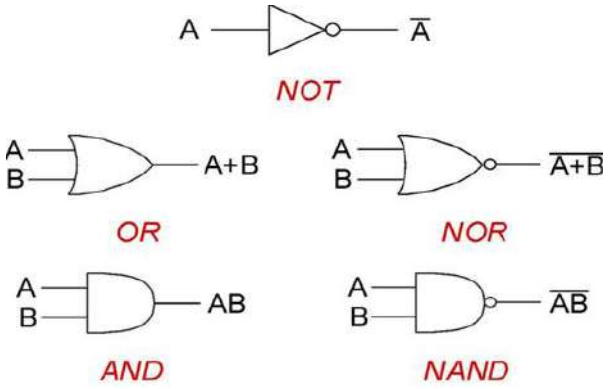
مثال(2-4) حلل العدد $(3A1.7F)_{16}$ إلى مراتبه

$$(3A1.7F)_{16} = 1 \times 16^0 + 10 \times 16^1 + 3 \times 16^2 + 7 \times 16^{-1} + 15 \times 16^{-2}$$
$$= 1 \times 1 + 10 \times 16 + 3 \times 256 + 7 \times 1/16 + 15 \times 1/256$$

ملاحظة :عند مقارنة الرموز السادس عشرية بالنظام العشري فان الرموز(A --- F) تساوي في النظام العشري (10 --- 15).

9-2 البوابات المنطقية

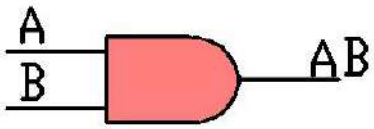
إن البوابات الرقمية هي مكونات البناء الأساسية للإلكترونيات الرقمية والبوابة هي دائرة إلكترونية تأخذ 0،1 أي 5، volt (0) في المدخل وتنتج 0،1 في المخرج والبوابات الرقمية الأساسية هي بوابة العاكس NOT بوابة AND بوابة NAND بوابة OR بوابة NOR وبوابات XOR و XNOR وتنجز كل واحدة من هذه البوابات عملية منطقية تختلف عن البوابات الأخرى. يبين الشكل (2 - 50) رموز كافة البوابات المنطقية المعروفة.



شكل 2 -50 رموز البوابات المنطقية

2-9-1 بوابة (و) AND GATE

بوابة (و) (AND) نوع أساسي من البوابات ولها خرج واحد ومدخلين أو أكثر. تكون لهذه البوابة إشارة خرج (Y) في حالة واحدة فقط وهي عندما تكون هناك إشارات لجميع مداخل البوابة في آن واحد (أي عندما تكون جميع المداخل في حالة 1) **لاحظ الشكل (2 – 51).**



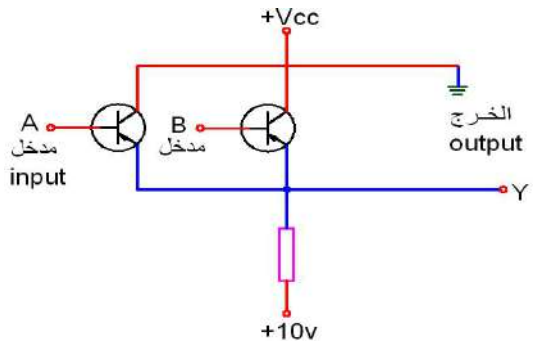
شكل 2 - 51 رمز بوابة AND

وإن جدول الحقيقة الموضح بالجدول (2 – 2) الخاص بهذه البوابة هو

جدول رقم 2 – 2 جدول الحقيقة للبوابة AND

A	B	Y
0	0	0
0	0	0
1	1	0
1	1	1

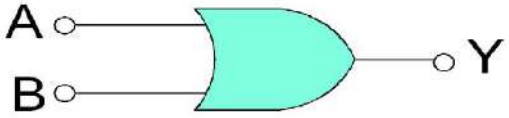
الشكل (2–52) يبين بوابة (و) باستعمال الترانزستورات نوع (PNP). إذا كان جهد الدخول لأي من المتغيراتB،A صفراً (0) فإن ثنائي الباعث – القاعدة لذلك الترانزستور يكون بحالة قصر (short) ويكون الخرج Y=0. أما إذا كان جهد الدخول لجميعها B،A بقيمة (1) فإن ثنائيات الباعث – القاعدة تكون في حالة فتح Open وبذلك لن يسري تيار في المقاومة مما يؤدي بالمخرج Yأن يكون ذو جهد موجب Y=1.



شكل 2-52 دائرة الترانزستور المكافئة لبوابة AND

2-9-2بوابة (و) OR GATE

بوابة (أو) لها خرج واحد وإدخالان أو أكثر. في هذا النوع من البوابة سيكون هناك إشارة خرج عندما تكون هناك إشارة دخول واحدة أو أكثر.الشكل (2-53) يبين بوابة من نوع (أو) ذات مدخلين هما (B،A) بينما يمثل (Y) خرج الدائرة.



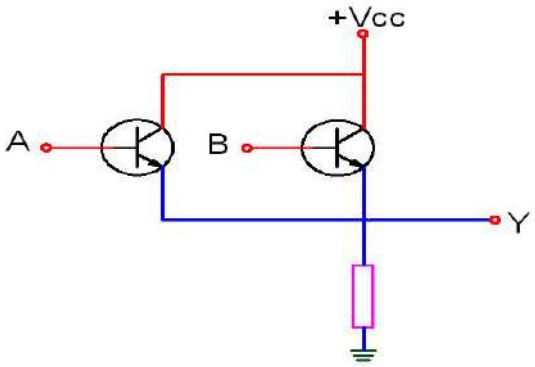
الشكل 2 - 53 رمز بوابة OR

وإن جدول الحقيقة الموضح بالجدول (2 – 3) الخاص بهذه البوابة هو:

جدول رقم 2- 3 جدول الحقيقة

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

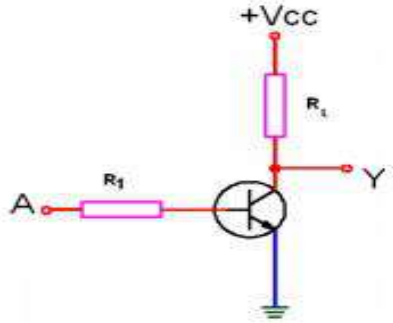
الشكل (2 – 54) يمثل بوابة (أو) باستعمال الترانزستورات من نوع NPN ذات قيم للدخول B،A عندما يكون الدخل واطئاً (0) للترانزستورات يكون الخرج واطئاً أيضـاً (Y=0). وعندما يكون الدخل (الجهد) عالياً لترانزستور واحد أو أكثر يكون خرج الدائرة عالياً أيضاً.



شكل 2-54 دائرة الترانزستور المكافئة لبوابة OR

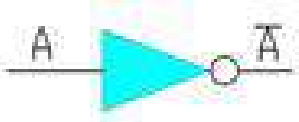
2-9-3الدائرة المنطقية (لا) (بوابة نفي) NOT GATE

هذه دائرة أو بوابة أخرى أساسية ولها مدخل واحد وخرج واحد أيضاً. تعمل هذه البوابة على عكس الإشارة الداخلة فإذا كان الدخول (1) يكون الخرج (0) وإن كان الدخول (0) يكون الخرج (1). الدائرة المبينة في الشكل (2-55) يمكن أن تؤدي المهمة المذكورة باستعمال ترانزستور من نوع NPN.



شكل 2 –55 دائرة الترانزستور المكافئة لبوابة NOT

من الشكل نلاحظ إذا كان جهد الإدخال عالياً (A=1) لإيصال الترانزستور إلى حد الإشباع سوف يمر تيار في المقاومة RL (يصبح الطرف Y ارضي أي صفر فولت) أي الخرج واطئا (Y=0). أما إذا كان الإدخال واطئاً (A=0) فلا يعمل الترانزستور ولا تيار في المقاومة RL ويصبح الخرج عالياً لأن الفولتية بين الطرف (Y) والأرضي يساوي الفولتية (VCC) (Y=1) سُميت هذه البوابة (لا) أو (نفي)، لأنها تعكس الإدخال. يرمز لبوابة NOT كما في الشكل (2- 56).



شكل 2-56 رمز البوابة NOT

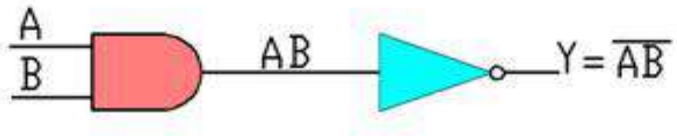
تعني الإشارة (-) فوق المتغير A عملية النفي لاحظ الجدول (2 – 4)

جدول رقم (2 – 4)جدول الحقيقة

A	$\overline{A}$
0	1
1	0

4-9-2 الدائرة المنطقية (نفي و) NAND GATE

إن عمل هذه البوابة هو عكس عمل البوابة (و) التي سبق ذكرها. يمكن بناء هذه البوابة باتجاه بوابة (و) مع بوابة (نفي) كما هو مبين الشكل (2-57).



شكل 2–57 الدائرة المنطقية NAND

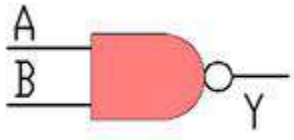
الجدول (2 – 5) يوضح عملها:

جدول (2 – 5) عمل الدائرة المنطقية NAND

A	B	A . B	Y
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

قارن هذا الجدول مع الجدول المماثل لبوابة (و) ليتضح لك بأن عمل البوابتين متعاكس.

يرمز لهذه البوابة للاختصار بالرمز الموضح بالشكل (2–58).

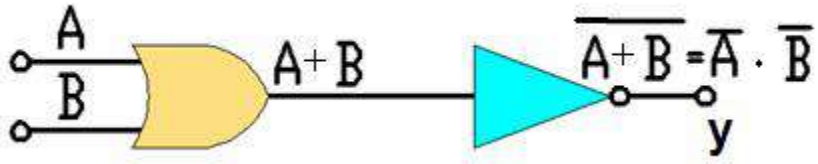


شكل 2–58 رمز للبوابة المنطقية NAND

وهنا أيضاً يمكن أن يكون للبوابة أكثر من مدخلين.

5-9-2 الدائرة المنطقية (نفي أو) NOR GATE

يعرف اسم البوابة إن عملها هو عكس عمل بوابة (أو) أي إنها (نفي) عمل بوابة (أو). يمكن بناء هذه البوابة باتحاد بوابة (أو) مع البوابة (نفي) بحيث يكون خرج البوابة (أو) دخولاً للبوابة (نفي)، كما هو موضح في الشكل (2-59).



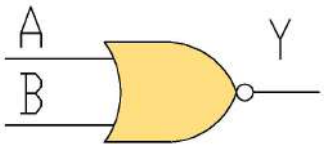
شكل 2–59 الدائرة المنطقية NOR

الجدول (2 - 6) يوضح عمل هذه البوابة

جدول 2 – 6 عمل بوابة NOR

A	B	A+B	Y
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

وبمقارنة هذا الجدول مع الجدول المماثل لبوابة (أو) نجد أن عمل البوابتين متعاكس. يرمز لهذه البوابة للاختصار بالرمز الموضح بالشكل (2–60) ويمكن أن يكون لهذه البوابة أكثر من مدخلين.



شكل 2-60 رمز للبوابة المنطقية NOR

10-2 الجبر البوليني Boolean Algebra

إن أي عملية في المنطق ينتج عنها فقط احتمال قيمتين وهما أما 0 أو 1، وليست هنالك مشكلة بعدد الأرقام الثنائية المضافة سواء كانت كثيرة أم قليلة وكالآتي:

```
0 + 1 + 1 = 1
1 + 1 + 1 = 1
0 + 1 + 1 + 1 = 1
1 + 0 + 1 + 1 + 1 = 1
```

وهو ليس بالشيء المشابه لجبر الأعداد الحقيقية ألآتية:

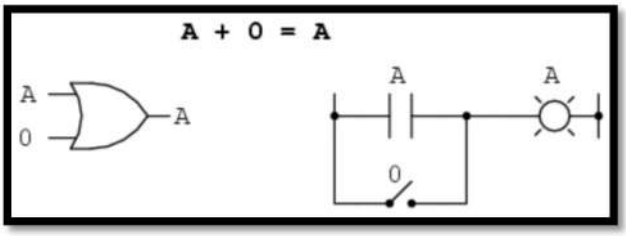
```
0 + 0 = 0
0 + 1 = 1
1 + 0 = 1
1 + 1 = 1
```

التشابه الوحيد مع جبر الأعداد الحقيقية هو فقط في عملية الضرب، حيث أنه حاصل ضرب أي عدد بالرقم 0 يساوي 0 وحاصل ضرب أي عدد بالرقم 1 يكون نفسه وكالاتي:

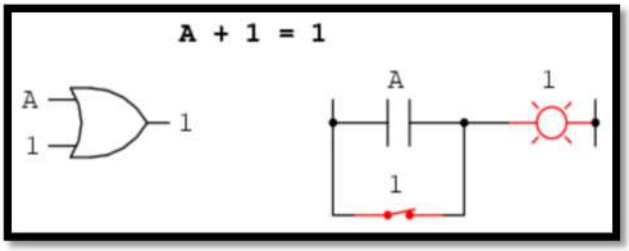
$$0 \times 0 = 0$$
$$0 \times 1 = 0$$
$$1 \times 0 = 0$$
$$1 \times 1 = 1$$

إن ما ذكر أعلاه بالنسبة للعمليات الحسابية للأرقام الثنائية يسمى بالجبر البوليني، وللجبر البوليني قواعد وكما يلي:

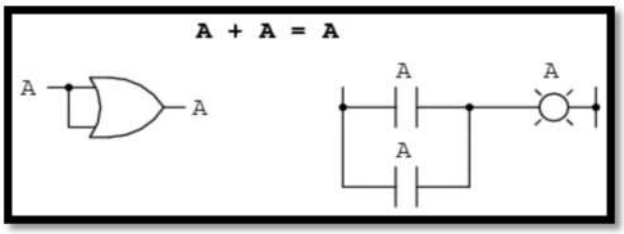
إن جمع أي رقم مع الصفر يكون نفس الأصل وبدون تغيير.



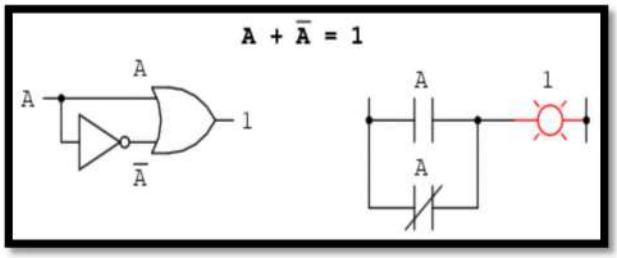
مجموع أي رقم مع الواحد يساوي واحد.



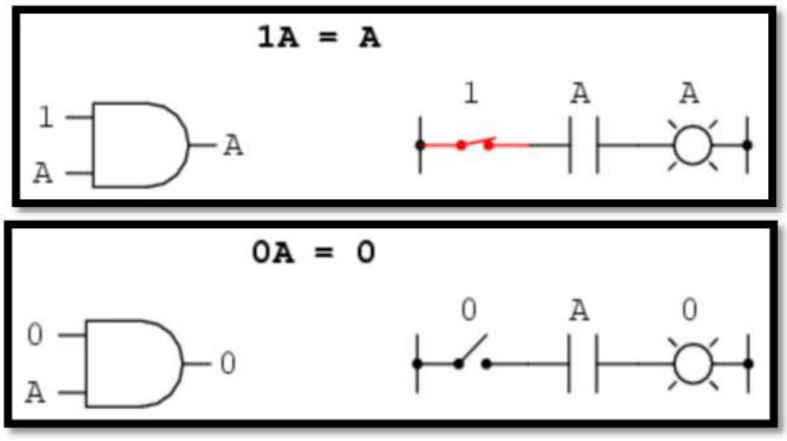
إضافة أي رقم ثنائي مع نفسه يساوي الرقم نفسه



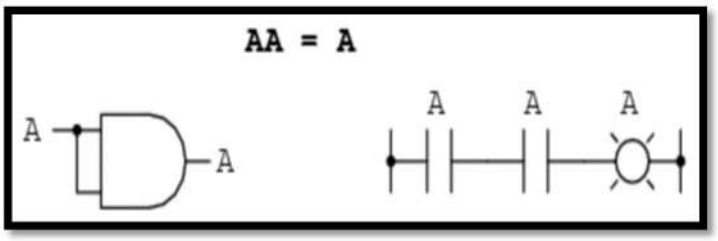
مجموع متغير مع مقلوبه يساوي واحد.



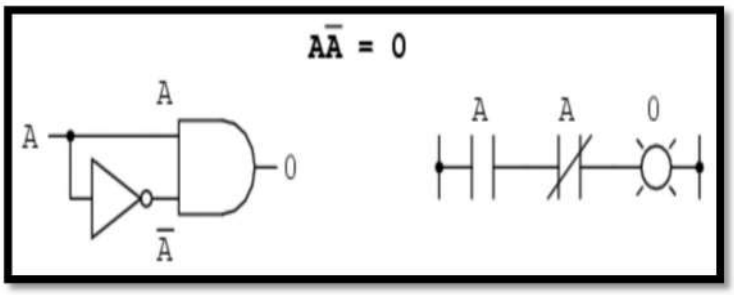
في عملية الضرب، حاصل ضرب أي متغير بالصفر يساوي صفر وضربه بالواحد ينتج المتغير نفسه.



ضرب المتغير في نفسه ينتج المتغير نفسه.

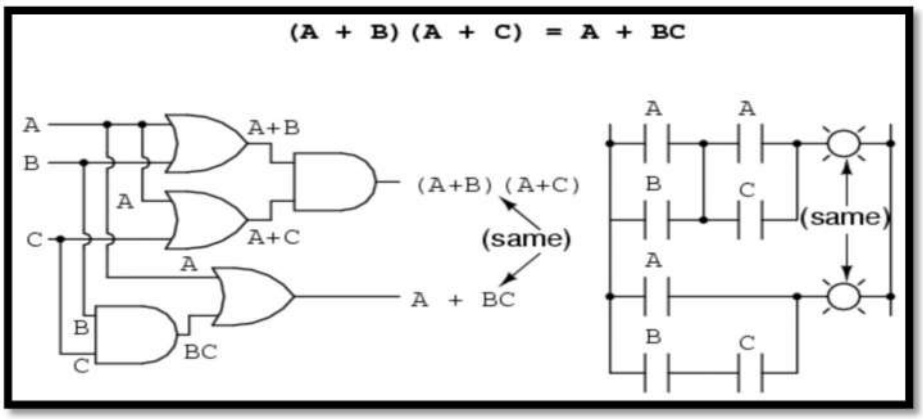


ضرب المتغير في مقلوبه يساوي صفر.



مثال(2-5)

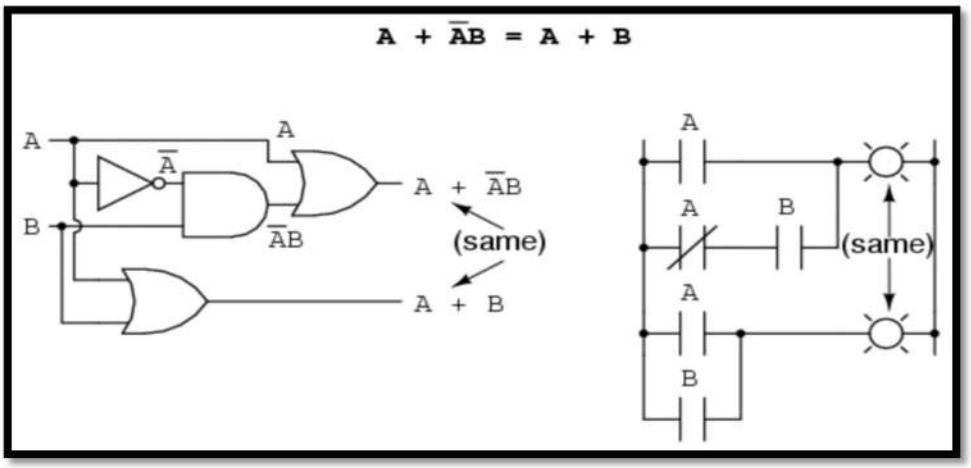
المثال يوضح تمثيل دائرة رقمية تقوم بعملية ضرب مجموع تعبيرين كالآتي:



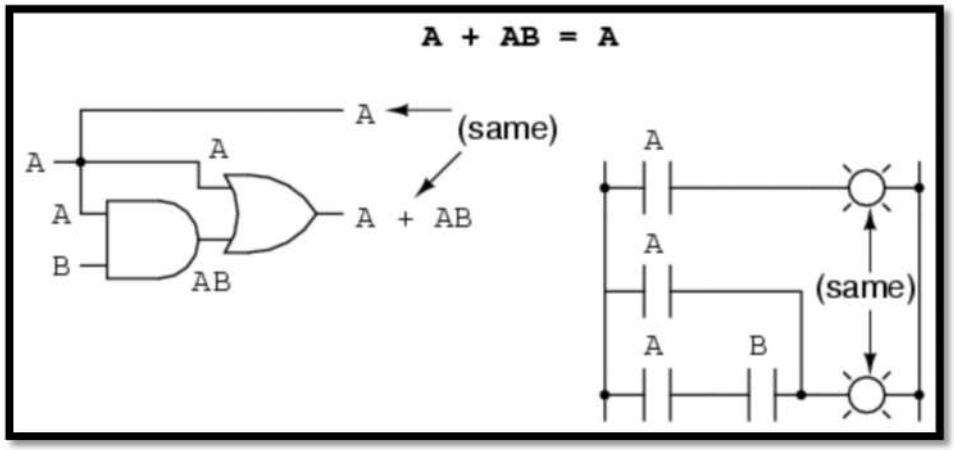
مثال (2-6)

دائرتين لجمع تعبيرين مختلفين

الدائرة الأولى :

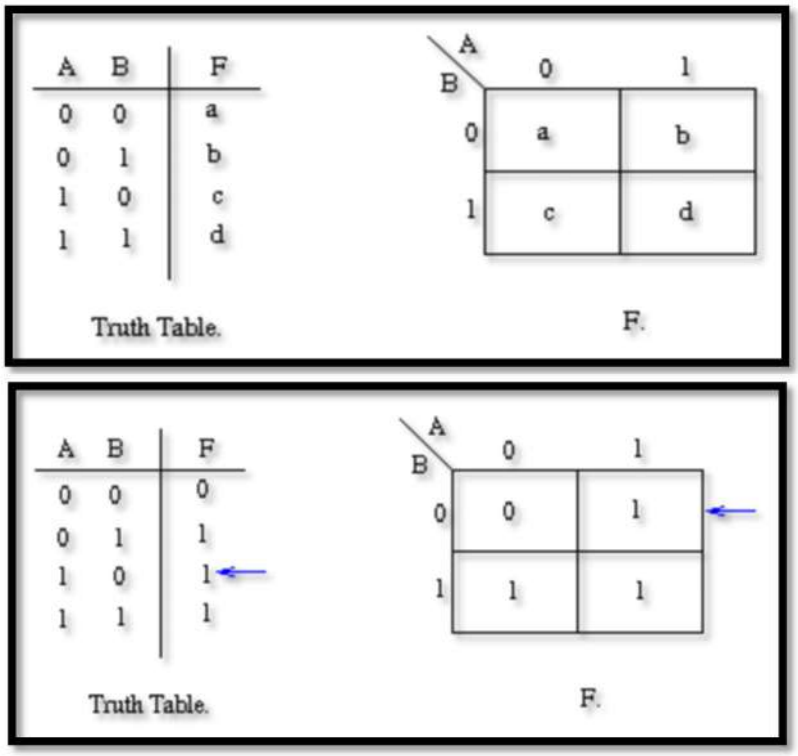


الدائرة الثانية :

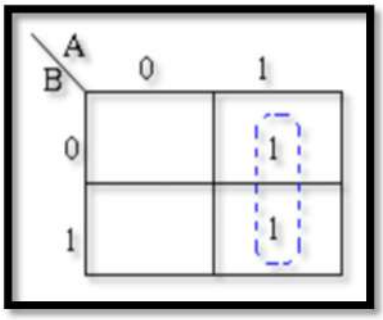


11-2 خارطة كارنوف Karnaugh Map

من المهم ملاحظة أنه إذا أردنا تطبيق الجبر البوليني لتبسيط دائرة رقمية فإن العملية ستكون كبيرة ومعقدة نوعاً ما، ولهذا السبب تم وضع ما يسمى بخارطة كارنوف لتبسيط الدوائر الرقمية وبسهولة. وهذه الخارطة ممكن تمثيلها بجدول الحقيقة. ويمكن إيضاح خارطة كارنوف بالشكل الآتي :



بالنسبة لجزء الخارطة الآتي:



فإن الدالة المرسومة هي: $Z = f(A\ B) = A\ B' + AB$

بالإشارة إلى الخارطة نلاحظ أن كلا الواحدين تم جمعهما سوياً، ولنفس المجموعة المتغير B له قيمتان True ، Fuels وحسب قانون الخارطة يختصرB ويبقي A الذي يملك فقط قيمتان من نوع True. أي أنه في خارطة كارنوف يتم اختصار أو حذف أي متغير يحمل قيمتين مختلفتين.
ويمكن تفسير أعلاه من تبسيط الجبر البوليني كالآتي:

$$Z = A\bar{B} + AB$$

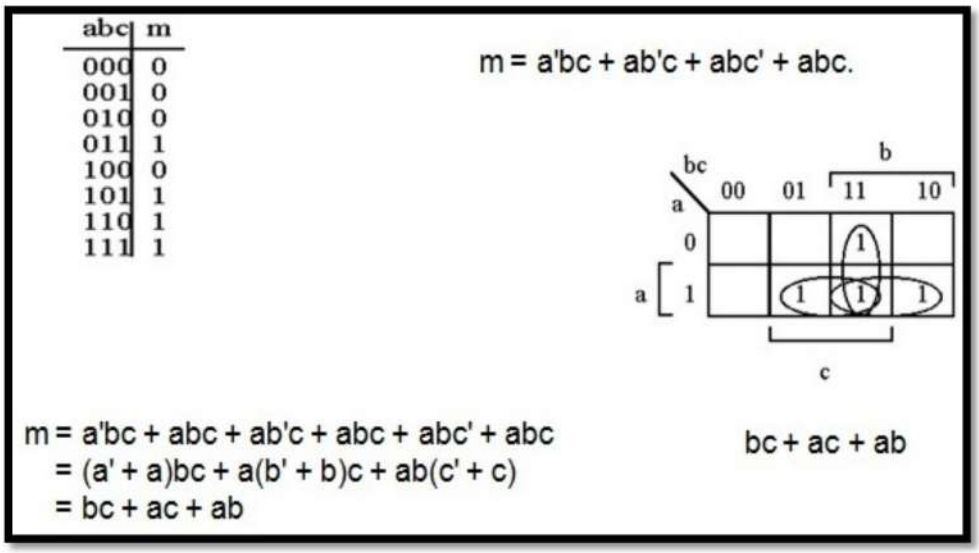
$$Z = A(\bar{B} + B)$$

$$Z = A$$

والآن لنأخذ مثال توضيحي يبين استخدام كل من الجبر البوليني وخارطة كارنوف في اختصار الدائرة المنطقية المطلوب إنشائها من خلال جدول الحقيقة وكما يأتي :

مثال (2-6)

التعبير الجبري البوليني



12-2 توافق الدوائر المنطقية Logic Gate Matching

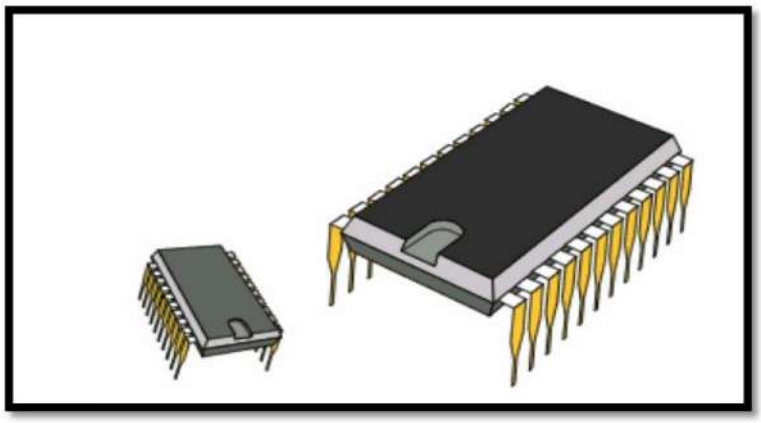
إن توافق الدوائر المنطقية هو ليس بالشيء المعقد كما في الدوائر الإلكترونية المعقدة وإنما يتم وببساطة من خلال الاختيار الأنسب لأجزاء الدائرة المنطقية المعقدة ويكون ذلك إما بالبحث على الأجزاء الرقمية للدوائر التي تنتمي إلى نفس العائلة الرقمية (حيث أن الدوائر المنطقية كذلك هي عائلة كالثنائيات والترانزستورات وغيرها) حيث أن لكل عائلة مقادير وقيم محددة من الفولتيات والتيارات القصوى التي تتعامل معها وكذلك ما يسمى بالتحصين ضد الضوضاء الممكن حصولها أثناء تشغيل الدائرة الرقمية المكونة من عدة دوائر منطقية. وكمثال على ذلك إن بعض العوائل للدوائر المنطقية تتعامل مع تيارات خرج معينة لا تتناسب مع تيارات دخل عوائل منطقية أخرى لكي تربط السابقة معها وهكذا. فيجب الانتباه الحذر بالاختيار لأجزاء الدائرة الرقمية وليس كما في الدوائر الإلكترونية تصميم دائرة تناسب بين الدوائر المطلوب ربطها.

من المفيد عدم استخدام عدة عوائل منطقية عند بناء منظومة منطقية لأسباب عديدة منها اختلاف المستويات المنطقية للدخل والخرج، واختلاف جهود التغذية وكذلك اختلاف إمكانيات المخارج على قيادة مداخل الدوائر المنطقية التالية هذا بالإضافة إلى الاختلاف في سرعات العمل فعند استخدام دوائر متكاملة بطيئة مع دوائر متكاملة سريعة تظهر مشكلة توقيت في الدائرة، إلا إنه في بعض الأحيان يكون استخدام دوائر متكاملة من عوائل مختلفة إجبارياً.

قد تضطر أحياناً إلى استخدام دوائر متكاملة معينة لا تتوفر إلا في إحدى العوائل (كذاكرة مثلاً متوفرة من عائلة CMOS أما باقي الدوائر المنطقية فهي من عائلة TTL وهذا النوع من الربط شائع الاستخدام كأن تكون دائرة TTL تستخدم كأداة ربط بين دائرة CMOS والأحمال الخارجية مثل المرحلات Relays وذلك كون دوائر CMOS لا تؤمن التيارات اللازمة لتشغيل الحاكمة والتي ممكن تأمينها من دوائر (TTL).

13-2 الدوائر المتكاملة Integrated Circuits

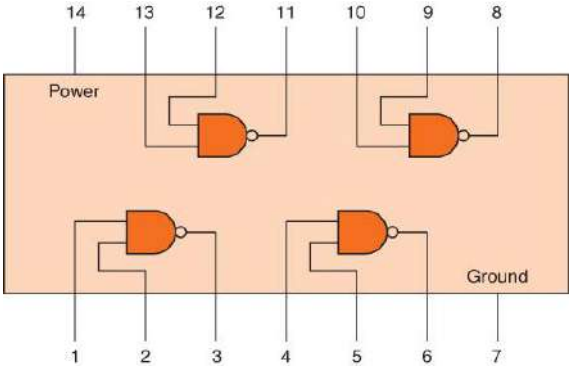
إن الدوائر المتكاملة (Integrated Circuits) هي عبارة عن مجموعة دوائر الكترونية مصغرة ومدمجة مع بعضها ومؤلفة من أعداد مختلفة من الترانزستورات وحسب نوع الدائرة المتكاملة، الشكل (2 -61) يبين شكل دائرتين متكاملتين مختلفتين.



شكل 2 -61 دائرتان متكاملتان مختلفتان

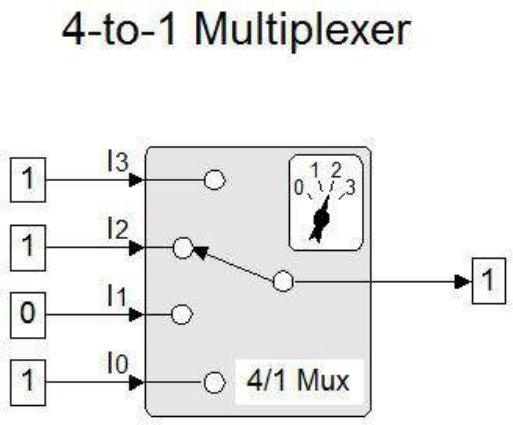
توجد أصناف مختلفة للدوائر المتكاملة ابتداءً من الدوائر ذات الحجم الصغير وانتهاءً بالدوائر ذات الحجم الكبير جداً وكما يأتي:

1. الدوائر المتكاملة ذات الحجم الصغير (Small Scale ICs SSI): وتشمل الدوائر المتكاملة من نوع (AND، OR، NOT، NAND، NOR،...). الشكل (2-62) يوضح دائرة NAND المتكاملة.



شكل 2 - 62 دائرة NAND المتكاملة

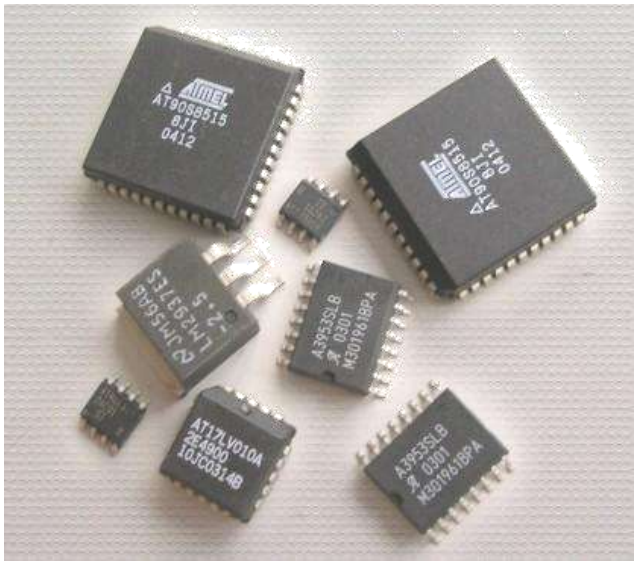
2. الدوائر المتكاملة ذات الحجم المتوسط (Medium Scale ICs MSI): وتشمل الدوائر المتكاملة من نوع (ADDER، Multiplexer، Decoder، Encoder،....). الشكل (2 -63) يوضح دائرة عداد (74LS93 Counter).



شكل 2 -63 دائرة عداد (74LS93 Counter)

3. الدوائر المتكاملة ذات الحجم الكبير(Large Scale ICs LSI): وتشمل الدوائر المتكاملة من نوع (Processors، programmable memory ،.....).

4. الدوائر المتكاملة ذات الحجم الكبير جداً (Very Large Scale ICS VLSI) وتشمل الدوائر المتكاملة من نوع (Micro-Controllers).أنظر الشكل (2 - 64).



شكل 2- 64 دوائر المتكاملة ذات الحجم الكبير جداً VLSI

أسئلة الفصل الثاني

س1 : ماذا نعني بأشباه الموصلات؟ وماهي المواد التي تصنع منها.

س2 : عرف الثنائي البلوري (الثنائي) وماهي خواصه.

س3 : بين بشكل تفصيلي ما هو المقصود بالاتجاه الأمامي والاتجاه العكسي للثنائي.

س4 : أذكر أنواع الثنائيات المختلفة واشرح كل واحد منها بالتفصيل مع ذكر الرموز الخاصة بها.

س5 : مقوم نصف موجة، أو موجة كاملة هي إحدى تطبيقات الثنائي الشائعة، وضحها بالتفصيل من خلال الرسومات؟

س6 : ارسم مخطط توضح من خلاله دائرة القص.

س7 : اشرح عمل دائرة الحماية من الحالة العابرة.

س8: عرف الترانزستور وماهي أنواعه من حيث اتجاه التيار.

س9 : ماهي الأنواع المتعارف عليها للترانزستورات، وما لفرق بينها؟

س10 : أذكر تطبيقين للترانزستور موضحاً مع الرسوم.

س11 : ماهي طرائق ربط الترانزستور؟ وضحها بالتفصيل.

س12 أرسم مخطط لدائرة مجهز قدرة مع مرشح استقرارية موضحاً عمل كل مرحلة.

س 13: ماهو الرقم العشري المعادل للرقم الثنائي1 0 0 1 1 0 0 1 ؟

س 14: أذكر الأنواع المختلفة للبوابات المنطقية مبيناً طريقة عمل كل منها بالتفصيل.

س 15: استنتج الفرق بين استخدام الجبر البوليني وخارطة كارنوف.

س 16: ما هي قواعد الجبر البوليني؟

س 17: استخدم الدوائر المنطقية لتمثيل المعادلة الآتية:

AB+A+BA

الباب الثاني

الفصل الثالث

تطور صناعة السيارات وأجزائها الرئيسة

Industrial Development of Cars and Main Parts

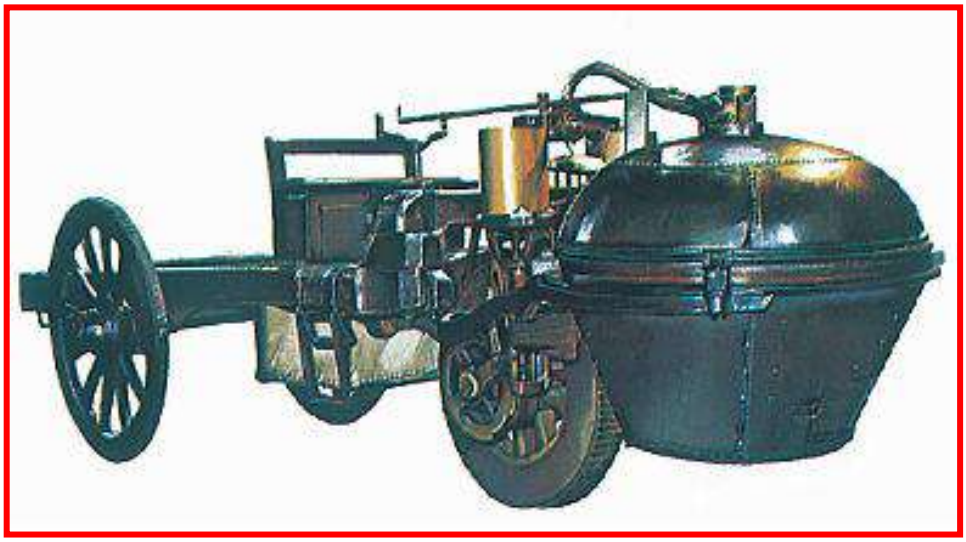
مقدمة

تُعدُّ السيارات من أهم الصناعات وأكثرها تطور أًو تحظى باهتمام كبير في مجتمعات الوقت الحاضر حيث تُطورُ باستمرار. وإن الفضل في ابتكار تقنيات جديدة في السيارات يعود إلى تطور الأنظمة الإلكترونية التي أصبحت واسعة التطبيق في التحكم والسيطرة. ويتناول هذا الفصل مقدمة تاريخية عن تطور صناعة السيارات ومن ثم التطرق إلى الأجزاء الرئيسة فيها.

3-1 التطور التاريخي لصناعة السيارات

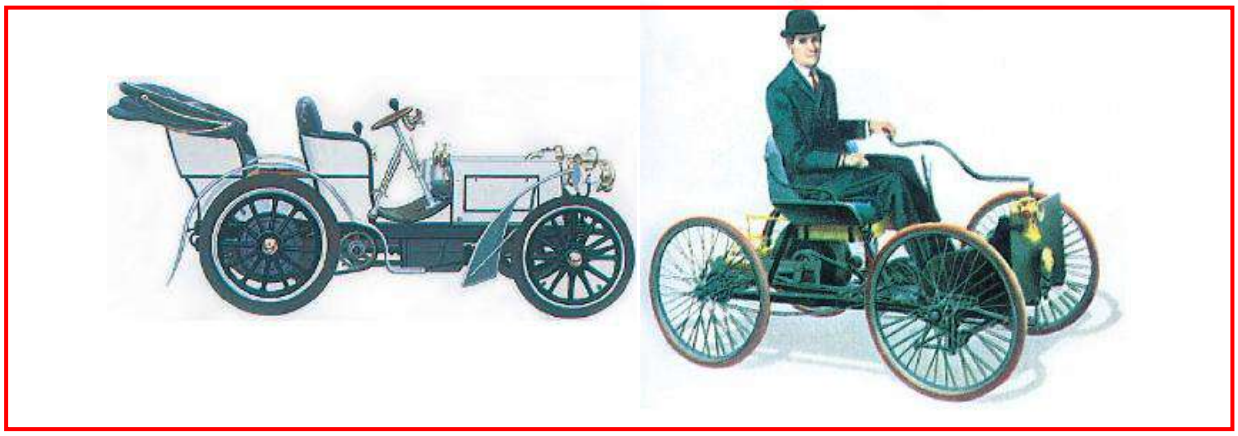
History of Cars Manufacturing Development

كانت العربات التي تجرها الحيوانات وسيلة النقل الوحيدة التي عرفها البشر منذ أقدم العصور وحتى عصر المركبات البخارية في القرن الثامن عشر، في عام 1862 سجل المهندس الفرنسي (بودي روشا) في باريس اختراعه لمحرك احتراق داخلي يعمل على دورة رباعية (أربعة أشواط) وبعد عامين من ذلك التاريخ صنع المهندس الألماني (نيكولاس أوتو) محركاً يعمل على البنزين ،ألشكل (3-1) هو لأول سيارة تعمل بمحرك بخاري.



شكل3- 1 أول سيارة تعمل بمحرك بخاري 1769

في عام 1886 صنع (بنز)أول سيارة تسير بالبنزين، خرجت بأول رحلة علنية في 26 تموز عام 1886 بمدينة مانهايم الألمانية، وفي عام 1892 أنتج (هنري فورد) في أمريكا أول محرك بنزين وثبته على سيارة حملت اسمه كما في شكل (3-2).



شكل3-2 سيارة هنري فورد 1892 وسيارة مرسيدس بنز 1900

وفي العام نفسه درس(رودولف ديزل) تصميم محرك اقتصادي يعمل بطريقة الحقن للوقود بضغط عالٍ،وفي نهاية شوط ضغط الهواء يشتعل الوقود (ذاتياً) بدون الحاجة إلى شرارة كهربائية ويسمى الوقود المستعمل فيها اسم وقود الديزل، وأنتجت شركة مرسيدس عام 1900 سيارة مرسيدس بنز قدرتها 25 حصاناً وبلغت سرعتها 70km /hr وفي عام 1922 أنتجت شركة ألمانية أول محرك ديزل مخصص لسيارات النقل في مصانع مانهايم وهكذا بدأت السيارات العاملة على محركات الديزل تشق طريقها.

بين عامي 1958 و 1963 اخترع فلكس فانكل المحرك المكبس الدوار (Rotary) ورُكّب على السيارة ثم قامت شركة كرايزلر الأمريكية بعد منتصف القرن العشرين بإنتاج سيارة تعمل على المحرك التوربيني.

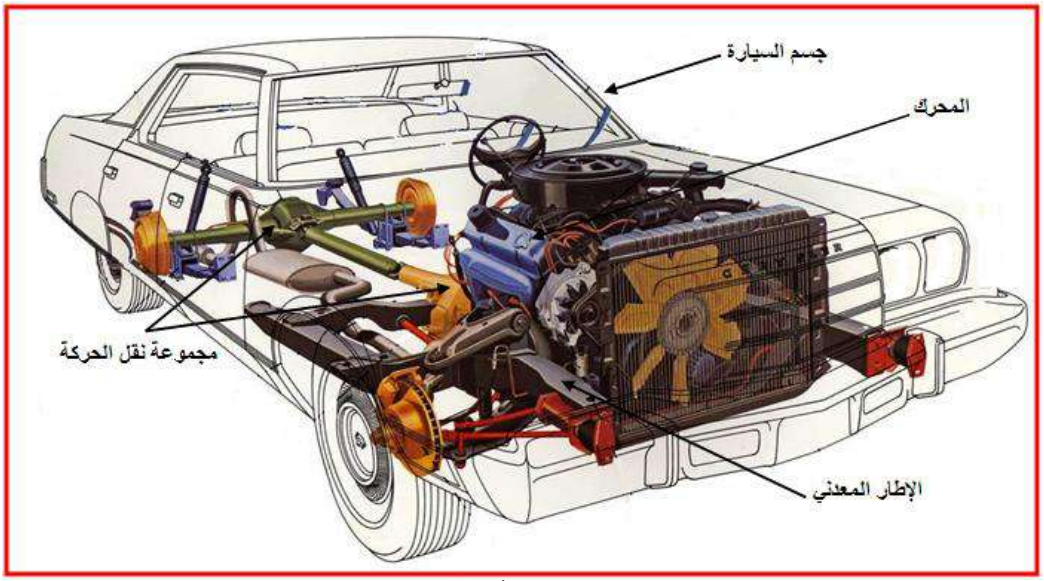
تواصل تطور السيارة إلى شكله الحالي المتألف من :

- المحرك موضوع أمام السيارة.
- المشع أمام المحرك ومعه المروحة.
- زيادة عدد الاسطوانات إلى أربع.
- استعمال صندوق التروس الذاتية (الأوتوماتيكية) بدلاً من اليدوية في نقل الحركة وبسرعات مختلفة.
- استعمال نظام السحب الأمامي والدفع الخلفي في نقل الحركة.

2-3 الأجزاء الرئيسة للسيارة Main Parts of Car

تتكون السيارة من الاجزاء الرئيسية ،كما في الشكل (3-3) وهي :

1. الجسم والإطار المعدني (The Body and Metallic Frame).
2. المحرك (The Engine).
3. صندوق التروس (Gear Box).
4. مجوعة نقل الحركة (Motion Transmission Group).

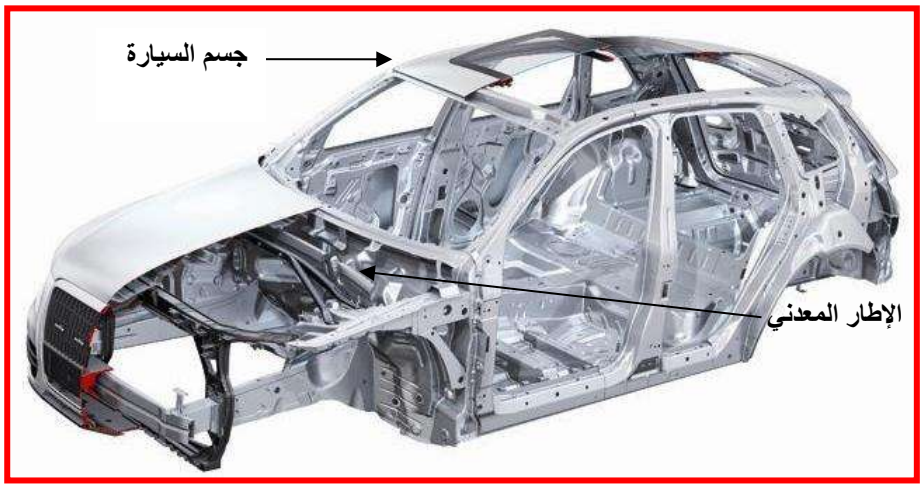


شكل 3-3 أجزاء السيارة

1. الجسم والإطار المعدني (The Body and Metallic Frame) :

الجسم هو الجزء الخارجي من السيارة ويحيط أجزاء السيارة الأخرى كلها ويعمل على حماية ركاب السيارة، يصمم جسم السيارة ليعطي مظهراً جميلاً للسيارة ويتناسب مع قدرة السيارة في الحركة، يرتبط جسم السيارة بالإطار المعدني ويثبت بها جيداً.

الإطار المعدني (الشاصي)هو جزء أساس ومهم في أي سيارة إذ تثبت عليه أجزاء السيارة كلها، يتكون الإطار المعدني للسيارة من معدن ثقيل وقوي (عبارة عن سبائك من المعادن) يعطي القوام المتين للسيارة ويستند عليه المحرك ويحمل جسم السيارة والأجهزة والمنظومات في السيارة كلها ويرتكز على العجلات بأجهزة تعليق وتخفيف الصدمات،والشكل (3-4) يمثل مقطع لسيارة يظهر به الجسم والإطار المعدني.

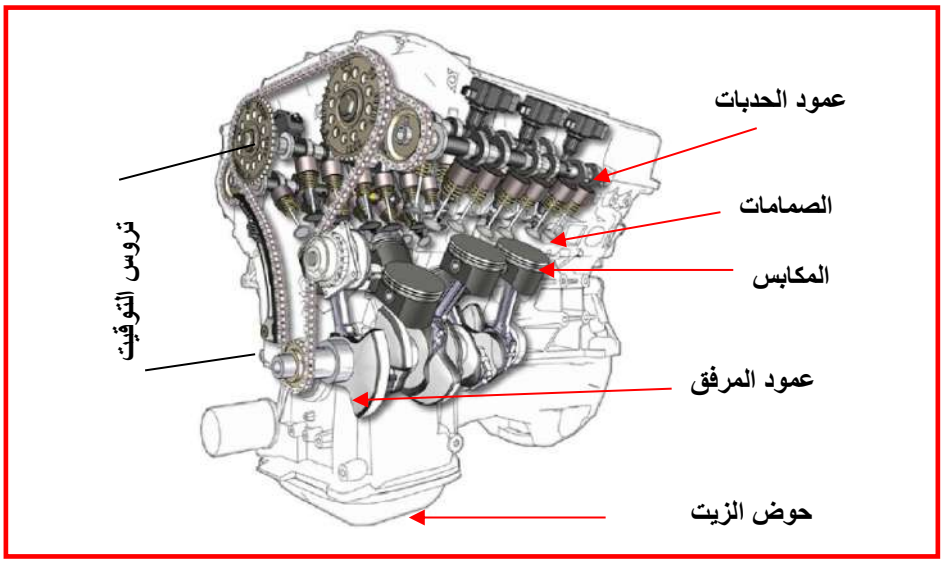


شكل 3-4 مقطع لسيارة يظهر به الجسم والإطار المعدني

2. المحرك (Engine) :

هو الجهاز الذي يوفر القدرة للسيارة، فيعمل المحرك بكل ما يحتويه من أجزاء ليعطينا في النهاية الحركة، يعمل المحرك باحتراق المزيج في الداخل وعن طريق شرارة كهربائية تطلقها شمعة القدح في محركات البنزين.

يتألف المحرك من مجموعتين من الأجزاء يطلق على المجموعة الأولى الأجزاء الثابتة وتشمل غطاء الأسطوانات وكتلة الأسطوانات وحوض الزيت ومجمع السحب العادم،أما المجموعة الثانية فتسمى الأجزاء المتحركة وتشمل المكابس وأذرع التوصيل والصمامات وعمود الحدبات وتروس التوقيت وعمود المرفق، وشكل (3-5) يوضح صورة لمحرك الاحتراق الداخلي.

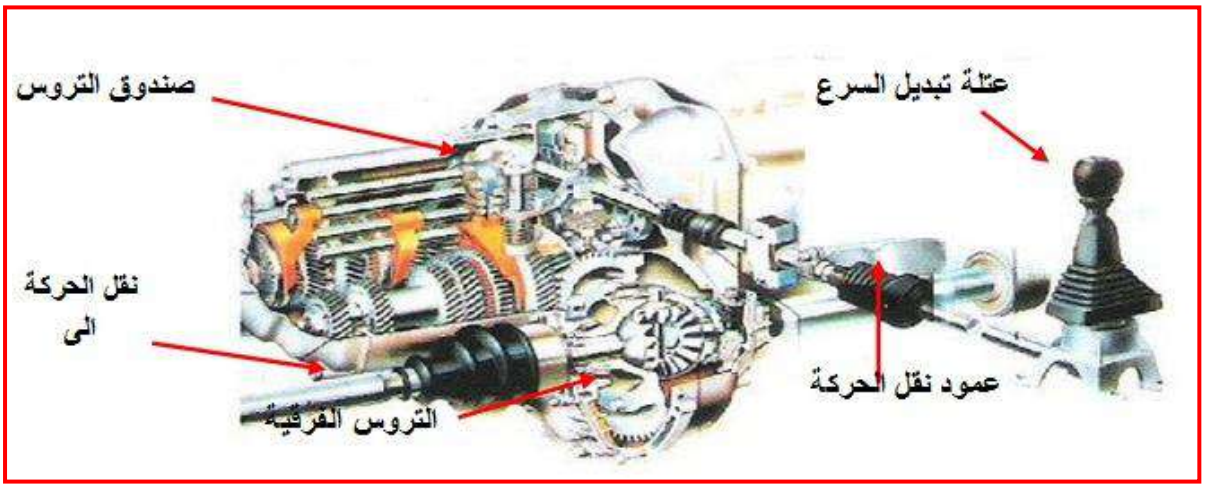


شكل3-5 شكل محرك الاحتراق الداخلي

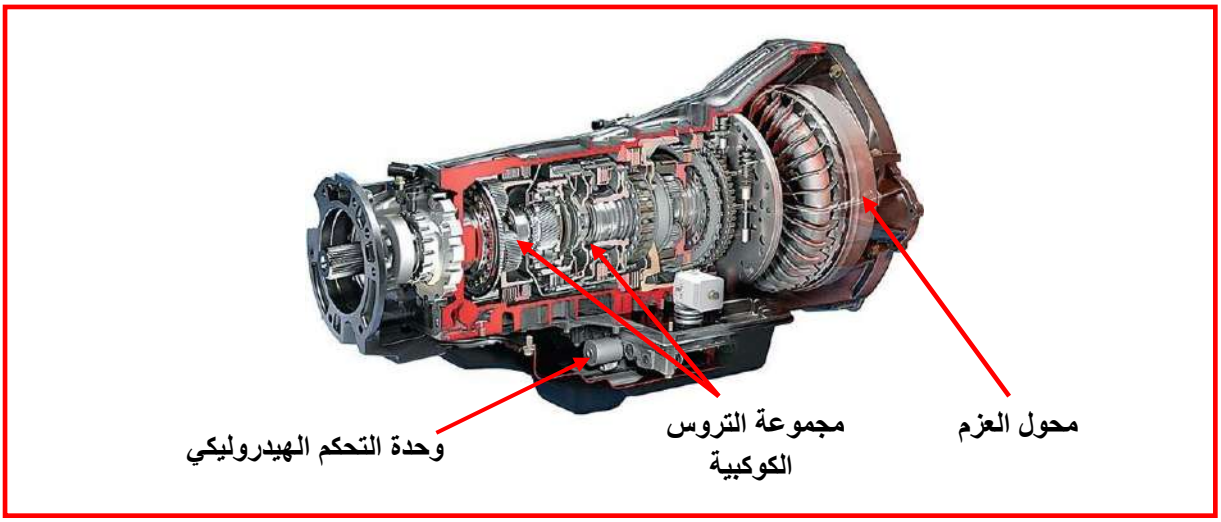
يحتوي المحرك على مكابس تتحرك بداخل أسطوانات(عملية الاحتراق الداخلي تجري داخل غرفة الاحتراق المتصلة بالأسطوانة وتقوم المكابس بتدوير عمود المرفق)، وسنتطرق لذلك بالتفصيل في الفصول القادمة.

3.صندوق التروس (Gear Box) :

هو صندوق معدني وظيفته الأساسية تغيير سرعة السيارة من خلال تخفيض السرعة أومن خلال تحريك عتلة تبديل السرعة الموجودة قرب مقعد السائق، الذي يقوم بتحريكها حسب متطلبات القيادة.هناك أنواع كثيرة من صناديق التروس منها صندوق تروس اعتيادي (Manual Gear Box) ومنها ذاتي (أوتوماتيكي) (Automatic Gear Box). شكل (3-6) وشكل (3-7).

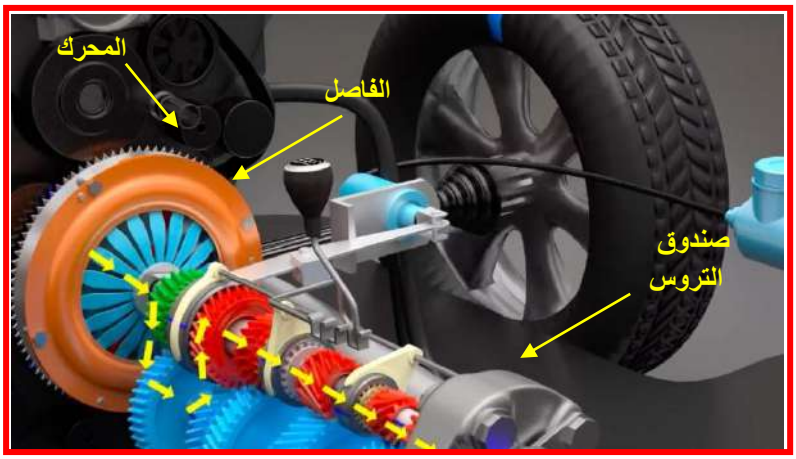


شكل3-6 صندوق تروس اعتيادي



شكل3-7 صندوق التروس الذاتي (الأوتوماتيكي)

يرتبط صندوق التروس من جهة المحرك بالفاصل (Clutch)،وهو عبارة عن قطعة الوصل بين المحرك وصندوق التروس. حين نفصل الحركة عن السيارة فإننا نفصل اتصال صندوق التروس عن المحرك عن طريق الفاصل، والشكل (3-8) يوضح موقع الفاصل في السيارة.



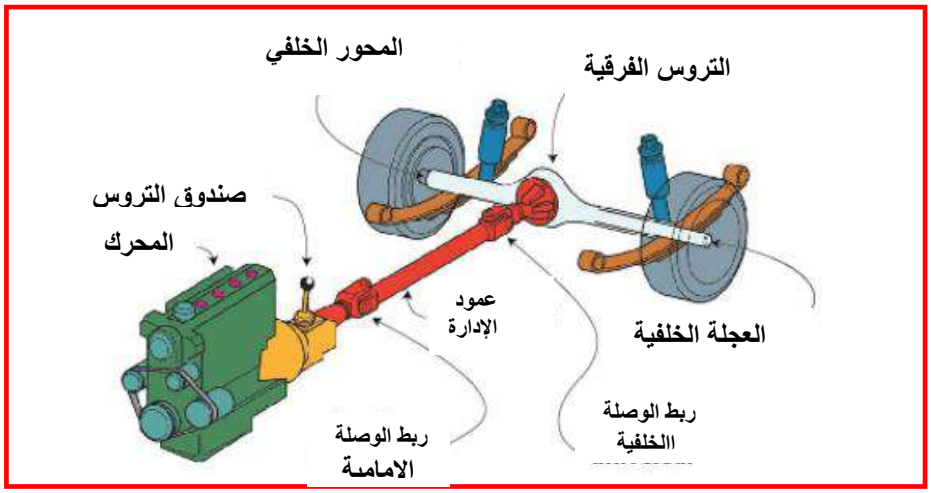
شكل 3- 8 موقع الفاصل في السيارة

4. مجوعة نقل الحركة (Motion Transmission Group) :

يجب أن تتوافر بالسيارة وسيلة لنقل العزم من عمود صندوق التروس إلى عجلات الحركة. سواء كان تحريك السيارة بواسطة العجلات الأمامية (سحب) F.W.D (Front Wheel Drive)، أم بواسطة العجلات الخلفية (دفع) R.W.D (Rear Wheel Drive) . وفي كلتا الحالتين يجب تركيب بعض العناصر بين صندوق التروس وبين عجلات الإدارة وهي بالتحديد:

- عمود الإدارة (Propeller Shaft) لنقل الحركة إلى العجلتين الخلفيتين عندما يكون المحرك في مقدمة السيارة.
- مجموعة التروس الفرقية.
- أعمدة المحاور الخلفي .

في معظم المحركات التي يكون محركها في المقدمة، وعجلاتها الخلفية هي المحركة،يتطلب الأمر وجود عمود إدارة يعمل على نقل الحركة إلى المؤخرة،والشكل(3-9) يوضح عمود الإدارة الذي ينقل الحركة من صندوق التروس إلى المحور الخلفي.



شكل 3-9 عمود الإدارة (الية نقل الحركة الخلفية)

أسئلة الفصل الثالث

س1: متى صُنعت أول سيارة تعمل بمحرك بخاري؟

س2: ما الأجزاء الرئيسة في السيارة؟

س3: عرف الجسم والإطار المعدني في السيارة وبين أهميته.

س4: وضح الأجزاء التي يتألف منها المحرك.

س5: ما وظيفة صندوق التروس؟

س6: عرف مجموعة نقل الحركة واذكر أجزاءها.

الفصل الرابع

أجزاء المحرك

Parts of Engine

مقدمة

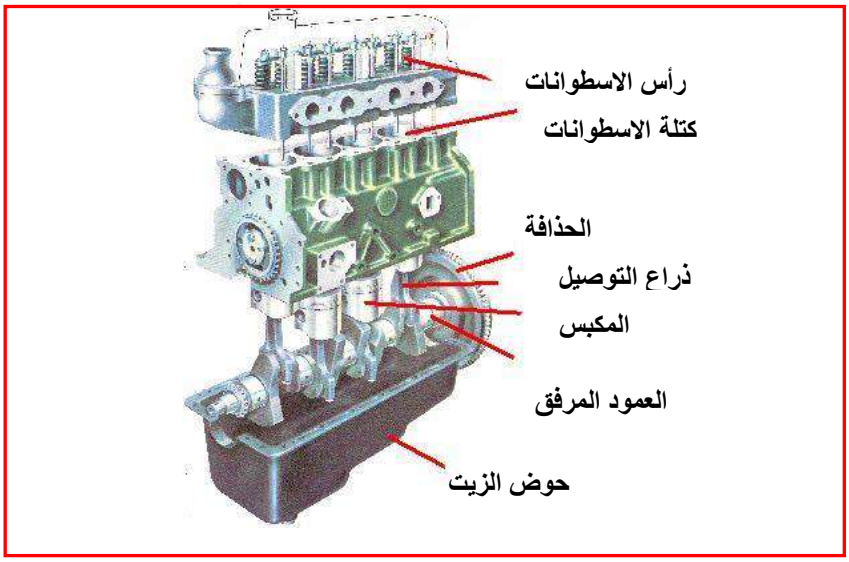
في هذا الفصل نستعرض أجزاء المحرك الثابتة والمتحركة ووظيفة كل جزء والأحمال والإجهادات التي تتعرض لها تلك الأجزاء فضلا على الشروط الواجب توافرها في تلك الأجزاء والمواد التي تصنع منها تلك الأجزاء.

4-1 المحرك The Engine

يقوم المحرك بتحويل طاقة الانفجار الناتجة عن احتراق الوقود إلى ضغط داخل الأسطوانات مؤدياً إلى حركة المكابس حركة خطية والتي تنتقل إلى ذراع التوصيل من ثم إلى العمود المرفق الذي يحول الحركة الخطية إلى حركة دورانية وبواسطة أجهزة نقل الحركة تنتقل الحركة الدورانية إلى العجلات فتتحرك السيارة.

4-2 المكونات الأساسية لمحرك الاحتراق الداخلي Parts Of Engine

يمكن تقسيم أجزاء المحرك الأساسية على أجزاء ثابتة وهي جسم المحرك الذي يشمل كتلة الأسطوانات وغطاء الأسطوانات وحوض الزيت ومجاري السحب ومجاري العادم. لاحظ الشكل (4-1).



شكل 4-1 محرك الاحتراق الداخلي

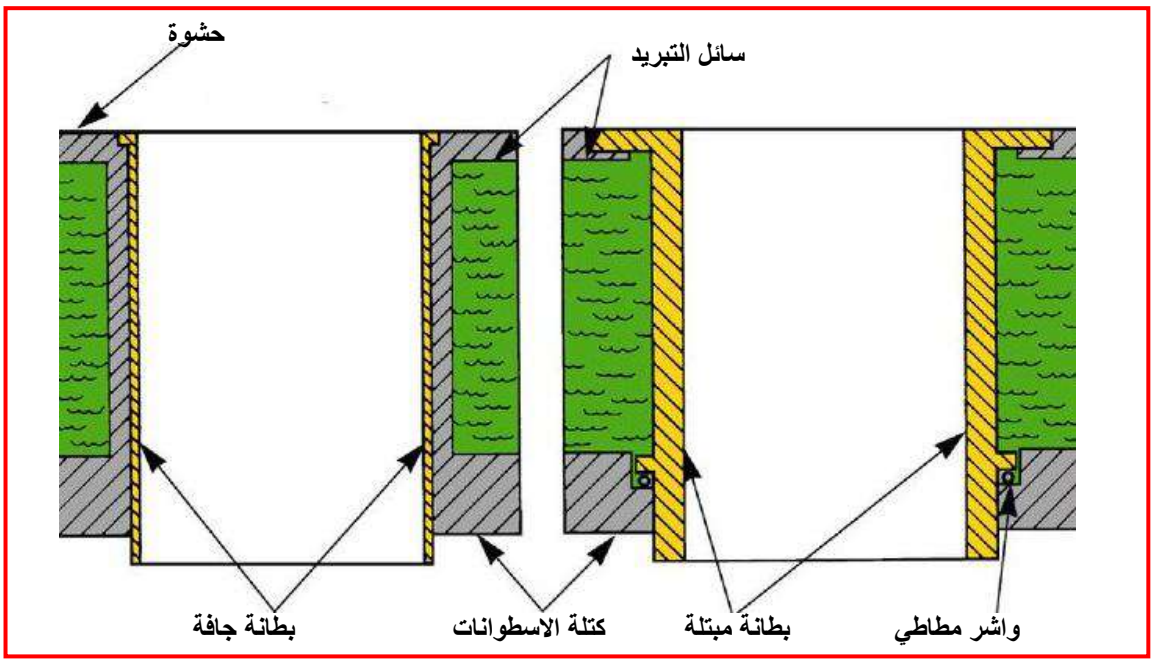
4-3 أجزاء المحرك الثابتة :

4-3-1 كتلة الاسطوانات Block Cylinders

كتلة الأسطوانات كما مبينة في الشكل (4-2) يجب أن تصمم على أساس تحملها للقوى الكبيرة المؤثرة في سطح المكبس والتي تصل إلى 150 طناً في المحركات الكبيرة وبقوة 10 أطنان بالاتجاه الجانبي. وتزود

كتلة الأسطوانات تجاويف أسطوانية الشكل كثيرة تسمى الأسطوانات،عادة ما تكون بشكل أسطوانة مجوفة (بطائن) وقد تكون هذه البطائن جافة يحيط بها غلاف من الحديد الزهر الرمادي أو معدن خفيف يلامسها بطول محيطها الكلي، أو قد تكون مبتلة محكم رباطها من أعلى ومن أسفل في حين تحيط مياه التبريد بمنطقتها الوسطى مباشرة، شكل (4-3) يوضح الفرق بين البطانة الجافة والمبتلة.

شكل 4-2 كتلة الإسطوانات



شكل 4-3 الفرق بين البطانة الجافة والمبتلة

4-4-3-2 غطاءالاسطوانات Cylinder Head

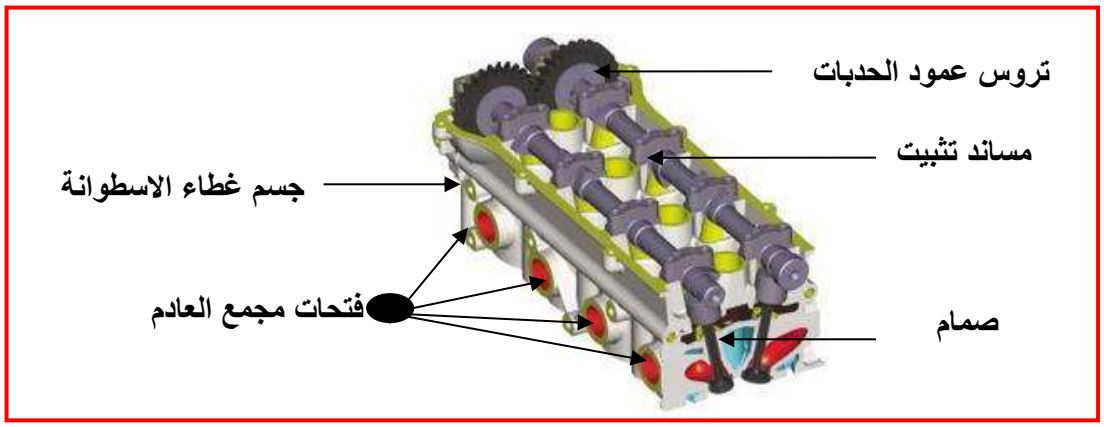
عبارة عن سطح يغطي الأسطوانات من الأعلى يحتوي على غرفة الاحتراق وفتحات الصمامات (السحب والعادم) فضلا على فتحة شمعة القدح أو الرشاش (النوزل) حسب نوع المحرك كما مبين في الشكل(4-4)، غالباً ما تسبك غطاء الأسطوانات من قطعة واحدة في المحركات المبردة بالماء وتصنع من سبائك حديد الزهر الرمادي أو الألمنيوم لخفة الوزن ويصنع على شكل قطع منفصلة في المحركات المصممة تشبه حرف (V)، أما غطاء الأسطوانات في المحركات المبردة بالهواء فإنها تصنع من سبائك الألمنيوم وعلى شكل قطع منفصلة ومزودة بالزعانف لزيادة مساحة التبريد، وأكثر الإجهادات المؤثرة في سطح الأسطوانات هو الاعوجاج Warping بسبب الإجهادات الحرارية أو بسبب الشد الغير المتماثل للربطات أو تلف الحشوات.

ويعتمد تصميم غطاء الأسطوانات على اختيار غرفة الاحتراق. إذ أن تصميم غرفة الاحتراق يعتمد على العوامل الآتية :

1- وضع الصمامات (موقع الصمامات).

2- موقع شمعة القدح أو حاقن (في حالة الديزل).

3- نسبة الانضغاط (إذا كان محرك بنزين أو ديزل ويعدُّ محرك الديزل ذو نسبة انضغاط عالية مقارنة بمحرك البنزين).

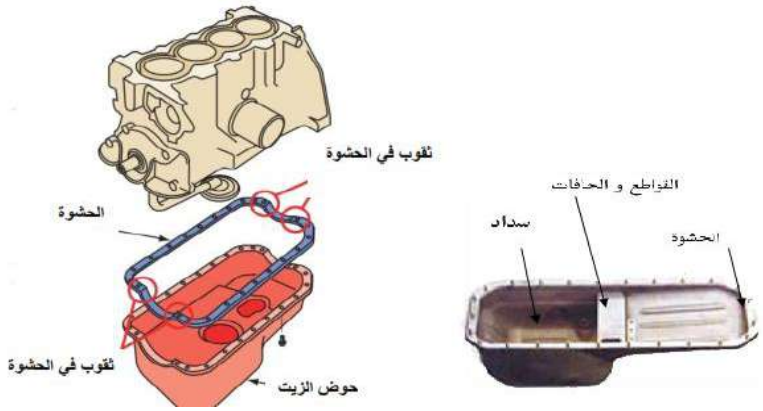


شكل 4-4 رأس الأسطوانات

وتستعمل حشوه رأس الأسطوانات لمنع تسرب الغازات من غرفة الاحتراق فضلاً على منع تسرب مياه التبريد إلى داخل الأسطوانات ومنع خلط الزيت مع الماء.والخاصية الأساسية لهذه الحشوات هي مقاومة الحرارة العالية والإجهادات الناتجة من الضغط العالي. وتصنع على شكل طبقات مكبوسة عادة من لوحين من الفولاذ أو النحاس بينهما لوح من الاسبستوس الاعتيادي أو المعالج كيميائياً، وهي لا تؤمن مرونة كافية عند اختلاف شد البراغي على سطح الأسطوانات، والحشوات تتأثر بشكل كبير في قوة الربط ، ولهذا السبب يجب أن تكون قوة الربط متساوية على غطاء الأسطوانات مع جسم المحرك (عزم شد براغي الربط حسب مواصفات الشركة المنتجة)، إذ أن أي اختلاف سيؤدي إلى تلفها بشكل سريع.هذه الحشوات تتمتع بمرونة عالية مع تحمل لدرجات الحرارة العالية لتغطية الأسطح حتى لو كانت هناك نقر أو ندب notches بحدود (0.05 mm – 0.3 mm).

3-3-4 حوض الزيت Oil Pan

هو الجزء السفلي المرتبط بجسم المحرك يرتبط بواسطة براغي كما مبين في الشكل (4-5).



شكل 4-5 حوض الزيت

4-3-4 مجاري السحب والعادم Exhaust And Intake Channels

تعدُّ من الأجزاء الملحقة الثابتة المربوطة على المحرك. يختلف تصميمها من محرك إلى آخر قد تكون مجمعة قرب بعضها أو منفصلة.مجاري الدخول يعتمد تصميمها على نوع المحرك أو ترتيب الأسطوانات أذا ما كانت في خط مستقيم أو على شكل حرف (v). إن 60% من الوقود يتبخر حال الوصول إلى غرفة الاحتراق ويبقى القسم الباقي سائلاً وعلى شكل قطرات تنساب إلى غرفة الاحتراق بسرعة عالية تقدر (330 km\h) وعندما تصل سرعتها إلى (55 km\h) تنفصل هذه القطرات وخاصة بالسرعة الواطئة مسببة مشاكل في عملية الاحتراق لذا تصمم مجاري الدخول بشكل صحيح للحد من هذه الظاهرة بحيث تبقى قطرات البنزين معلقة في المجرى ولا تدخل إلى داخل المحرك من خلال عمل تعرجات في مجاري الدخول، أما التصاميم التي تكون فيها المجاري حادة فتزيد من فصل هذه القطرات كونها أثقل من بخار البنزين وبالتالي تزيد في الحركة المضطربة للوقود الداخل، وتكون مجاري الدخول كبيرة خاصة في المحركات السريعة لضمان دخول أكبر كمية من خليط الهواء والوقود وخاصة في السرعة العالية، وكذلك تُقصَر ويُجعل سطحها ناعماً لزيادة المقدرة الحجمية للمحرك (تقليل السطوح الخشنة المقوسة).

يجب طرد غازات العادم كلها من الأسطوانات وتنظيفها لفسح المجال لدخول شحنة نقية داخل أسطوانات المحرك ويفضل مجاري العادم القصيرة والتي تربط بكاتم للصوت الغرض منه امتصاص الصوت العالي الناتج من انفجار غازات الاحتراق الملتهبة الناتجة من الاحتراق عند فتح صمام العادم فجأة، وغالباً ما تصمم مجاري العادم بمقاطع دائرية ذات ملمس ناعم،وشكل (4-6) يوضح مجاري السحب والعادم.

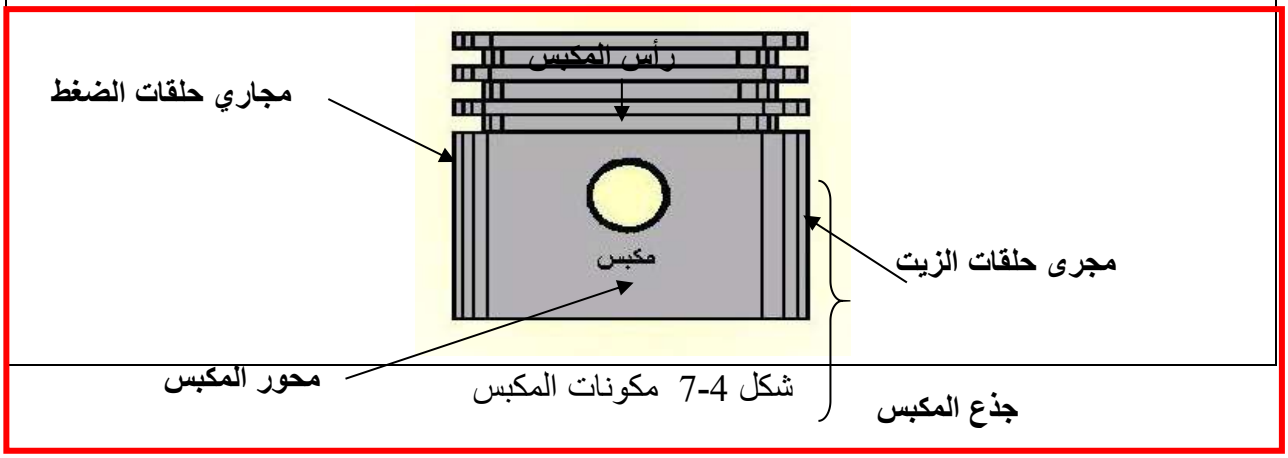
شكل 4-6 مجاري العادم

4-4 أجزاء المحرك المتحركة Movable Engine Parts

4-4-1 المكبس Piston

هو جسم أسطواني مغلق من الأعلى ومفتوح من الأسفل يتصل من الجهة السفلى بالنهاية الصغرى لذراع التوصيل بواسطة محور المكبس كما مبين في الشكل (4-7) حيث يقوم المكبس بضغط الشحنة حتى تحترق بواسطة شمعة القدح بعدها ينزل إلى النقطة الميتة السفلى ناقلة قوة الانفجار إلى ذراع التوصيل المتصل به وعليه في هذه الحالة أن يمنع الغازات من التسرب خلال شوط الضغط ويحصل ذلك بواسطة حلقات الضغط كذلك يقلل الاحتكاك مع الأسطوانة بواسطة حلقة الزيت، فضلاً على ذلك أنه في المحرك الثنائي الشوط يتحكم في حركة الغازات في الأسطوانة وله دور مهم في عملية الكسح Scavenging وفي

بعض تصاميم غرف الاحتراق في محرك الديزل يكون سطح المكبس جزءً من غرفة الاحتراق.ويتعرض المكبس من جراء عمله إلى إجهادات شديدة حيث يصل الضغط إلى أكثر من طن (يصل الضغط في محرك الديزل إلى (60 bar) وفي البنزين (30 bar) ودرجة الحرارة تصل في سطحه عند الاشتعال إلى أكثر من (400°C) (فضلا على قوة الاحتكاك بينه وبين الأسطوانة، علاوة على عزم القصور الذاتي الذي يتغير بالقيمة والاتجاه كذلك ضربة المكبس الجانبية على سطح الأسطوانة.



شكل 4-7 مكونات المكبس

ويمكن تقسيم المكبس إلى سطح المكبس (Crown) ومنطقة الحلقات المكبس وجسم المكبس أو الجذع (Skirt) الذي يحتوي على إصبع أو محور المكبس (Pin Piston).

المواصفات الواجب توافرها في المكبس:

1- مقاومته لدرجات الحرارة العالية حيث يتعرض الرأس لأعلى درجات الحرارة وتتناقص درجة حرارة المكبس كلما اتجهنا نحو أسفل الجذع.

2- المقاومة العالية للضغوط الناتجة من احتراق المزيج داخل غرفة الاحتراق.

3- الوزن الخفيف لكي نقلل من الفقدان في القدرة.

4- الإحكام يجب اختيار المكبس بحيث يكون قطره الخارجي أقل من القطر الداخلي للأسطوانة ويؤخذ في عين الاعتبار تمدد المعدن بعد تسخين المكبس وبهدف تخفيف الطاقة الضائعة بالاحتكاك تُركب حلقات المكبس لتؤدي وظيفة الإحكام.

5- قابلية نقل الحرارة حيث يتعرض إلى درجة حرارة عالية تصل ما بين (1500 °C إلى 2500 °C) ولهذا يجب أن يكون معدن المكبس قادراً على نقل هذه الحرارة إلى مياه التبريد عبر جدران الأسطوانة أو عبر زعانف التبريد.

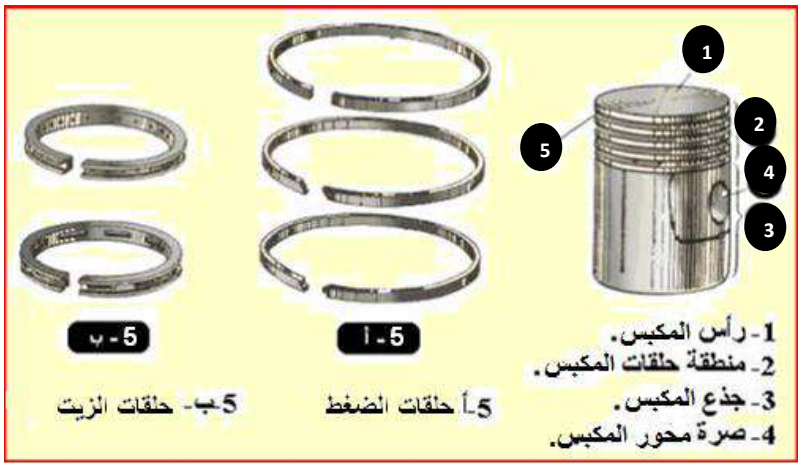
6- خاصية الانزلاق لتخفيف قوة الاحتكاك بحيث يكون السطح مطاوعاً ومقاوماً للتآكل.

4-4-2 حلقات المكبس Piston Rings

حلقات المكبس تنقسم حسب وظيفتها على نوعين هما كل من حلقات الضغط وحلقات الزيت.حيث توجد حلقتان أو ثلاث حلقات إنضغاطية وحلقة زيت واحدة في المحركات التي تعمل على البنزين، وكما هو مبين في الشكل (4-8).

تؤدي الحلقات الوظائف الآتية:

1- منع تسرب الغازات من غرفة الاحتراق أو حيزه إلى علبة المرفق.
2- منع وصول الزيت إلى غرفة الاحتراق.
3- نقل الحرارة من رأس المكبس إلى جدار الأسطوانة.



شكل 4-8 أجزاء المكبس

تصنع مادة الحلقات في الغالب من سبائك حديد الزهر الرمادي (Gray Cast Iron) مع النيكل المقاوم للتآكل المطلي بالمواد المقاومة للتآكل، وهذه المواد تسمح بمقاومة إجهادات عالية. يجب أن تمتلك مادة الحلقات المرونة مع الاحتفاظ بخواص انزلاق جيدة لكي تتحمل الحلقات الضغط العالي ودرجات الحرارة العالية فضلاً على الاحتكاك. مع مراعاة التمدد والانكماش بسبب تغير درجة الحرارة (في حدود المرونة) ومقاومة المادة للصدأ والتآكل.

القوى المؤثرة في مجموعة المكبس:

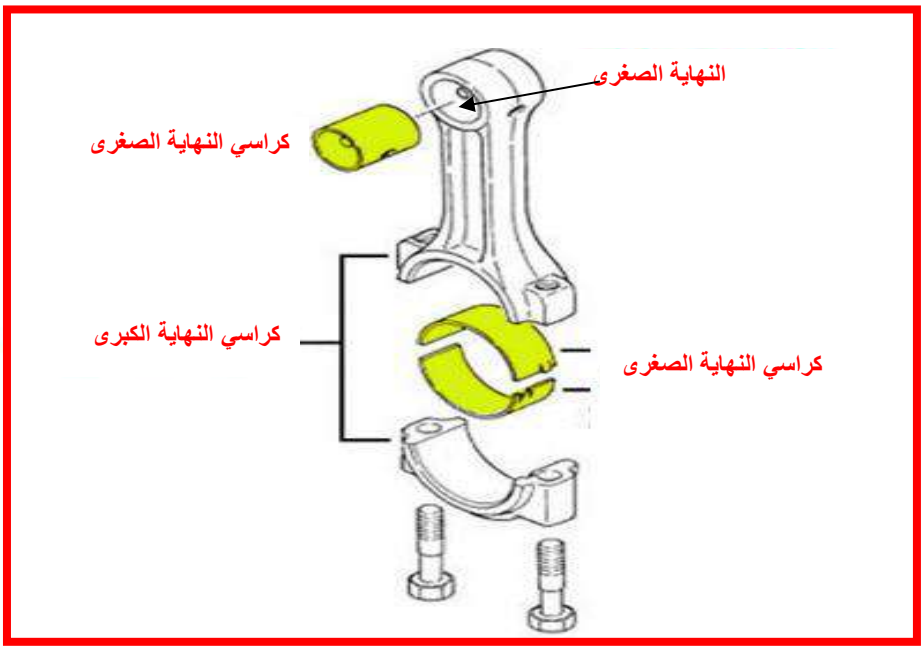
1- قوة ضغط الغازات على سطح المكبس وهي معاكسة لقوى الاستمرارية (القصور الذاتي للمجموعة).
2- القوى الجانبية أو ما تسمى بضربة المكبس على الاسطوانة.
3- القوى المحصلة على ذراع التوصيل وهذه القوى تعتمد على :

1- وزن المجموعة.
2- وضع مقدار زاوية عمود المرفق.
ج- التعجيل الناتج من سرعة المكبس.

3-4-4 ذراع التوصيل Connecting Rod

هو الجزء الذي يصل المكبس بعمود المرفق شكل (4-9) ويقوم ذراع التوصيل بالوظائف الآتية :

1- نقل القوة من المكبس إلى عمود المرفق.
2- توليد عزم التواء على عمود المرفق وبالتالي تتحول الحركة الترددية للمكبس إلى حركة دورانية.



شكل 4-9 ذراع التوصيل

الخواص الواجب توافرها في ذراع التوصيل :

1- مقاومة عالية للانبعاج الناتج من ألحني بسبب القوة الكبيرة المؤثرة على المكبس والتي تتراوح مابين (20 kN - 30 kN) ويعتمد على طول ذراع التوصيل.

2- مقاومة عالية لإجهاد الشد و ينتج الإجهاد من قوى القصور الذاتي الكبيرة على المكبس.

3- خواص انزلاق وتزييت جيدة في الكراسي (للنهاية الكبرى والصغرى) للتخلص أو تقليل أثر الاحتكاك.

4- خفة الوزن بحيث لا يتولد اهتزاز بالمحرك مع امتلاك صلابة وصلادة جيدتين لمادة الذراع.

يمكن تقسيم الذراع التوصيل إلى :

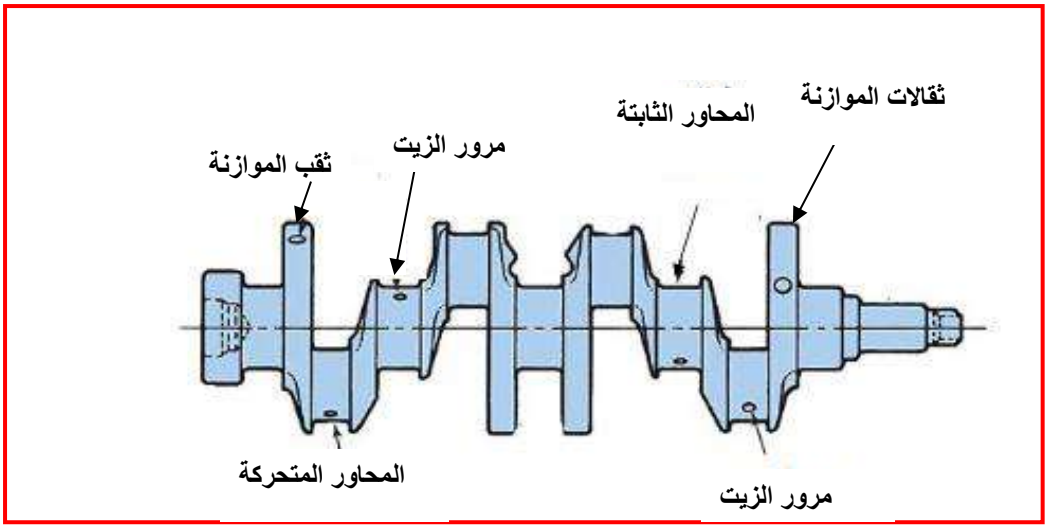
1- **النهاية الصغرى (Small End)**: بواسطتها يرتبط ذراع التوصيل بالمكبس بواسطة محور المكبس (Piston Pin) بداخل محمل مصنوع من البرونز. لتحسين خاصية الانزلاق يجب أن يكون الخلوص ما بين محور المكبس والجلبة (1.3 mm).تصنع المحامل من سبائك البرونز- الألمنيوم والمغلفة بالرصاص والقصدير أو النحاس (copper، tin ،aluminum lead) أو سبيكة من الحديد والألمنيوم أو الحديد والقصدير، وقد يزاد عليه الفسفور.

2-**ساعد ذراع التوصيل (Rod)**: يكون مقطع ساعد ذراع التوصيل على شكل I . ويتميز بقساوة عالية وكتلة صغيرة نسبياً (يصنع من سبيكة التيتانيوم - ألمنيوم أو من حديد الزهر) بواسطة الحدادة المطروقة. ويمتاز هذا المقطع بمقاومة كبيرة للتحدب كما يسمح بتدريج انتقال مناسب للساعد إلى كل من النهايتين الصغرى والكبرى لذراع التوصيل.

3- **النهاية الكبرى(Big End)**: وهي النهاية المرتبطة بعمود المرفق (Crank Shaft) وتصنع من نصفين بكراسي انزلاقي الجزء السفلي منها ما يسمى بالغطاء (Cup) أو النهاية الكبرى لذراع التوصيل ويثبت باستعمال براغي، يعمل في بعض التصاميم بصورة مائلة ليسهل عملية التفكيك والإصلاح حيث ترتبط بالبراغي المصلدة المقاومة للكِلال والإجهادات الميكانيكية والحرارية.

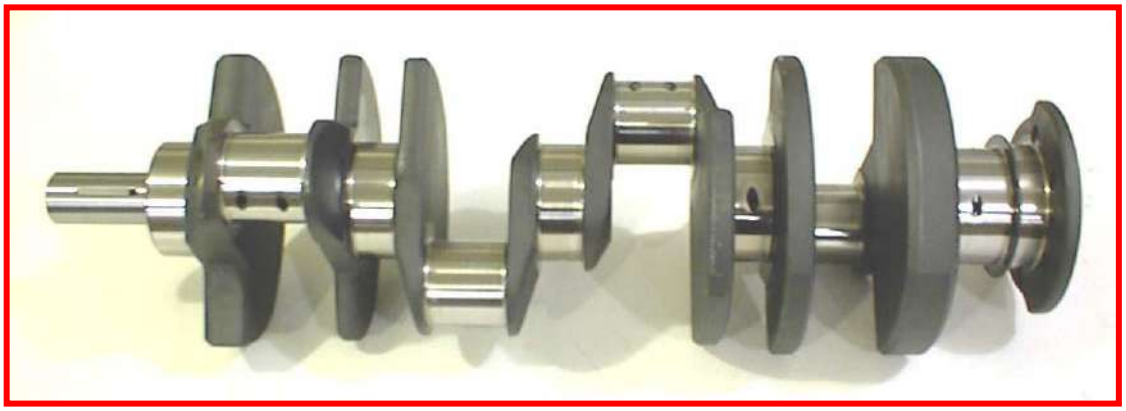
4-4-4 عمود المرفق Crank Shaft

يتكون عمود المرفق من كراسي رئيسة ونهايات كبرى، وعدد الكراسي الرئيسة أكثر من عدد النهايات الكبرى ويسمى بالعمود القلاب كونه مثنياً بزوايا قائمة في أكثر من موقع وبواسطة عمود المرفق تتولد الحركة الدورانية وينتقل العزم إلى الحذافة المرتبط به ويتصل بعمود الحدبات بواسطة تروس التوقيت، شكل (4-10).



شكل 4-10 عمود المرفق لمحرك اعتيادي

حيث يعتمد شكل وترتيب هذه الكراسي مع النهايات الكبرى على نوع المحرك (رباعي الشوط أو ثنائي الشوط) أو شكل V أو الأسطوانات مرتبة بخط مستقيم، شكل (4-11).



شكل 4-11 عمود المرفق لمحرك حرف V

في مقدمة العمود يحمل ترس العمود المعشق مع ترس عمود الحدبات (Camshaft) ومانع الاهتزازات كذلك بكرة العمود الحاوية على عدة مجاري لتشغيل مروحة التبريد ومضخة الماء والمولد كذلك مجرى آخر بالبكرة لتشغيل مضخة التوجيه الهيدروليكية ومجرى آخر في البكرة لتشغيل ضاغط الهواء أما مؤخرة العمود فيحمل الحذافة.

عمود المرفق يصنع من سبائك خاصة من الفولاذ المطروق المسبوك أو سبائك حديد الزهر المقسى والمعامل حرارياً (Casting or Heat Treated Alloy) والعناصر السبيكة من النحاس والكروم والسيلكون.

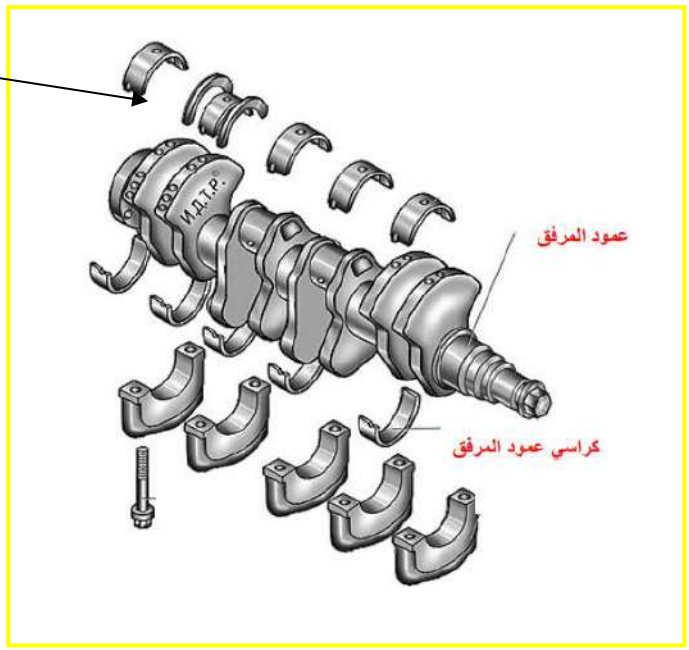
4-4-5 كراسي عمود المرفق Crank Shaft Bearing

هي عبارة عن بطانة لينة إذا ما قورنت بعمود المرفق ويستند إليها عمود المرفق ويدور بداخلها ذراع التوصيل. وتمتاز هذه كراسي المحاور بالموصلية العالية لدرجات الحرارة وذلك لتسريب الحرارة الناتجة من الاحتكاك وتكون ذات مقاومة عالية للتآكل وتكون سهلة التبديل وقليلة التكاليف إذا ما قورنت بتكاليف عمود المرفق وذراع التوصيل. وتصنع كراسي المحاور الثابتة من سبائك الفولاذ وتبطن بمادة مقاومة للتآكل، إما

كراسي المحاور المتحركة فتصنع من سبائك أساسها القصدير أو الرصاص وتحتوي على نسب من الزنك والنحاس أو من سبائك البرونز والفسفور.

وتصنف الكراسي حسب الحمل المسلط عليها فمنها تتحمل الأحمال القطرية كما هـو مبين فـي الشكل(4-12) ومنها تتحمل الدفع الجانبي عادة ويتكون من حاشيتين، كما هو مبين في الشكل (4-13).

شكل 4-12 كراسي رئيسة

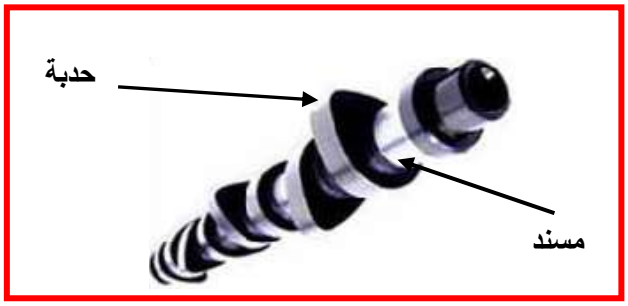


شكل 4- 13 الكراسي الرئيسة التي تمتص الدفع الجانبي

6-4-4 عمود الحدبات Cam Shaft

يقوم عمود الحدبات بفتح الصمامات بالارتفاع المناسب وبالوقت المناسب وغلقها كذلك بواسطة عمود الحدبات تشغل مضخة الوقود ومضخة الزيت مع تدوير عمود موزع الشرارة في السيارات القديمة .يصنع العمود بالسباكة أو بالحدادة بالمطرقة الساقطة لفولاذ سبائكي ويصنع من حديد الزهر الرمادي أو حديد الزهر ذي الكرانيت الكروي. والشكل (4-14) يوضح عمود الحدبات،ويعمل له تقسية لزيادة صلابته ومتانته حيث يتعرض إلى إجهادات الثني والاحتكاك.

في المحركات الحديثة يستعمل 16 صمام لأداء المحرك مما يستوجب استعمال عدد 2 من أعمدة الحدبات (DOHC).



شكل 4-14عمود الحدبات

يعتمد تصميم عمود الحدبات على النقاط الآتية :

1- تصميم المحرك من ناحية ترتيب الأسطوانات بشكل خط مستقيم أو على شكل (v)أو أسطوانات متقابلة.
2- اختيار طريقة إدارته بواسطة عمود المرفق، أي نوع من الارتباط مع عمود المرفق.
3- موقع العمود بالوسط أو قرب عمود المرفق أو في أعلى غطاء الأسطوانات (OHC).
4- توقيت الصمامات لكل من صمام الدخول والعادم والذي يعتمد على سرعة المحرك.

7-4-4 الحذافة Fly Wheel

هو عبارة عن قرص دائــري ثقيل الوزن مصنوع من الفولاذ يحيط به قرص فولاذي مسنن، كما في الشكل (4-15) يختلف حجمه باختلاف نوع المحرك وعدد الأسطوانات وسرعة دورانه ويربط بعمود المرفق من جهته الخلفية ويقوم بالمهام الآتية:-

1- خزن الطاقة من شوط القدرة (الفعال) ونقلها إلى العمود خلال الأشواط الأخرى وبذلك يتحقق هدوء دوران المحرك، وتكون الحذافة كبيرة الحجم للمحرك ذي الأسطوانة الواحدة أو الأسطوانتين لضمان التوازن وهدوء الدوران، فهي تحتفظ بالسرعة الثابتة ومنع التغير المفاجئ للسرعة إذا حدث تغير مفاجئ للأعمال.

2- يقوم بمهمة تدوير المحرك وتشغيله عن طريق جهاز بدء الحركة (Starter Motor) بواسطة الترس الحلقي المركب على محيطه.

3- يقوم بنقل الحركة الدورانية إلى أجهزة نقل الحركة عن طريق القابض (Clutch).

شكل 4-15 الحذافة

8-4-4 الصمامات valves

في المحركات الرباعية الأشواط هنالك صمامان في كل أسطوانة من المحرك، هما صمام السحب الذي يتحكم بدخول الشحنة أو الخليط النقي إلى الأسطوانات وصمام الخروج الذي يتحكم في خروج غازات العادم. وفي المحركات الحديثة تحتوي الاسطوانة الواحدة على أربعة صمامات.

يتكون الصمام من رأس الصمام وساق الصمام ومنطقة الاستدارة بينهما تسمى منطقة وجه الصمام، كما في الشكل (4-16).

شكل 4-16 أجزاء الصمام

ونظراً لأن سرعة دخول الشحنة أقل من سرعة خروج غازات الصمام، فإن رأس صمام الدخول يكون أكبر من نظيره في صمام العادم، كما هو مبين في الشكل (4-17).

شكل 4-17 صمامي السحب والعادم

العوامل المؤثرة في اختيار الصمامات:

1- تصميم المحرك

تعتمد تصميم الصمامات على توزيع الصمامات وموقعها من الأسطوانات إن كانت في الوسط أو الجوانب، فهناك صمامات علوية أو صمامات جانبية أو موضوعة بصورة سفلية.

ويحدد موقع الصمامات وعددها الكفاءة الحجمية للمحرك مثلاً هنالك ثلاثة صمامات لكل أسطوانة اثنان منهما للسحب وواحد للعادم أو أربعة صمامات اثنان للسحب واثنان للعادم فالمحرك ذو أربع أسطوانات له (16 Valve) غالباً تكون زاوية ميل صمام العادم مساوية لزاوية ميل صمام الدخول (من محور الأسطوانات) في سبيل المثال بزاوية 40 درجة.

2-اختيار معادن الصمامات وسبائكها

تتعرض الصمامات لأحمال ميكانيكية صدمة (ضغط وشد وحني) كذلك لتأثيرات حرارية عالية خاصة لصمام العادم حيث تصل درجة الحرارة فيه إلى أكثر من (700 درجة سيليزية) فضلاً على التآكل الناتج من الاحتكاك (مع الدليل) والتآكل الكيماوي والإجهادات الميكانيكية الناتجة من ضربات الصمام على قاعدته.يجب أن تكون مادة الصمام مقاومة لهذه الظروف الصعبة كلها فضلاً على امتلاكها خاصية الموصلية الحرارية والتزليق العالي، فيصنع من الفولاذ ألسبائكي وعناصر السَّبك هي (الكروم والسليكون و المنغنيز) لصمامات الدخول والعادم (Steel- Cr- Si- Mn).

إما في حالة محركات السرعة العالية وذات الانضغاط العالية فتكون صمامات العادم لها عناية خاصة إذ تصنع من الفولاذ ألسبائكي المضاف إليه الكروم والسليكون والنيكل أو معدن الموليبدنيوم (Mo) (لوجود النيكل في السبيكة جعلها تتحمل درجات حرارة عالية تصل إلى850°C). أو تكون الصمامات مجوفة ومملوءة بالصوديوم لزيادة جودة الموصلية الحرارية (حيث درجة انصهار الصوديوم 138 درجة سيليزية).

فضلاً على اختيار معدن دليل الصمام ومقعد الصمام ونابض الصمام لما لهم من دور مساعد في إطالة عمر الصمام. ولزيادة متانة عمر الصمام يلجأ في بعض التصميمات إلى تغليف القسم المخروطي من الصمام أو تغطيته بطريقة مثل اللحام أو تغطية (Gladding) بسبيكة من (60% نيكل ، 15%كروم) أو إجراء تقسية كهرومغناطيسية (Induction Hardening) وتغليف ذراع الصمام بطبقة من الكروم بمقدار (25- 15) مايكرون أو سبيكة التنكستن كوبالت ليجعل الصمامات محافظة على صفاتها وخصائصها لملايين المرات من العمل المتكرر (لمدة أكثر من 10000 ميل) وهو ما يقارب 200 مليون دورة تشغيل. إذ أن منطقة العنق تعاني من تركيز للإجهادات الحرارية وبصورة دورية.

هنالك عاملان يجب التوفيق بينهما في الصمامات هما زيادة أقطارها لتحسين الكفاءة الحجمية وعامل التسرب الحراري وعامل تقليل الوزن منها لتقليل عامل الإستمرارية أو قوى القصور الذاتي.

3- التأثير الحراري في الصمامات

أكثر المناطق عرضة لدرجات الحرارة العالية هي وجه حافة صمام العادم حيث تصل درجة الحرارة إلى (760 درجة سيليزية). الشكل (4-18) يوضح توزيع الحرارة على صمام العادم، والتمدد الحراري المتكون بسبب ارتفاع درجات الحرارة له الأثر السلبي في وظيفة الصمام وهي منع التسرب أي خاصية الضبط Seal خاصة في شوطي الضغط والقدرة، أي عدم تسرب الحرارة، والضغط وكما ذكرنا يتطلب سبائك خاصة لتحمل درجات الحرارة العالية وفي بعض التصميمات نظراً لارتفاع ثمن هذه السبائك فإن رأس الصمام يكون من هذه السبائك وساق الصمام من الفولاذ الصلد.

درجة الحرارة لصمام العادم تتأثر في العوامل الآتية :

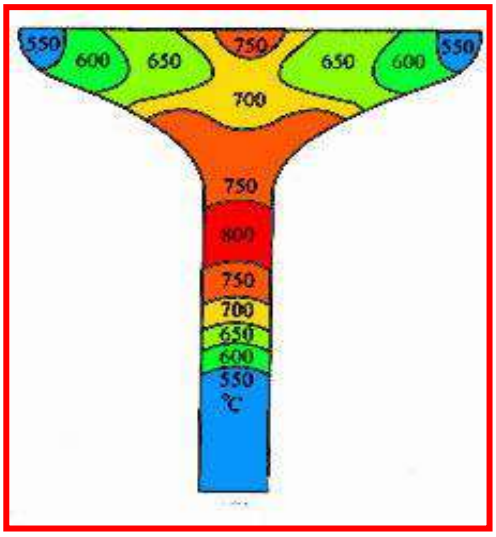
1- نسبة الهواء والوقود (عند النسبة الصحيحة أو الوقود الفقير يساعد في تبريد صمام العادم) ويجب ضمان التوزيع الصحيح للشحنة عند كل أسطوانات المحرك.

2- سرعة الغازات العادم التي تتناسب طردياً مع زيادة الحمل وسرعة الماكينة كونها تحتاج إلى وقود أكثر.

5- نسبة الانضغاط والمدة الزمنية للتداخل.

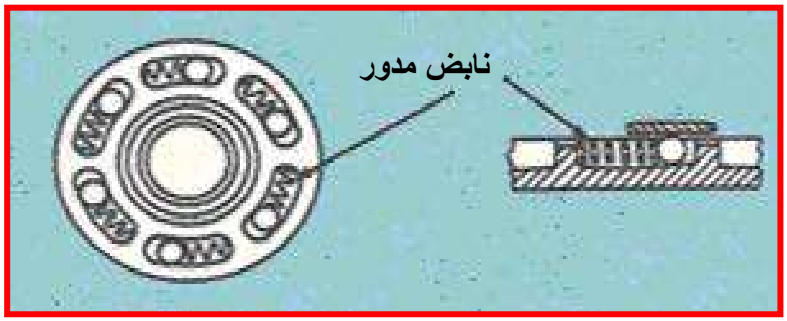
د-تصاميم ميكانيكية خاصة في تدوير الصمام ومقعد الصمام ونوابض الصمام ودليل الصمام.

و- دور التزييت وتبريد الصمامات.



شكل 4-18 توزيع درجات الحرارة على صمام العادم (درجة سيليزية)

يصل صمام العادم إلى أعلى درجة حرارة عند النسبة الصحيحة بينما الوقود الفقير جيد بتبريد الصمام العادم وتخفيف درجة حرارته أما الوقود الغني فيؤدي إلى احتمال تجمع الكربون وصرف وقود أكثر خاصة عند تحميل المحرك وهو بارد حيث يؤدي إلى تكثيف قطرات البنزين وزيادة التجمع الكربوني Smog الذي يؤدي إلى التصاق الصمام بدليله.أما البنزين الحاوي على إضافات الرصاص (نترات الرصاص) فإنه يسبب تآكل رأس الصمام.وللتزييت دور كبير في المحافظة على عمر الصمام من تقليل الاحتكاك،والتبريد في بعض تصاميم المحركات يوضع الصمام بصورة مائلة للمحافظة على خط زيت أكبر في دليل الصمام، وإبعاد حافة رأس الصمام من شمعة القدح قدر الإمكان، كما إن مشكلة التزييت في السرعة البطيئة للمحركات التي تعتمد على التزييت بالرش، كذلك عند السرعة العالية حيث تزداد كمية الزيت وصعوبة حلقات الزيت من منع دخول الزيت إلى غرفة الاحتراق، فضلاً على زيادة ضغط التخلل الذي يسبب في سحب كمية إضافية من زيت صمام السحب إلى داخل غرفة الاحتراق، لهذا يجب تحسين مانع التسرب للصمامات وتطويره في سبيل المثال يصنع من مادة التفلون، حيث عند تلف موانع التسرب هذه فإنها تسبب زيادة في استهلاك الزيت وهروب غازات العادم واحتراق الصمام، ونتيجة احتراق الزيت في دليله يسبب إعاقة حركته Valve Sticking أو تعليق الصمام (Hang Sup) الذي يؤدي إلى عدم انطباقه بصورة صحيحة على المقعد واحتراقه فيما بعد، وهذا يؤدي إلى ضعف قدرة المحرك.في بعض التصاميم يلجأ إلى تحريك الصمام أو تدويره بالدليل للتخلص من مشكلة التصاق البقع الساخنة وتوزيع الحرارة بصورة منتظمة، إذ أن هنالك نوعين من هذه الأنظمة هي Pree Valve وPositive Rotation حيث يوضع نابض مزود بكريات في أعلى الصمام، كما في الشكل (4-19) فعند صعود الصمام تضغط الكريات مسببة دوران الصمام عند نزوله.



شكل 4-19 نابض مدور في أعلى الصمام

أسئلة الفصل الرابع

س1: عدد الأجزاء الثابتة للمحرك.

س2: عدد أجزاء المحرك المتحركة.

س3:ما الفرق بين البطائن الجافة والمبتلة؟

س4: ارسم المكبس موضحاً عليه أجزاءه.

س5: عدد أنواع حلقات المكبس ووظيفة كل حلقة.

س6: ما الشروط الواجب توافرها في المكبس؟

س7: ما الشروط الواجب توافرها في حلقات المكبس؟

س8: ارسم عمود المرفق موضحا عليه الأجزاء.

س9: ما القوى المؤثرة في المكبس

س10: عدد أجزاء ذراع التوصيل.

س11: ما الشروط المطلوبة في النهاية الكبرى؟

س12: ما الحذافة؟ عدد وظائفها.

س13: ما المواد التي تصنع منها الصمامات؟

س14: بماذا تتأثر درجة حرارة الصمامات؟ اشرح ذلك.

س15: ما أهمية مدور الصمام ؟ اشرح ذلك.

الفصل الخامس

آلية عمل المحرك

Mechanism of the Engine Work

مقدمة

المحرك هو المصدر الأساس للقدرة في السيارات وهو الذي يجعل السيارة تتحرك، حيث يحترق خليط الهواء والوقود داخل غرفة الاحتراق فيولد ضغطاً عالياً الأمر الذي يؤدي إلى تحريك المكبس. وتنتقل حركة المكبس بواسطة ذراع التوصيل إلى عمود المرفق. إن المكبس وذراع التوصيل وعمود المرفق هي الأجزاء الرئيسة التي تقوم بتغيير الحركة الترددية للمكبس إلى حركة دورانية لعمود المرفق. يحتوي رأس الأسطوانات على صمامين هما صمام دخول الخليط إلى الأسطوانة وصمام خروج نواتج الاحتراق (العادم) خارج الأسطوانة، وبواسطة شمعة الاشتعال (ألبلك) تبدأ عملية الاحتراق.

إن الطاقة الناتجة من تمدد الغاز تنتقل عبر المكبس إلى ذراع التوصيل. يقوم ذراع التوصيل مع عمود المرفق بتحويل الحركة الترددية للمكبس إلى حركة دورانية لعمود المرفق.وبما أن شوط القدرة يستغرق جزء من الوقت الكلي، لذلك تستعمل الحذافة التي تقوم بخزن الطاقة وبدء التشغيل وتنظيم القدرة الخارجة من المحرك التي هي على شكل نبضات وبالتالي الحصول على دوران منتظم لعمود المرفق.وتعمل كامات عمود الحدبات على إدارة أذرع الرفع وكذلك الأذرع المتأرجحة (المطارق) لفتح الصمامات ضد قوة نوابض الصمامات.

1-5 المصطلحات الأساسية في المحرك Basic Engine Nomenclature

5-1-1 النقطة الميتة العليا ن .م. ع Top Dead center (T.D.C)

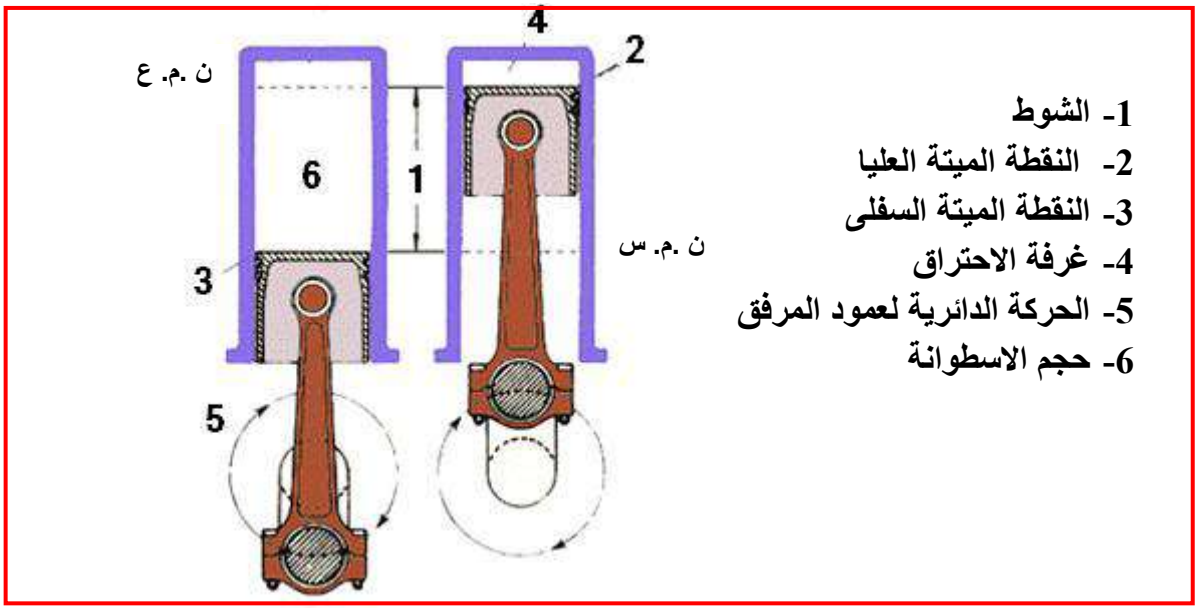
هي أعلى نقطة داخل الأسطوانة يصل إليها المكبس في شوطه صاعداً والتي يغير عندها المكبس اتجاه حركته من أعلى إلى أسفل، كما مبين في الشكل (5-1).

5-1-2 النقطة الميتة السفلى ن. م .س Bottom Dead center (B.D.C.)

هي أسفل نقطة يصل إليها المكبس داخل الأسطوانة في شوطه نازلاً، والتي يغير عندها اتجاه حركته من أسفل إلى أعلى، كما في الشكل (5-1).

5-1-3 الشوط Stroke

هو المسافة التي يقطعها المكبس داخل الأسطوانة بين النقطتين الميتة العليا والميتة السفلى، كما في الشكل(5-1) وهي تساوى نصف دورة من دورات عمود المرفق أي 180° من زوايا دوران عمود المرفق،وهو أحد العمليات التي تحدث على الشحنة والتغيرات التي تطرأ عليها في أثناء حركة المكبس مثل السحب أو الضغط أو القدرة أو العادم.



شكل 5-1 المصطلحات الأساسية في المحرك

5-2 زاوية تتابع الأشواط الفعالة وأشواط القدرة

هي الزاوية بين بدايتي شوطين فعالين متتالين في ترتيب دورة الإشعال للمحرك، أو هي الزاوية بين فرقعتين أو شرارتين متتاليتين لذا تختلف هذه الزاوية باختلاف عدد الأسطوانات في المحرك.

5-3 زاوية التداخل للأشواط الفعالة

هي الزاوية بين بداية شوط فعال في إحدى أسطوانات المحرك ونهاية الشوط الفعال في الأسطوانة السابقة إليها في ترتيب دورة الإشعال للمحرك، وهي تساوي الفرق بين زاوية الشوط وزاوية التتابع للأشواط.

5-4 حجم غرفة الاحتراق Combustion Volume (Vc)

هو الحيز المحصور فوق المكبس عندما يكون المكبس بالنقطة الميتة العليا في نهاية شوط الانضغاط ويرمز له V_C (Combustion Volume) شكل (5-1).

5-5 حجم الأسطوانة Cylinder Volume(Vs)

هو حجم الأسطوانة الداخلي عندما يكون المكبس عند النقطة الميتة السفلى، أي أن سعة الأسطوانة تساوي حجم غرفة الاحتراق + حجم الإزاحة (حجم الشوط أو الحجم المكتسح).

5-6 حجم المحرك Engine Volume (V_E)

هو الحجم الكلي لأسطوانات المحرك وهو في النقطة الميتة السفلى وهو يساوى حجم الاسطوانة مضروب في عدد الاسطوانات.

حجم المحرك = حجم الاسطوانة × عدد الاسطوانات

$$V_E = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L \times n$$

إذ إن:

V_E : حجم المحرك

n : عدد اسطوانات المحرك

D : قطر الاسطوانة

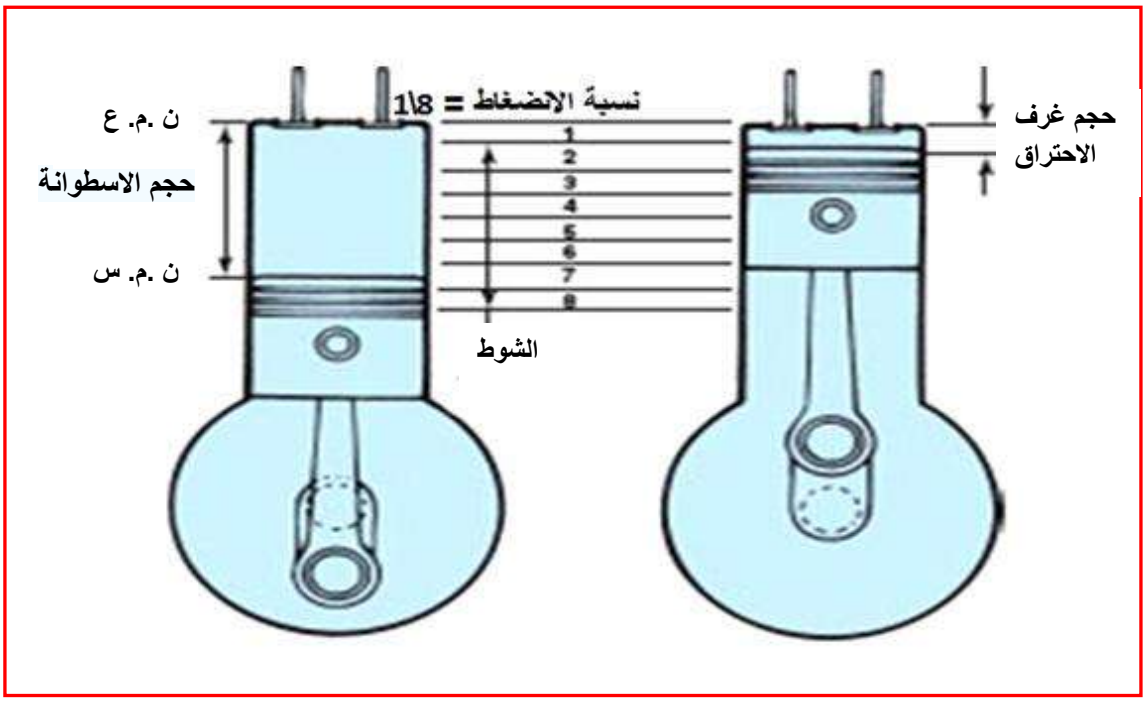
L : طول الشوط

5-7 اتجاه الدوران

يكون اتجاه دوران المحرك دائماً مع اتجاه عقارب الساعة إذا وقفنا في مقدمة المحرك (أي أن اتجاه دوران المحرك دائماً في اتجاه اليمين).

5-8 نسبة الانضغاط compression ratio (r)

هي النسبة بين حجم الشحنة والمكبس في النقطة الميتة السفلى إلى حجم الشحنة والمكبس في النقطة الميتة العليا. لاحظ الشكل (5-2).



شكل 5-2 توضيح نسبة الانضغاط

يمكن تحديد نسبة الانضغاط بسكب كمية من الزيت تملأ الأسطوانة حين يتخذ المكبس كلاً من الوضعين المذكورين وقياس حجم الزيت. وفي سبيل المثال، إذا وجد أن حجم محتويات الأسطوانة عندما يكون المكبس في أسفل وضع له هو (3) لترات، في حين أن أصغر حجم لها والمكبس في أعلى وضع له هو (0.2) لتر فإن نسبة الانضغاط هي (0.2:3) أو (15:1) أو بمعنى آخر فإن محتويات الأسطوانة حينما يكون المكبس في أعلى وضع له تكون قد ضغطت إلى (1:15) من حجمها الأصلي. أي عندما يكون المكبس في أسفل وضع له. وتختلف نسبة الانضغاط حسب تصميم المحرك وهي من العوامل المهمة التي تؤثر في قدرة المحرك وكفائته وتقلل من معدل استهلاك الوقود وتبلغ نسبة الانضغاط:

1. في محركات البنزين($\frac{1}{7}$ إلى $\frac{1}{10}$)
2. في محركات البنزين لسيارات السباق تصل لغاية ($\frac{1}{12}$)
3. في محركات الديزل ($\frac{1}{14}$ إلى $\frac{1}{25}$)

تمثل حجم غرفة الاحتراق V_c

تمثل حجم المزاح او حجم الاسطوانة V_s

$$r = \frac{V_c + V_s}{V_c}$$

مثال (5-1)

محرك ذو ست أسطوانات قطر الأسطوانة فيه (82.5 mm) وطول شوطها (88.9 mm). أحسب سعته الحجمية.

الجواب:

D= 8.25 cm

L= 8.89 cm

$$V_E = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L \times n$$

$$V_E = \frac{\pi}{4} \times (8.25)^2 \times 8.89 \times 6 = 2851.35 cm^3$$

مثال (5-2)

احسب سعة محرك ذي (4) أسطوانات، قطر الأسطوانة فيه (8 cm) وطول الشوط (10 cm)

الجواب:

$$V_E = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L \times n$$

$$V_E = \frac{\pi}{4} \times 8^2 \times 10 \times 4 = 2010.62 cm^3$$

مثال (5-3)

محرك بنزين قطر إسطوانته (95 mm) وطول شوطه (120 mm) وكان حجم غرفة الاحتراق ($112cm^3$). أحسب نسبة الانضغاط في الاسطوانة.

الجواب:

D= 9.5 cm

L= 12 cm

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L$$

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times 9.5^2 \times 12 = 850.5 cm^3$$

$$r = \frac{V_c + V_s}{V_c} = \frac{112 + 850.5}{112} = 8.59 = 1/8.59$$

9-5 معدل سرعة المكبس Mean Piston Speed

بينما يمكننا أن نعدّ السرعة الدورانية لمحور عمود المرفق منتظمة، فإن سرعة المكبس ليست كذلك لأن المكبس يكون ساكناً في حركته عند النقطة الميتة، وتكون سرعته عندئذ مساوية صفراً، وعندما يبدأ المكبس في حركته تتزايد سرعته بالتدريج حتى تصل أقصاها قرب منتصف شوطه وبعدها تبدأ سرعته في التناقص تدريجياً حتى تصل إلى الصفر مرة أخرى في النهاية ويكون المكبس وقد وصل إلى النقطة الميتة المضادة لتتوقف حركته مرة أخرى ويبدأ في عكس اتجاهه من جديد، وعلى ذلك فإن سرعة المكبس تتغير طول الوقت.

معدل سرعة المكبس = 2× π عدد الدورات في الثانية× طول الشوط

$$S_p = 2 \times \pi \times N \times L$$

اذ إن N تمثل عدد الدورات بالثانية (rps)

مثال (5-4)

محرك سرعته 1500 دورة في الدقيقة وطول الشوط (0.2 m)، إحسب معدل سرعة المكبس.

الجواب :

السرعة = الإزاحة المقطوعة نسبة للزمن.

$$\text{السرعة} = \frac{\text{الازاحة}}{\text{الزمن}}$$

$$N = \frac{1500}{60} = 25\text{rps}$$

$$S_P = 2\pi \times N \times L$$

$$S_p = 2 \times \pi \times 25 \times 0.2 = 31.4 \text{ m/s}$$

أسئلة الفصل الخامس

س1: عرف الآتي:
1- النقطة الميتة العليا.
2- النقطة الميتة السفلى.
3- حجم غرفة الاحتراق.
4- معدل سرعة المكبس.
5- سعة المحرك.
6- الشوط.

س2: وضح بالرسم المصطلحات الفنية الآتية:
1- النقطة الميتة العليا.
2- النقطة الميتة السفلى.
3- حجم غرفة الاحتراق.

س3: ما آلية عمل المحرك؟

س4: محرك قطر أسطوانته 0.45 m ،وطول شوطه 0.900 m ، يدور بسرعة 2000 دورة بالدقيقة، أحسب معدل سرعة المكبس.

س5:أحسب سعة المحرك ذي (4) أسطوانات، قطر الأسطوانة (9 cm) وطول الشوط (15 cm)

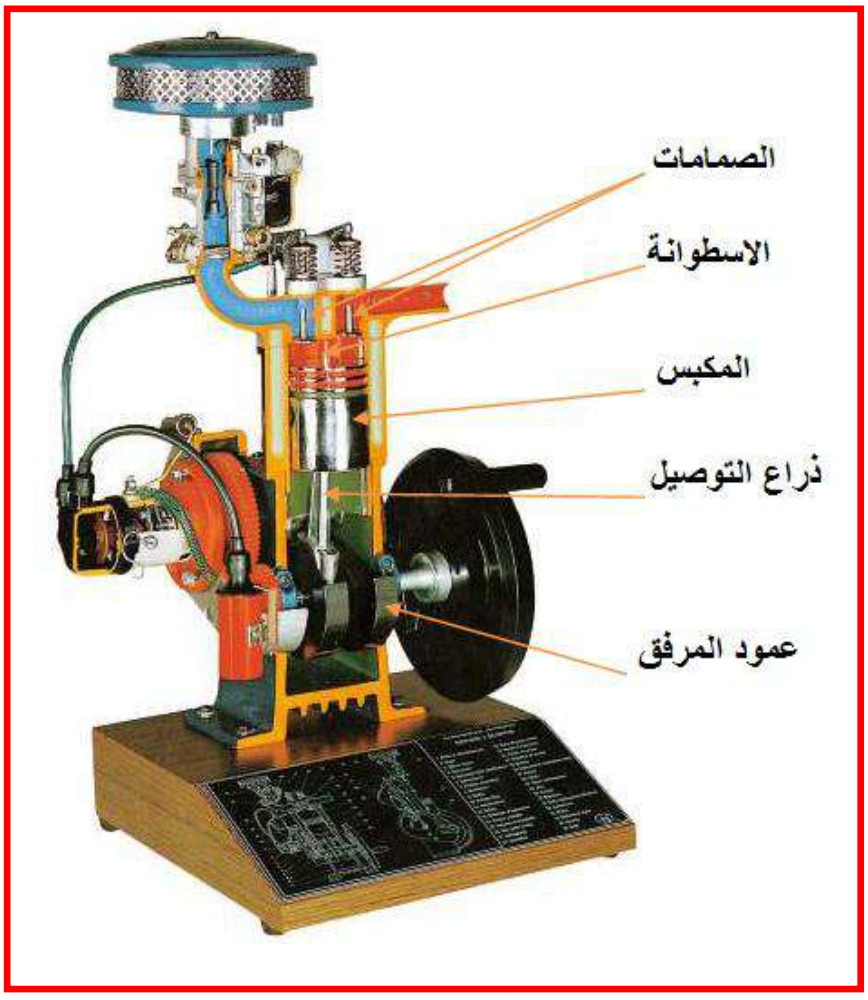
س6: محرك قطر أسطوانته 0.25 m ،وطول شوطه 0.3 m يدور بسرعة 1750 دورة بالدقيقة، أحسب معدل سرعة المكبس.

س7: محرك سرعته 2000 دورة في الدقيقة وطول الشوط (0.15 m)،أحسب معدل سرعة المكبس.

الفصل السادس
دورات المحرك
Engine Cycles

مقدمة :

يتألف المحرك من الأسطوانة التي يتحرك بداخلها المكبس المتصل مع ذراع التوصيل المرتبطة بدورها بعمود المرفق، وكما هو مبين في الشكل (6-1) هذا وإن الهدف الأساس من وجود ذراع التوصيل والمرفق هو تحويل الحركة الخطية داخل الأسطوانة إلى حركة دورانية لعمود المرفق.



شكل 6-1 المحرك

من البديهي أنه لتأمين العمل المستمر للمحرك يجب تزويد الأسطوانة بالخليط القابل للاحتراق بشكل مستمر وتخليصها من الغازات الناتجة من عملية الاحتراق بحيث يمكن تزويدها بخليط الوقود والهواء مرة أخرى لضمان استمرارية عمل المحرك بشكل دائم. وهذا يعني ضرورة عمل فتحات أو صمامات في مكان مناسب من الأسطوانة يمكن فتحها وغلقها حسب نظام توقيت معين في أثناء عمل المحرك، ولهذا توجد فتحتان في رأس الأسطوانة يتحكم بفتحها وإغلاقها صمام لكل فتحة في ضمن آلية التوقيت.

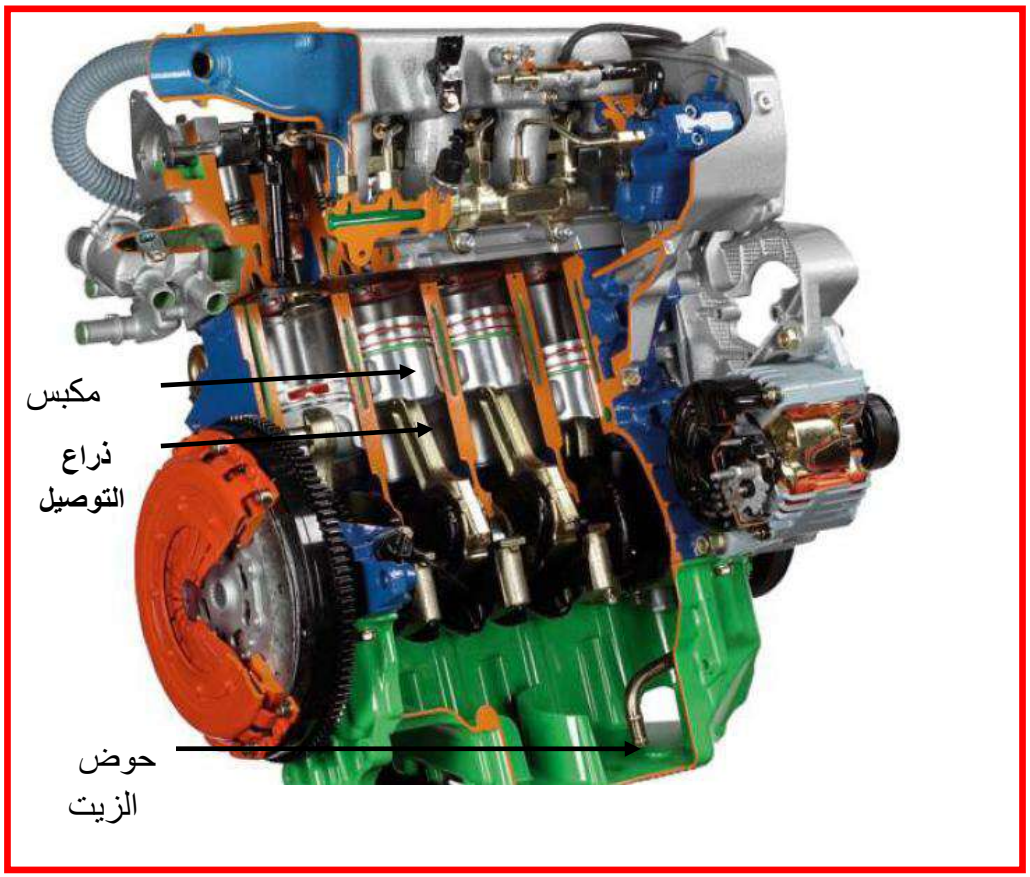
تصنف محركات السيارات، تبعاً لنوع الوقود المستعمل، على المحركات التي تعمل بالبنزين وأخرى تعمل بالديزل.

1-6 محرك أوتو (بنزين)

تكون الشحنة الداخلة إلى أسطوانة المحرك الذي يعمل بالبنزين مؤلفة من مزيج الوقود (البنزين) والهواء المحضر سابقاً على وفق نسب معينة بواسطة جهاز خاص يسمى المغذي وذلك قبل أن يصل إلى صمام السحب. وهكذا يتكون الخليط من الوقود والهواء الذي يستعد إلى الانضغاط في المرحلة التالية والذي يكون بحالة أبخرة أو على شكل قطرات دقيقة من الوقود معلقة في الوسط الهوائي. بعد عملية الانضغاط يُحرق خليط الوقود- الهواء بواسطة شرارة كهربائية عالية الجهد تنتجها شمعة الإحراق المركبة على رأس الأسطوانة والنافذة إلى داخل غرفة الاحتراق.

2-6 محرك ديزل

محركات الديزل تتشابه في كثير من مبادئ التشغيل مع محركات البنزين. لاحظ شكل (6-2) الذي يوضح أحد محركات الديزل. ومعظم محركات الديزل المستعملة في التطبيقات المختلفة هي من النوع الرباعية الأشواط، ولكن يوجد محركات ديزل ثنائية الأشواط أيضاً. نظراً لخصائصها تستعمل محركات الديزل عادة عندما يكون هناك حاجة لأحمال ثقيلة، ولذلك تستعمل في الشاحنات والحافلات والتطبيقات الأخرى التي تتطلب محركات خدمة شاقة مثل المعدات الثقيلة.

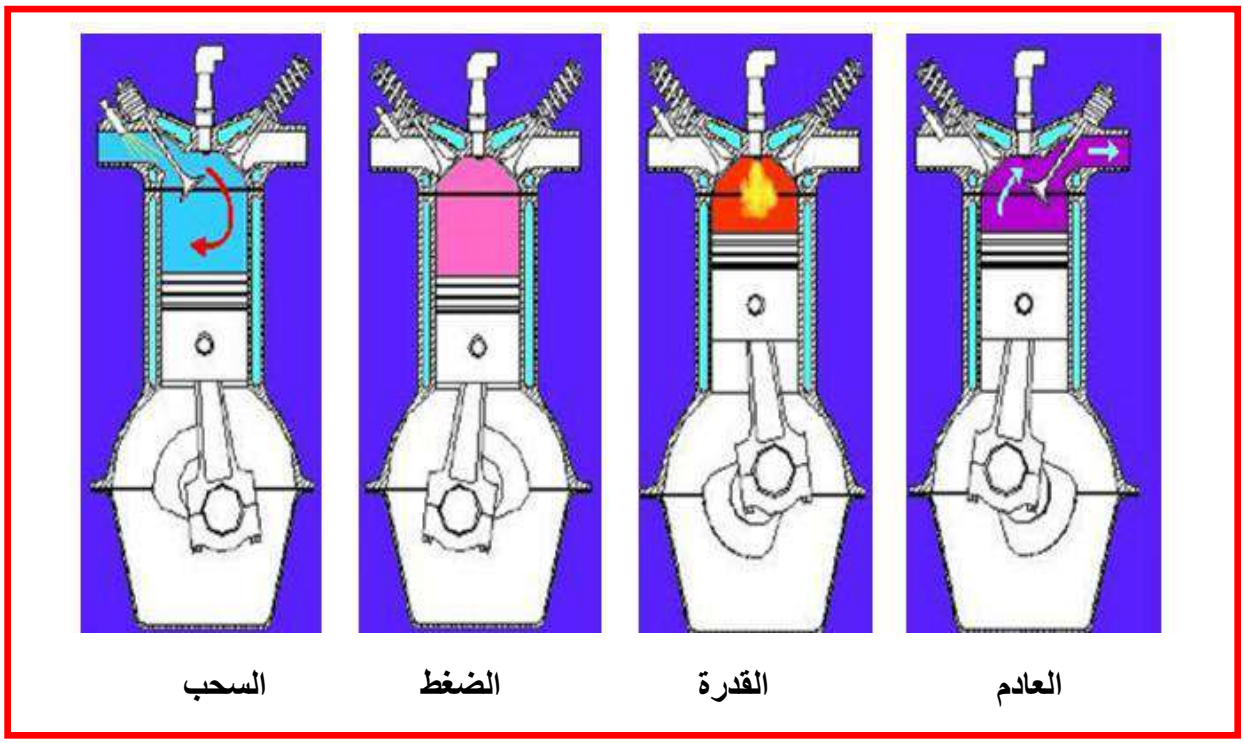


شكل6- 2 محرك ديزل

تُعدّ محركات الديزل من المحركات ذات الاحتراق الداخلي التي يتم الاشتعال فيها بالضغط وليس بالشرارة الكهربائية، كما هو الحال في محركات البنزين، ولمحركات الديزل الأجزاء والأنظمة الرئيسة نفسها والتي تتكون منها محركات البنزين مثل المكبس، والصمامات وعمود المرفق، وأنظمة الوقود، وأنظمة التبريد، وأنظمة بدء الإدارة والشحن، وأنظمة التحكم في الملوثات. وبما أن محرك الديزل يستعمل في تطبيقات الأحمال الثقيلة، فإن تلك المنظومات يجب أن تكون أكثر صلابة ومتانة من مثيلاتها في محركات البنزين. ويكمن الاختلاف الأكبر بين محرك الديزل ومحرك البنزين في كبر نسبة الانضغاط في محركات الديزل عن محركات البنزين، فضلاً على أن منظومة حقن وقود الديزل تستعمل ضغوط حقن عالية جداً بينما تستعمل منظومة الحقن في محركات البنزين ضغوط حقن واطئة.

3-6 الدورة الرباعية والثنائية لمحرك البنزين

يبين الشكل (6- 3) تعاقب الأشواط لمحرك بنزين رباعي الأشواط.

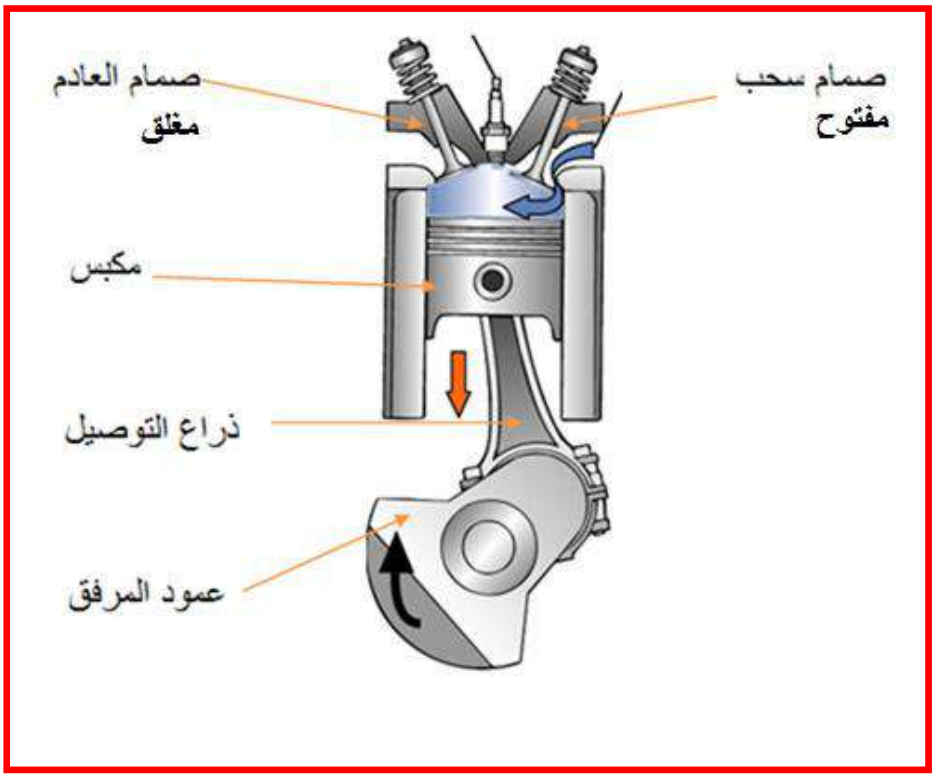


شكل 6- 3 تعاقب الأشواط لمحرك بنزين رباعي الأشواط

الأشواط الرباعية للمحرك البنزين :

الشوط الأول: شوط السحب (Intake Stroke) :

ويبدأ هذا الشوط عندما يكون المكبس بالقرب من القمة وينتهي بعد اجتيازه قاع الشوط ويكون صمام السحب مفتوحاً خلال ذلك الوقت فيما يكون صمام العادم مغلقاً ليسمح بدخول الشحنة (الهواء + البنزين) إلى الاسطوانة بفعل التخلخل الناشئ فوق المكبس أثناء تحركه إلى الأسفل ثم يغلق الصمام بعد ذلك. لاحظ الشكل (6- 4) وهو الشوط الغير فعال في الدورة .



شكل 6-4 الشوط الأول (شوط السحب)

وهنالك اختلاف في الطرائق التي يُكوَّن فيها الخليط، وأما الطريقة الحديثة ففيها يقوم المكبس بسحب الهواء فقط من النطاق الخارجي ماراً بمنقيات ومصافٍ (فلاتر)، بينما تقوم البخاخات بنثر الوقود بشكل جزيئات في أنبوب السحب، وبذلك يتكون الخليط.

وينتهي شوط السحب بوصول المكبس إلى النقطة الميتة السفلى، أي نهاية الشوط الذي يتحرك المكبس فيه ضمن الإسطوانة.

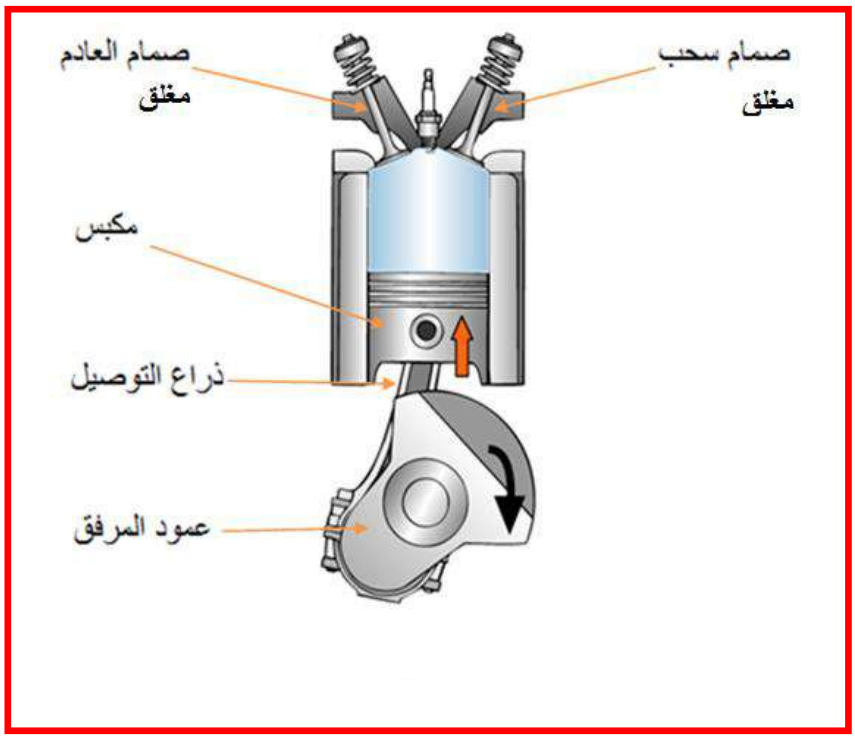
الشوط الثاني : شوط الضغط (Compression Stroke):

يتحرك المكبس إلى أعلى الأسطوانة ليضغط على شحنة الوقود والهواء فيرتفع ضغط المزيج ودرجة حرارته، ويكون صماما السحب والعادم مغلقين، وكما هو مبين في الشكل (6-5).

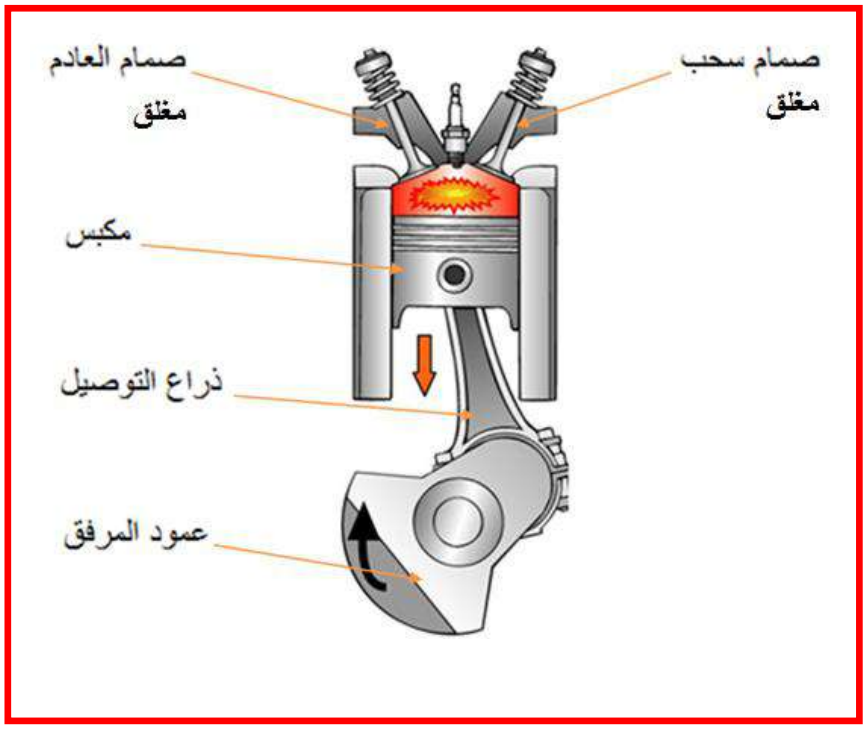
وفي نهاية شوط الضغط أي عند وصول المكبس إلى النقطة الميتة العليا، تنطلق الشرارة من شمعة الاشتعال ليبدأ بذلك شوط القدرة.

الشوط الثالث: شوط القدرة (Power Stroke):

عندما يصل المكبس إلى قرب نهاية شوط الضغط يَشتعل الخليط بواسطة شمعة القدح وبذلك يحترق الخليط ويرتفع الضغط ودرجة حرارة الاحتراق التي تقوم بدفع المكبس إلى أسفل في شوط القدرة، وهو الشوط الفعال في الدورة. خلال هذا الشوط يكون صماما السحب والعادم مغلقين، وكما هو مبين في الشكل (6 -6).



شكل 6-5 الشوط الثاني (شوط الضغط)

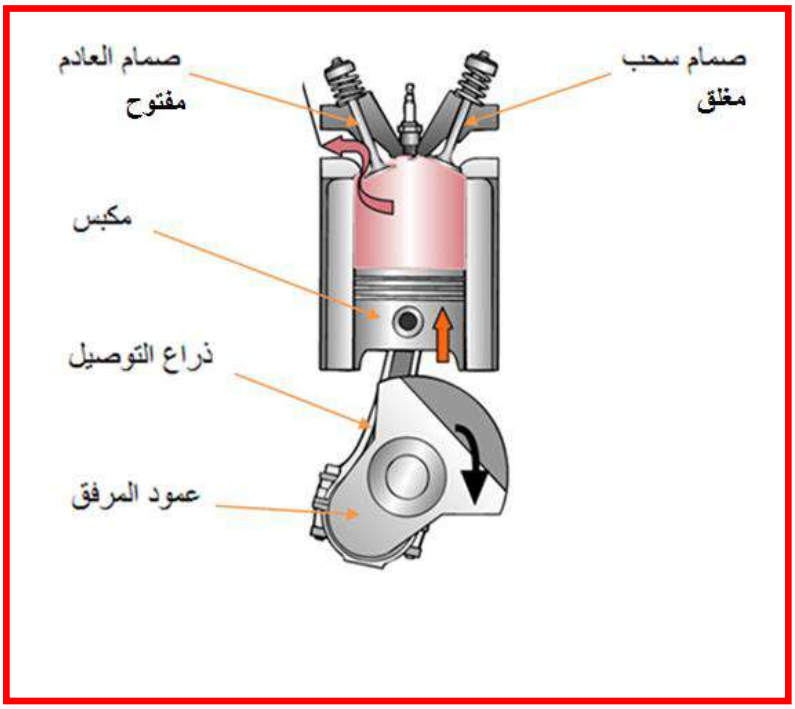


شكل 6-6 الشوط الثالث (شوط القدرة)

الشوط الرابع: شوط العادم (Exhaust Stroke):

يفتح صمام العادم قرب نهاية شوط القدرة وبذلك يندفع جزء كبير من غازات الاحتراق الساخنة إلى خارج الأسطوانة ثم يقوم المكبس في أثناء حركته إلى أعلى بطرد كمية الغازات المتبقية. و عندما يصل

المكبس إلى القمة يغلق صمام العادم ويبدأ صمام السحب في الفتح، وبذلك يكون المكبس مستعداً لعمل دورة رباعية أخرى جديدة، لاحظ الشكل (6-7).

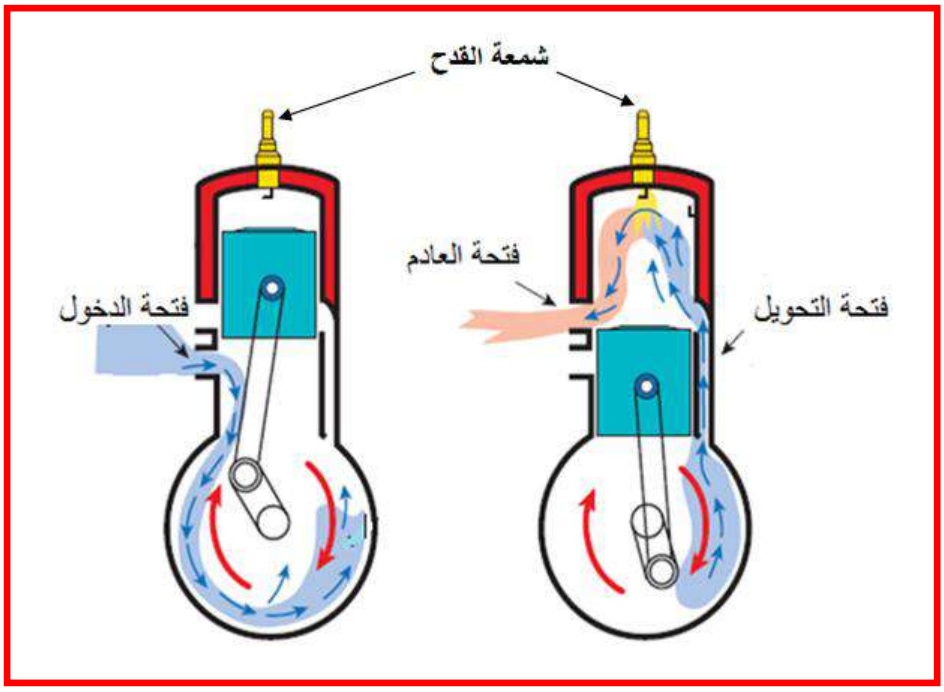


شكل 6-7 الشوط الرابع (شوط العادم)

وبذلك تكون عملية الاحتراق كاملة في محرك البنزين. أما محركات الديزل فتختلف عن محركات البنزين بعدم وجود شمعة القدح ولكن تعتمد في الاشتعال على الانضغاط الحاصل في غرفة الاحتراق .

6-4 الدورات الثنائية (محرك بنزين ثنائي الشوط) Two Stroke Gasoline Engine

تقوم المحركات ثنائية الشوط بأداء السحب والضغط ، ثم القدرة والعادم في دورة واحدة لعمود المرفق (شوطين للمكبس) ويتحقق ذلك بواسطة إلغاء صمامي السحب والعادم المستعملين في محركات الدورة الرباعية واستعمال فتحتين في جدران الأسطوانة بدلاً منهما. واحدة لدخول الشحنة والأخرى لخروج العادم. يتحكم المكبس في فتح فتحتي الدخول والخروج وغلقهما في التوقيت المناسب خلال الدورة، وكما هو مبين في الشكل (6-8).



شكل 6- 8 الدورات الثنائية لمحرك ثنائي الأشواط

و يوجد ممر يصل فتحة السحب بالجزء الداخلي لعلبة المرفق ويُسحب الوقود والهواء إلى علبة المرفق من خلال فتحة التحويل. ويخلط الزيت عادة مع البنزين لتحقيق متطلبات تزييت المحرك، وبعض المحركات الثنائية تستعمل منظومة لحقن الزيت.

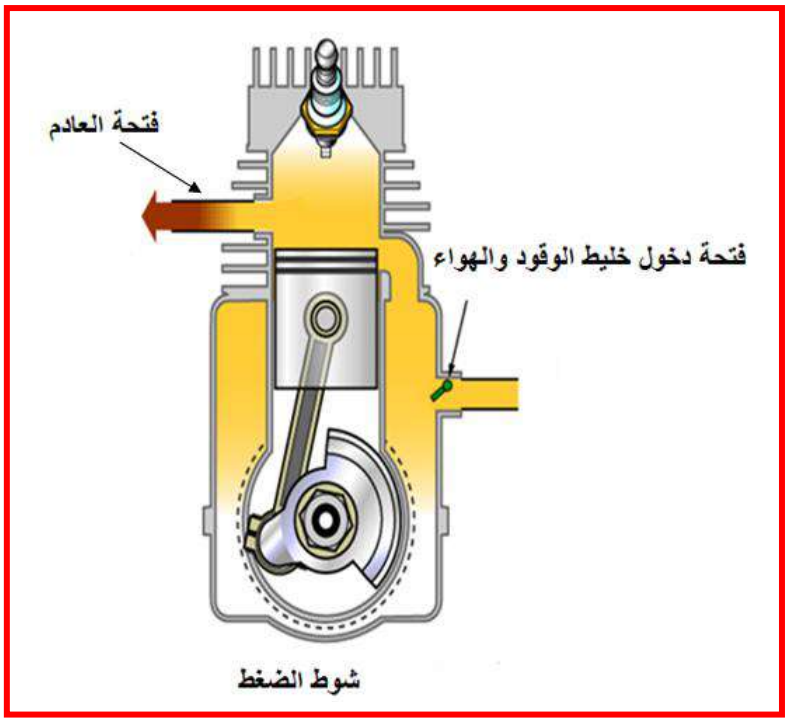
تستعمل المحركات الثنائية الشوط في ماكينات المناشير، والجزارات، والدراجات النارية والتطبيقات الأخرى بالمكائن التي تستعمل محركات صغيرة. ونظراً لمشاكل التحكم بالانبعاث الحراري والتلوث البيئي فإن محركات البنزين التي تستعمل الدورة الثنائية الشوط لاتستعمل في مجال السيارات.

طريقة عمل محرك البنزين ثنائي الشوط :

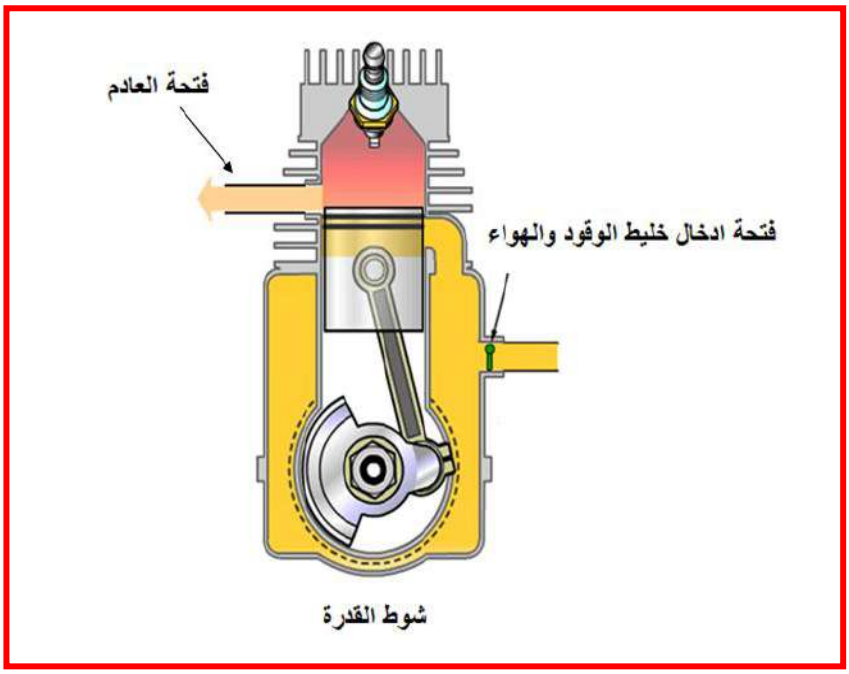
إذا تخيلنا وجود شحنة من الوقود والهواء داخل الأسطوانة، وكان المكبس عند وضعه الأسفل بالأسطوانة، فعند تحرك المكبس إلى أعلى فإنه يقوم بضغط شحنة الوقود والهواء وفي الوقت نفسه يقوم بتوليد تخلخل داخل علبة المرفق المحكمة، هذا التخلخل يقوم بفتح صمام صغير (فتحة التحويل) ومن ثم يسمح بدخول خليط الوقود والهواء إلى علبة المرفق، وكما هو مبين بالشكل (6-9).

عندما يصل المكبس في أعلى الأسطوانة فإنه يقوم بضغط الشحنة في الأسطوانة وتعبئة علبة المرفق بخليط الوقود والهواء. يحدث هذا كله في شوط واحد أي نصف دورة لعمود المرفق.

تطلق شمعة القدح شرارة كهربائية بالشحنة داخل الأسطوانة في نهاية الشوط ويؤدي إلى الاحتراق ومن ثم دفع المكبس إلى الأسفل والحصول على القدرة الميكانيكية، وكما هو مبين في الشكل (6-10).



شكل 6-9 طريقة عمل المحرك ثنائي الشوط

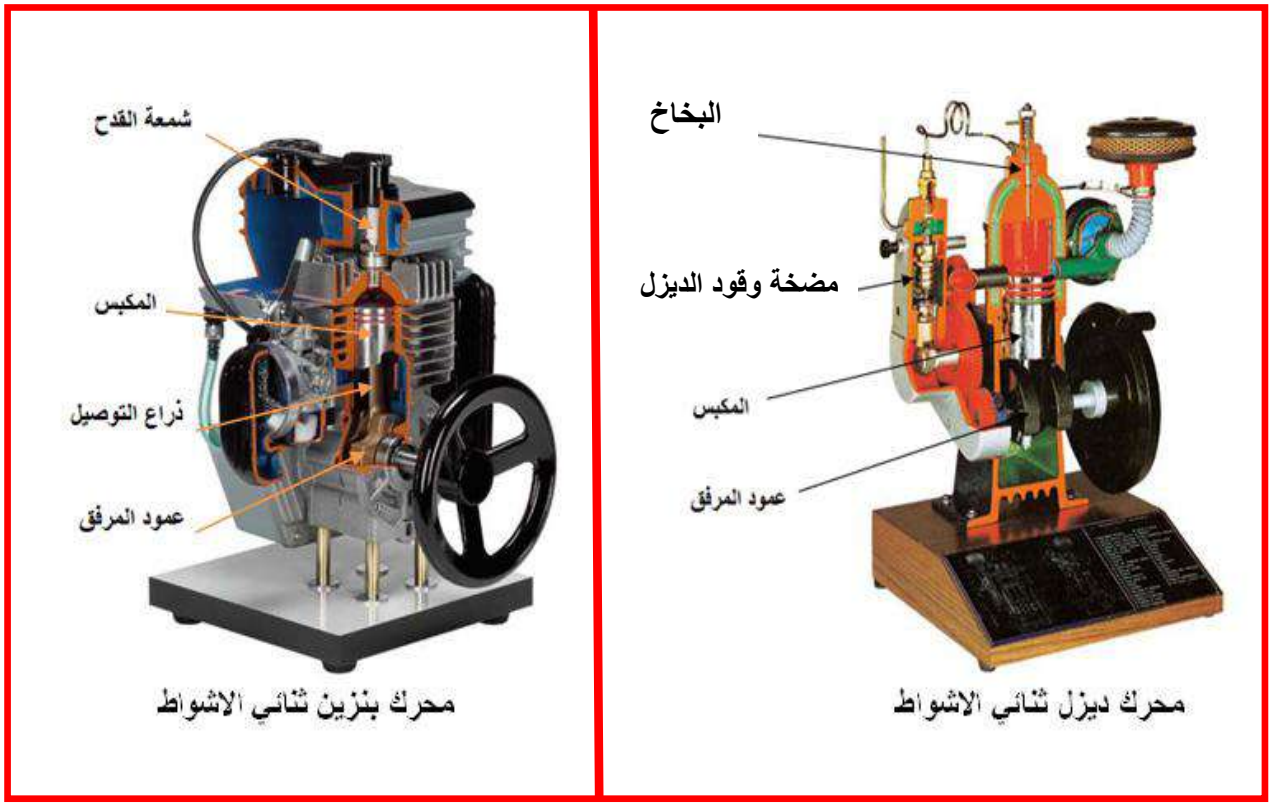


شكل 6- 10 الاحتراق في نهاية الشوط

عند تحرك المكبس للأسفل تحدث أشياء متعددة:- يُضغط خليط الوقود والهواء في علبة المرفق ويغلق فتحة دخول الشحنة في الوقت نفسه الذي يحدث فيه شوط القدرة. وعندما يكشف المكبس عند نزوله للأسفل عن فتحة العادم، فإن غازات الاحتراق تنساب إلى الخارج من خلال تلك الفتحة فيطرد العادم. ومع استمرار حركة المكبس للأسفل فإنه يكشف عن فتحة الدخول فيدفع الخليط المضغوط بعلبة المرفق إلى الدخول للأسطوانة من خلال الممر وفتحة الدخول.

وتُصنع قمة المكبس عادة بحيث تؤدي إلى توجيه شحنة الوقود والهواء إلى الأعلى. هذا يؤدي إلى تعبئة أعلى الأسطوانة بخليط نقي، وفي الوقت نفسه يعمل على تنظيف الأسطوانة من غازات العادم المتبقية.تلك العمليات كلها تحدث في دورة واحدة لعمود المرفق، وفي كل مرة يصل المكبس إلى نهاية مشواره في أعلى الأسطوانة فإنه يدفع إلى الأسفل بمشوار قدرة.

أما طريقة عمل محرك الديزل الثنائي الشوط فهي مشابهة لطريقة عمل محرك البنزين الثنائي الشوط والفرق الوحيد هو وجود البخاخ لوقود الديزل ولا توجد شمعة قدح. وكما هو مبين في الشكل (6- 11) والذي يوضح مقطعين لمحركين ثنائي الشوط أحدهما بنزين والآخر ديزل.



شكل 6- 11 مقطعين لمحركين ثنائي الشوط أحدهما بنزين والآخر ديزل

أسئلة الفصل السادس

س1: ما أجزاء المحرك؟ اذكر واشرح باختصار آلية عمل كل منها.

س2: كيف يُؤمَّن العمل المستمر للمحرك؟ وضح ذلك بالتفصيل.

س3: صنف محركات السيارات تبعاً لنوع الوقود المستعمل واشرح باختصار طريقة عمل كل منها.

س4: لماذا تستعمل محركات الديزل عندما تكون هناك أحمال ثقيلة؟

س5: ما الفرق بين محرك بنزين ثنائي الشوط ورباعي الشوط؟

س6: اشرح باختصار الأشواط الأربعة للمحركات رباعية الأشواط.

س7: ما الفرق في كون ذراع التوصيل قصيراً ام طويلاً؟

س8: هل يتغير أداء عمل المحرك إذا كان بأربعة صمامات بدلاً من صمامين؟

س9: ما تأثير شكل قمة الأسطوانة في عمل المحرك؟

س10: ما الفرق من حيث آلية العمل بين محركات ثنائية الشوط الديزل والبنزين؟ وضحها بالتفصيل.

الفصل السابع

تصنيف المحركات
Engines Classification

مقدمة

هذا الفصل يقدم شرحاً وافياً للطرائق المستخدمة في تصنيف المحركات باستعمال تلك العوامل المتعلقة بالتصميم من نحو عدد الأسطوانات أو موضع الصمامات أو ترتيب الأسطوانات أو تلك المتعلقة بخصائص التشغيل منها الدورة الرباعية الأشواط والدورة الثنائية الشوط ونوع الوقود، فضلاً عن مجموعة التوقيت في المحركات.

1-7 تصنيف المحركات Engines Classification

تصنع المحركات بأنواع كثيرة ومتعددة تختلف في أبعادها وتركيبها وتفصيلاتها الميكانيكية لإدارة الآلات والمعدات والماكينات الحديثة. وتلك المحركات تصنف بطرائق مختلفة، فبعضها يصنف طبقاً للمعدات والآلات والماكينات التي تستعمل لإدارتها مثل:محركات السيارات، ومحركات الشاحنات ومحركات القطارات، والمحركات البحرية وهكذا، وبعضها الآخر يصنف طبقاً لبعض ملامح التصميم والتشغيل مثل عدد الأسطوانات وترتيب الأسطوانات وترتيب الصمامات وطريقة التبريد وأشواط المكبس الضرورية لإتمام دورة التشغيل ونوع الوقود المستعمل، وبعض الخصائص الأخرى المشابهة.

1-1-7 دورات المحرك Engine Cycles

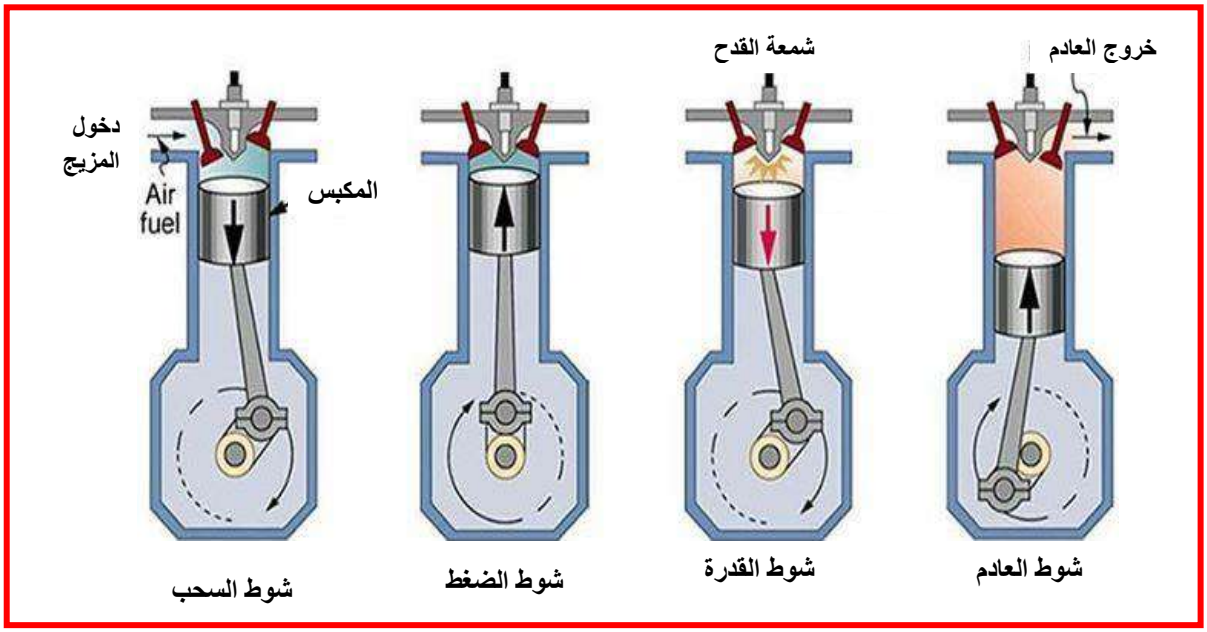
غالباً ما تصنف المحركات طبقاً لنوع دورة التشغيل. معظم محركات الاحتراق المكبسية الترددية تستعمل دورة التشغيل الرباعية أو الثنائية الشوط.

أ- الدورة الرباعية الاشواط Four-Stroke Cycle

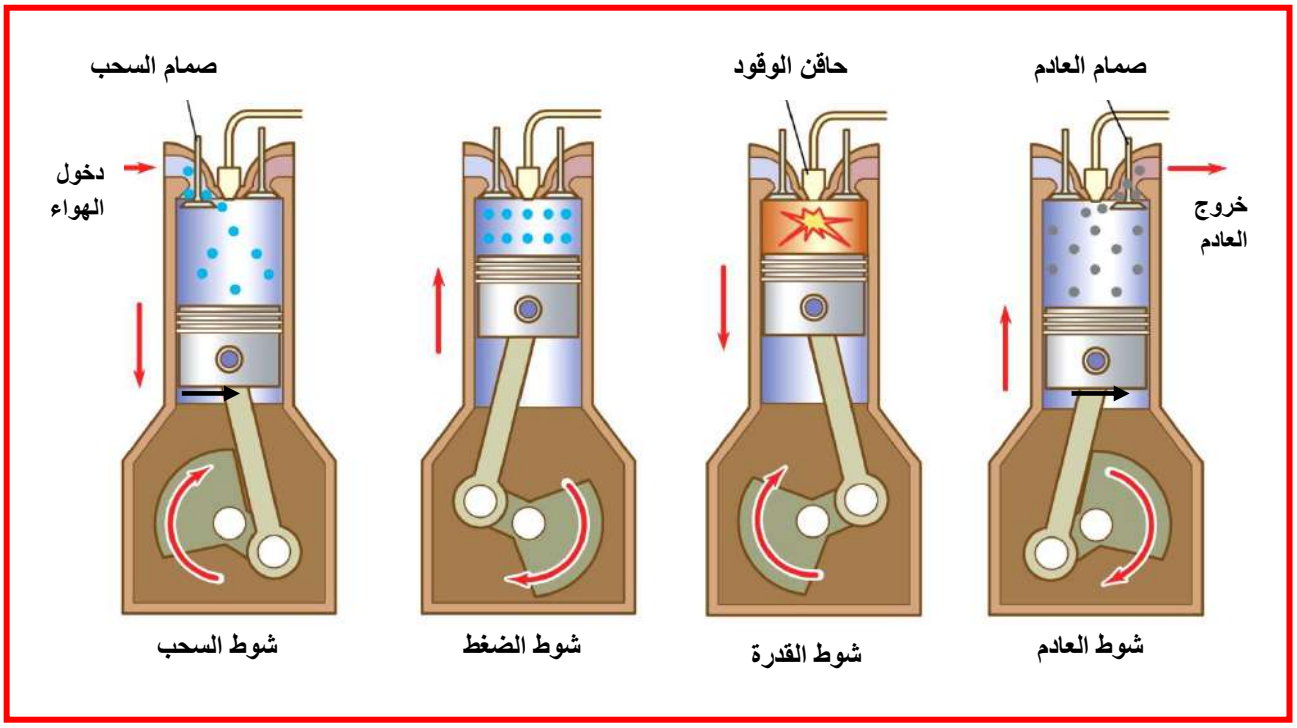
المحركات الرباعية الأشواط المبينة في الشكل (7-1) وكما ذكرت سابقاً بها شوط سحب، وشوط ضغط وشوط قدرة، وشوط عادم كل شوط يأخذ 180 درجة من دوران عمود المرفق مما يعني أن دورة التشغيل الكاملة تنتج 720 درجة ويتضح أن عمود المرفق يأخذ دورتين كاملتين لإتمام دورةطاقة المحرك، وكنتيجة لذلك فأن الأسطوانة تتلقى شوطاً واحداً فقط للقدرة في كل دورة تشغيل. يجدر الإشارة إلى أن المحركات الحديثة جميعها تستعمل دورة التشغيل رباعية الأشواط، أما بالنسبة للأشواط الأربعة لمحرك الديزل فإن الفرق يكمن في كون محرك الديزل يعتمد على الاشتعال في شوط القدرة على انضغاط الخليط بين وقود الديزل والهواء بنسبة كبيرة وبدون شمعة إشعال، وكما هو مبين في الشكل (7-2) إما بالنسبة لمحرك البنزين فإنه يعتمد على شمعة القدح في شوط القدرة.

ب- الدورة الثنائية الشوط Two – Stroke Cycle

تقوم المحركات ثنائية الشوط بأداء السحب والضغط والاحتراق، ثم القدرة والعادم في دورة واحدة لعمود المرفق (شوطان للمكبس) ويتحقق ذلك بواسطة إلغاء صمامي السحب والعادم المستخدمين في محركات الدورة الرباعية واستعمال فتحتين في جدران الأسطوانة بدلاً منهما واحدة لدخول الشحنة والأخرى لخروج العادم.



شكل 7-1 الأشواط الأربعة لمحرك البنزين



شكل 7-2 الأشواط الأربعة لمحرك الديزل

7-1-2 تصنيف المحركات على وفق (نوع الوقود) Fuel Types

يمكن لمحركات السيارات استعمال وقود البنزين أو وقود الديزل أو الكحول الغازي (خليط من البنزين والكحول) أو الكحول أو الغاز الطبيعي المسال (LNG: Liquefied Natural Gas) أو الغاز الطبيعي المضغوط (CNG : Compressed Natural Gas) أو غاز البروبان المسال (LPG :Liquefied Propane Gas).يستخدم البنزين في الغالبية العظمى لمحركات السيارات ولكن بعض السيارات تعتمد الديزل في إدارة محركاتها.

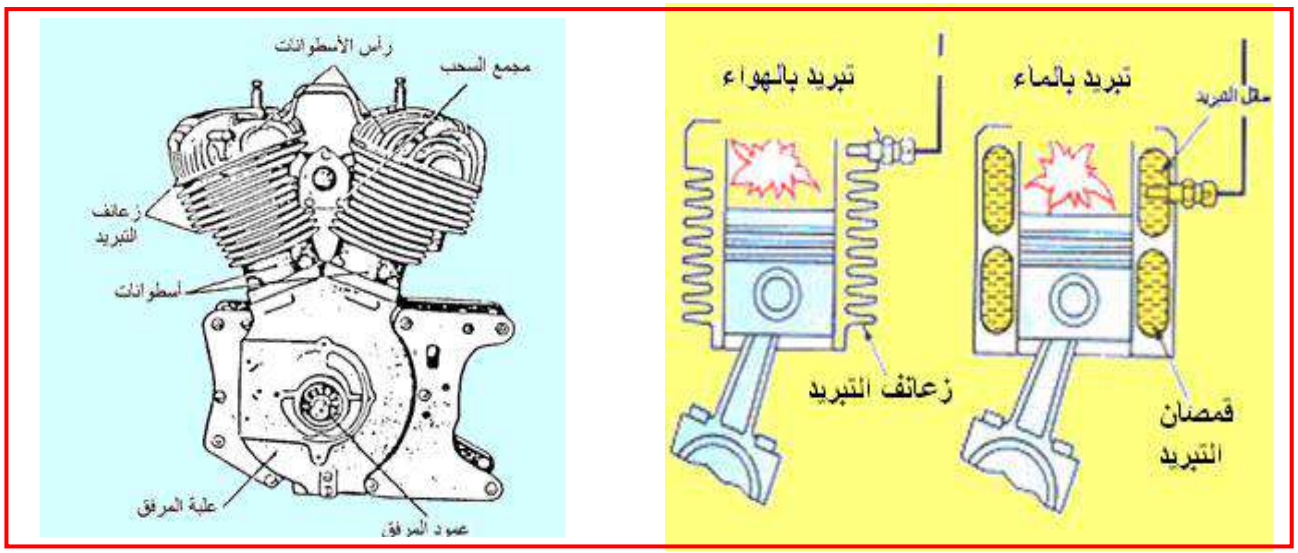
إن الاختلافات الجوهرية بين تلك المحركات هو في طريقة إمداد الوقود والتغذية.فالبنزين و LNG وCNG وLPG تستعمل في نوعية المحركات نفسها، ولكن يختلف نظام ضخ الوقود اختلافاً بسيطاً في المحركات التي تستعمل LNG و CNG و LPG.

3-1-7 تصنيف المحركات على وفق (عدد الأسطوانات) Number of Cylinders

محركات السيارات تختلف من حيث عدد الأسطوانات، والأكثر شيوعاً هي أربع وست وثمان حيث كلما زاد عدد الأسطوانات زادت قدرة المحرك وعزمه. وأكثر الشركات المصنعة للسيارات تستعمل أسطوانات أقل لاعتبارات بيئية واقتصادية وذلك لتقليل استهلاك الوقود. وتستعمل المحركات ذات ثلاث أو خمس أسطوانات في بعض أنواع السيارات بالرغم من عدم شيوع استعمالها.

4-1-7 تصنيف المحركات على وفق (نظام التبريد) Cooling System

المحركات إما أن تكون مبردة بالماء أو بالهواء شكل (7-3 أ) وتستعمل معظم السيارات محركات مبردة بالماء. والمحركات المبردة بالهواء محدودة الاستعمال بالسيارات الحديثة، ولكنها تستعمل بكثرة في الدراجات النارية وماكينات تسوية الحشائش (الجزارات) وفي الدورات الثنائية غالباً.كلا نوعي المحركات المبردة بالماء والمبردة بالهواء لها مميزات وعيوب، ولكن كليهما يعمل بكفاءة عند تصميمها بالطريقة الصحيحة. ويعدّ التبريد بالهواء بسيطاً ولا يحتاج إلى سائل وبالتالي لايوجد تسريب أو تجمد لسائل التبريد عند التشغيل في الأجواء الباردة. شكل (7-3 ب) يبين أحد أنواع المحركات المبردة بالهواء.



أ-التبريد بالماء والتبريد بالهواء ب-محرك ذو اسطوانتين على شكل V مبرد بالهواء

شكل 7-3 التبريد بالماء والتبريد بالهواء

5-1-7 تصنيف المحركات على وفق (ترتيب وضع الصمامات) Valves Arrangement

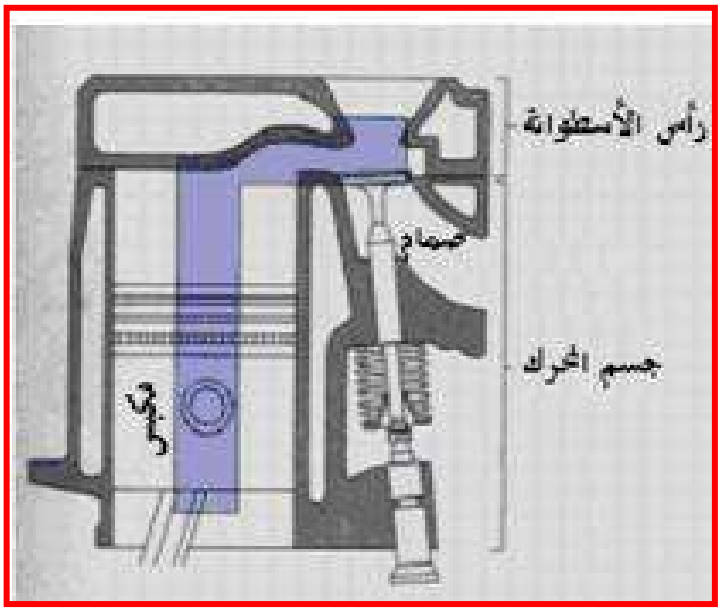
الترتيبات المختلفة لموضع الصمامات بالمحركات تعرف على إنها رأس على شكل (L-head) ورأس على شكل (F-head) ورأس على شكل (I-head) ورأس على شكل (T-head).

تشتق المسميات من تشابه وضع الصمامات بالحروف الأبجدية (L و F و I و T). الرأس على شكل الحرف I هو الأكثر استعمالاً في محركات السيارات والنقل الخفيف الحديثة، وسنشرح في الآتي التصاميم الأربعة.

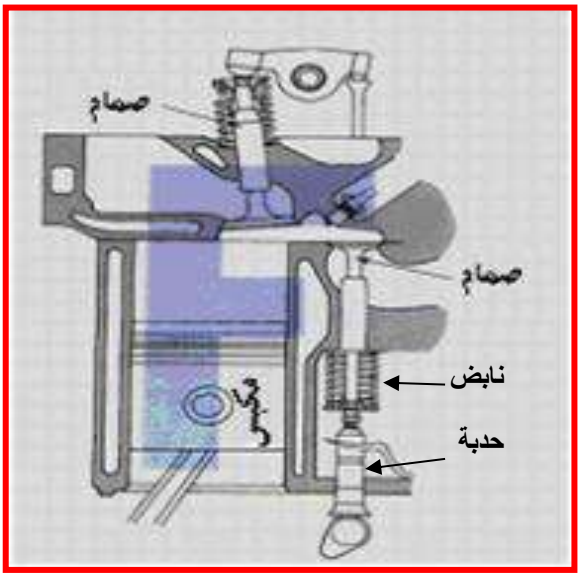
1-5-1-7 الرأس بشكل (L و F و T) (L-head، F-head ،L-head)

هذه التصميمات الثلاثة لم تعد تستعمل في تطبيقات محركات السيارات، ولكن يمكن أن نجدها في تطبيقات المحركات الثابتة المستعملة في محطات توليد الطاقة أو المحركات الصغيرة.ويوجد صماما السحب والعادم داخل كتلة الأسطوانات وفي جهة الأسطوانة نفسها في المحرك ذي الرأس على شكل L (L-head engine). إذا ما رُسم خط يمر عبر الأسطوانة وإلى الصمامات، لنتج عن ذلك حرف L مقلوب، كما في شكل (7-4 أ). هذا التصميم قد يوجد في بعض المحركات الصغيرة ومحركات الروافع الشوكية.

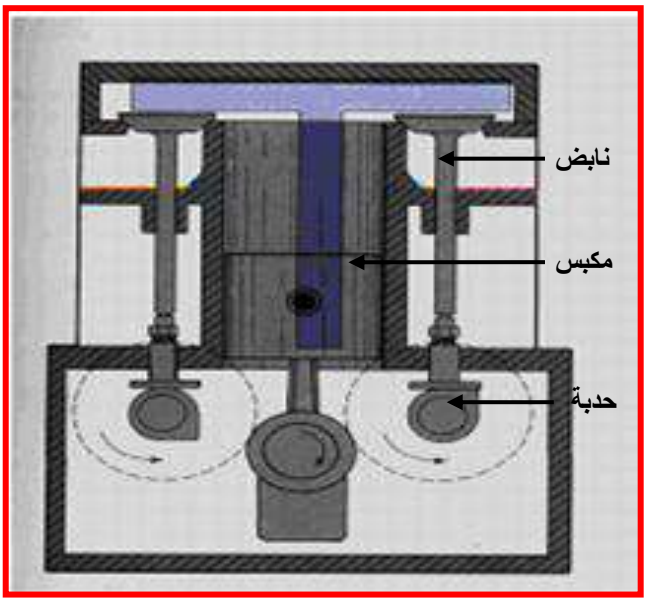
في حالة المحرك ذي الرأس على شكل (F-head) يوضع صمام في رأس الأسطوانات، والصمام الآخر في كتلة الأسطوانات، كما في شكل (7-4 ب). يستخدم هذا التصميم فقط في المحركات الصغيرة المبردة بالهواء.



شكل 7-4-أ محرك ذو رأس على شكل حرف (L-head)



شكل7-4- ب محرك ذو رأس على شكل حرف (F-head)

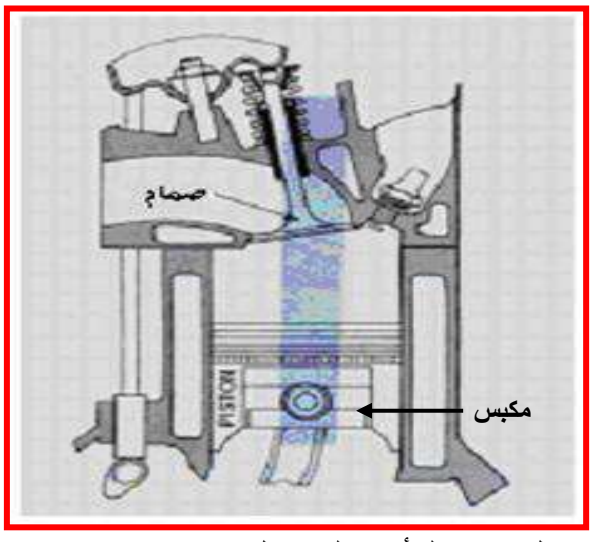


شكل 7-4-ج محرك ذو رأس على شكل حرف (T-head)

الصمامات للمحرك ذي الرأس على شكل (T-head) توجد داخل كتلة الأسطوانات وفي جهتين متعاكستين للأسطوانة، كما هو مبين في شكل (7-4 ج). هذا التصميم لم يعد يستخدم في تطبيقات المحركات منذ مدة.

7-1-5-2 تصميم الرأس على شكل حرف I (I-head)

فـي المحرك ذي الرأس على شكل حـرف I (I-head) تركب الصمامات برأس الأسطوانات، ويمكن ترتيبها في خط مستقيم، كما هو مبين في الشكل (7-5).



شكل 7-5 الرأس على شكل حرف (I-head)

6-1-7 تصنيف المحركات على وفق ترقيم الاسطوانات ونظام الإشعال
Engine Classification by Cylinders Numbering & Ignition Order

يمكن أيضاً تصنيف المحركات بواسطة ترقيم الأسطوانات وترتيب الاشتعال، فمحركات السيارات كلها ترقم بطريقة مختلفة. وفي بعض محركات V-8 يبدأ ترقيم الأسطوانات بالأسطوانة رقم (1) من جهة اليسار، وبعض المصنعين يرقمون الأسطوانات مبتدئين بالأسطوانة رقم (1) من جهة اليمين. وفي الواقع يوجد العديد من نظم الترقيم التي يستخدمها مصنعو محركات السيارات.

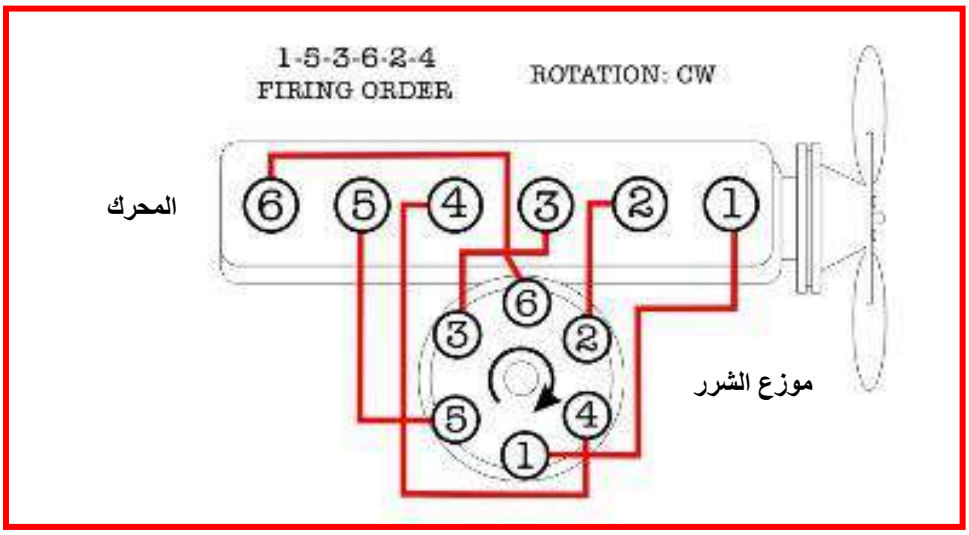
فضلاً على ذلك يمكن لكل مُصنع أن يصمم نظاماً لترتيب الإشعال بالمحرك المتعدد الأسطوانات بطريقة مختلفة. وترتيب الاشتعال يحدد أياً من الأسطوانات تقوم بالاشتعال وفي أي تتابع. ويصمم نظام ترتيب الإشعال بحيث تُوزع نبضات القدرة المتولدة في أثناء الاحتراق على عمود المرفق بالتساوي، وهذا يساعد في تقليل الاهتزازات مما يحسن من توازن المحرك، ودائماً مايبين دليل الخدمة بالسيارات ترقيم أسطوانات المحرك وترتيب الاشتعال. الجدول(7-1) يبين بعض النظم الشائعة لترقيم الأسطوانات وترتيب الاشتعال في المحركات المستقيمة ذات 4 و 6إسطوانات، ومحركات V-6 و V-8.

جدول 7-1 النظم الشائعة لترقيم الأسطوانات وترتيب الاشتعال

محركات على شكل حرف V	
V-8	V-6
الاسطوانات اليمنى ④ ③ ② ①	الاسطوانات اليمنى ⑤ ③ ①
الاسطوانات اليسرى ⑧ ⑦ ⑥ ⑤	الاسطوانات اليسرى ⑥ ④ ②
ترتيب الاشتعال 1-5-4-8-6-3-7-2	ترتيب الاشتعال 1-4-5-2-3-6
الاسطوانات اليمنى ④ ③ ② ①	الاسطوانات اليمنى ⑥ ④ ②
الاسطوانات اليسرى ⑧ ⑦ ⑥ ⑤	الاسطوانات اليسرى ⑤ ③ ①
ترتيب الاشتعال 1-5-4-2-6-3-7-8	ترتيب الاشتعال 1-6-5-4-3-2
الاسطوانات اليمنى ⑧ ⑥ ④ ②	الاسطوانات اليمنى ③ ② ①
الاسطوانات اليسرى ⑦ ⑤ ③ ①	الاسطوانات اليسرى ⑥ ⑤ ④
ترتيب الاشتعال 1-8-4-3-6-5-7-2	ترتيب الاشتعال 1-2-3-4-5-6
الاسطوانات اليمنى ⑧ ⑥ ④ ②	الاسطوانات اليمنى ③ ② ①
الاسطوانات اليسرى ⑦ ⑤ ③ ①	الاسطوانات اليسرى ⑥ ⑤ ④
ترتيب الاشتعال 1-8-7-2-6-5-4-3	ترتيب الاشتعال 1-4-2-3-5-6

محرکات الخطية	
6اسطوانات	4اسطوانات
⑥ ⑤ ④ ③ ② ①	④ ③ ② ①
ترتيب الاشتعال 1-5-3-6-2-4	ترتيب الاشتعال 1-3-4-2 أو 1-2-4-3

مثال على ذلك المحرك ذو ترتيب الإشعال (1-5-3-6-2-4) وذلك يعني أن ترتيب الإشعال موزع على الأسطوانات المرقمة بالتسلسل الواضح إي الاشتعال يبدأ بالأسطوانة الأولى وبعدها يحدث بالأسطوانة الخامسة وبعدها بالثالثة إلى أن يصل أخيراً بالأسطوانة الرابعة. كما هو مبين في الشكل (7-6)



شكل 7-6 نظام ترتيب الإشعال (1-5-3-6-2-4)

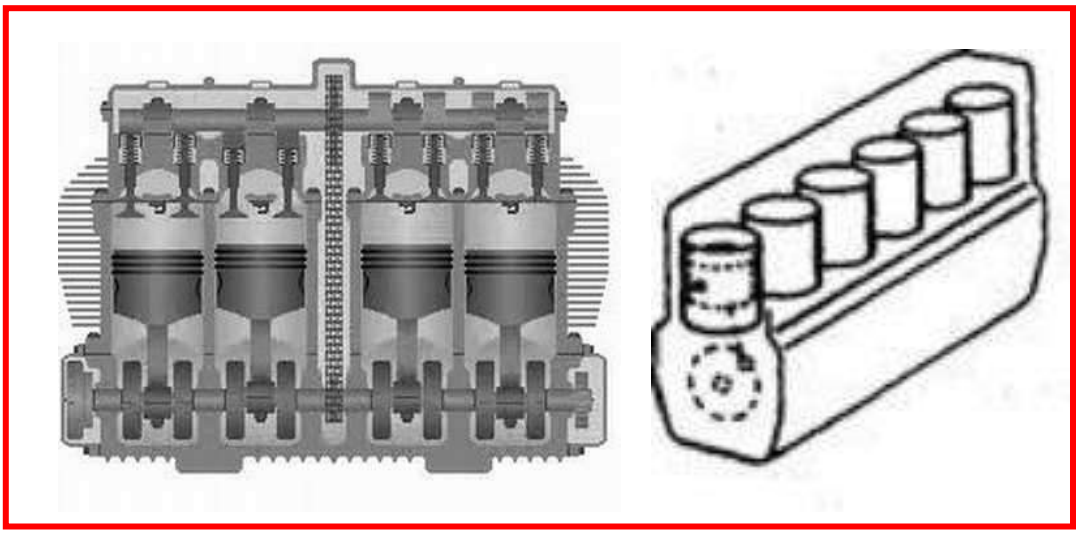
7-7 -1 تصنيف المحركات على وفق ترتيب الاسطوانات Cylinders Arrangement

طبقاً لترتيب الأسطوانات بالمحرك، تصنف المحركات إلى: 1- محركات خطية،

2- محركات على شكل حرف (V)، 3- محركات أفقية متعاكسة، 4- محركات نصف قطرية.

7-1-1-7 ترتيب أسطوانات على شكل خطي Linear Cylinders

ترتب الأسطوانات في المحركات الخطية واحدة تلو الأخرى في خط مستقيم. وتلك الأسطوانات توضع في اتجاه رأسي أو مائل قليلاً، أنظر شكل (7-7)

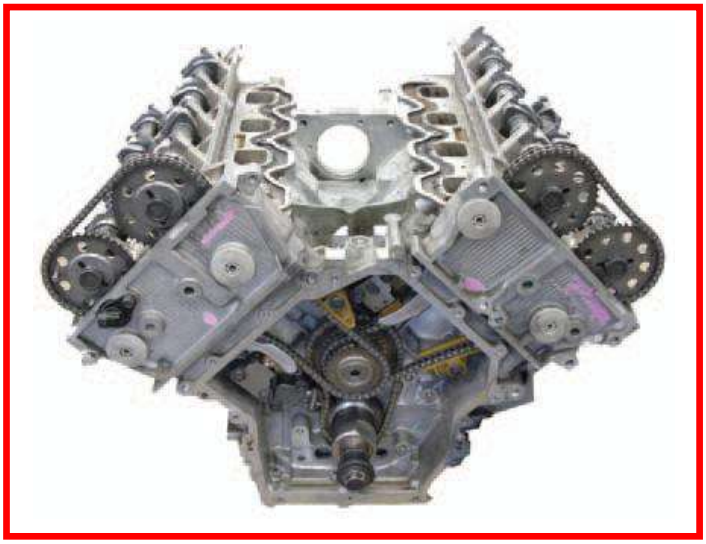


شكل 7-7 ترتب الأسطوانات في المحركات الخطية

2-7-1-7 الأسطوانات على شكل حرف (V) V Cylinders

المحركات من نوع (V)، توضع الأسطوانات في صفين بزاوية 90 أو 60 أو 45 أو 15 درجة، كما هو مبين في الشكل(7-8). وللمحركات من نوع (V) الميزات الآتية:

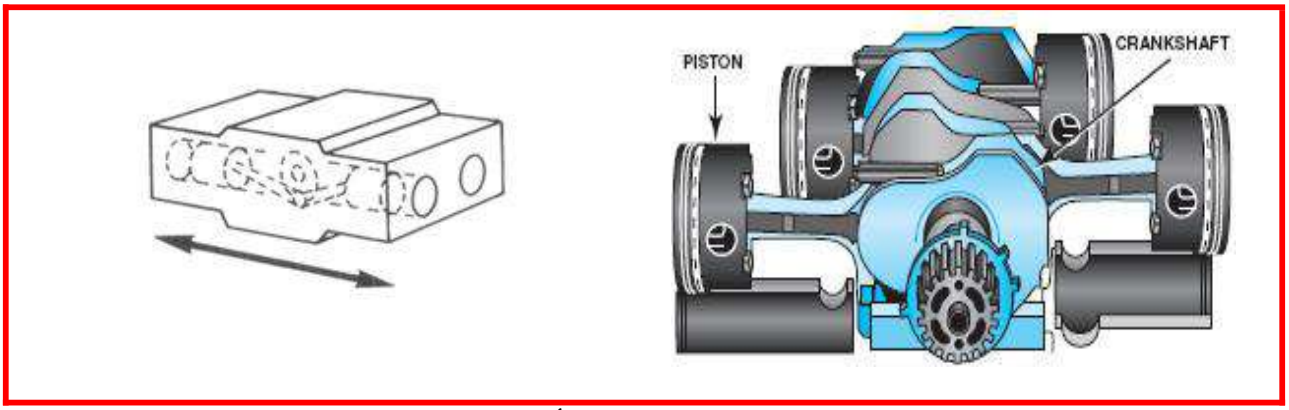
- قصر الطول.
- صلابة أكثر لجسم المحرك.
- عمود مرفق قصير.
- حجمها أقل بحيث يسمح بتركيب المحرك في فراغ أصغر.



شكل 7-8 المحرك على شكل حرف V

3-7-1-7 الاسطوانات الأفقية المتعاكسة Boxer Type Engine

المحركات الأفقية والمتعاكسة المبينة في الشكل (7-9) تشبه محركات V فيما عدا أن صفي الأسطوانات توجد في المستوى الأفقي. ومن مميزات تلك المحركات هي الصغر المتناهي في الارتفاع الكلي للمحرك، مما يجعله مثالياً للاستعمال عندما يكون الفراغ المتاح لتركيب المحرك صغيراً جداً. وهذه النوعية يطلق عليها أيضاً منبسطة أو المحركات الصندوقية، إذ أنه في هذا الترتيب يمتد نصف عدد الأسطوانات إلى خارج الجانب الأيسر من جسم المحرك، والنصف الآخر من الأسطوانات يمتد إلى خارج الجانب الأيمن من جسم المحرك.



شكل 7-9 المحركات الأفقية المتعاكسة

4-7-1-7 الأسطوانات نصف القطرية Radial Cylinder

يلاحظ أن الأسطوانات ترتب في اتجاه أنصاف أقطار دائرة وتتصل أذرع التوصيل بالأسطوانات كلها (ببنز) واحد لعمود المرفق. تستعمل هذه النوعية من المحركات في إدارة الطائرات الخفيفة ولا تستعمل في السيارات وكما هو مبين في الشكل (7-10).

10-7 ترتيب الأسطوانات في المحركات نصف القطرية

8-1-7 تصنيف المحركات على وفق وضع المحرك Engine location in Car

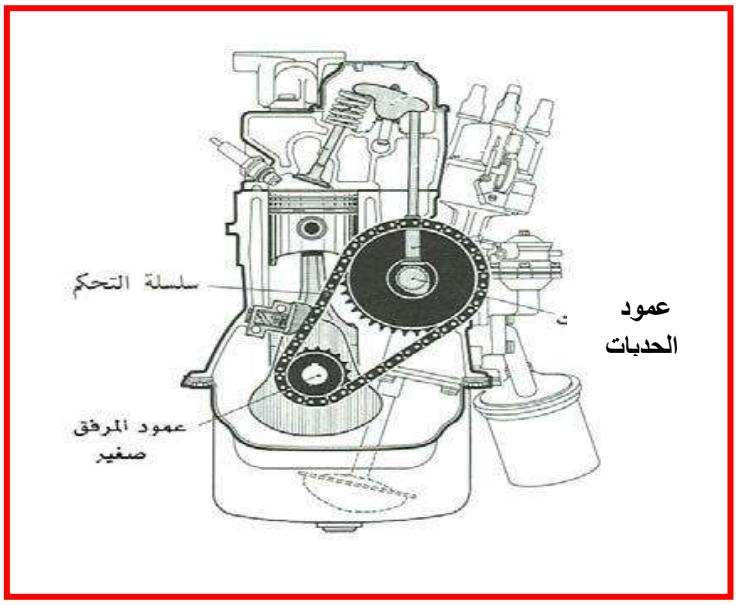
يوجد موضعان أساسيان للمحركات في السيارات وهما إما أن يكونا في مقدمة السيارة أو في مؤخرتها

1-2-7 طرائق ادارة عمود الحدبات Camshaft Driving Methods

يُدار عمود الحدبات بنصف سرعة دوران عمود المرفق حيث تفتح صمامات المحرك رباعي الأشواط أو تغلق مرة واحدة بعد كل دورتين من دورات عمود المرفق. ولهذا السبب فعدد أسنان ترس عمود الحدبات ضعف عدد أسنان ترس عمود المرفق. وتعتمد طريقة إدارة عمود الحدبات على موقعه.

الإدارة بالسلاسل Chains Drive

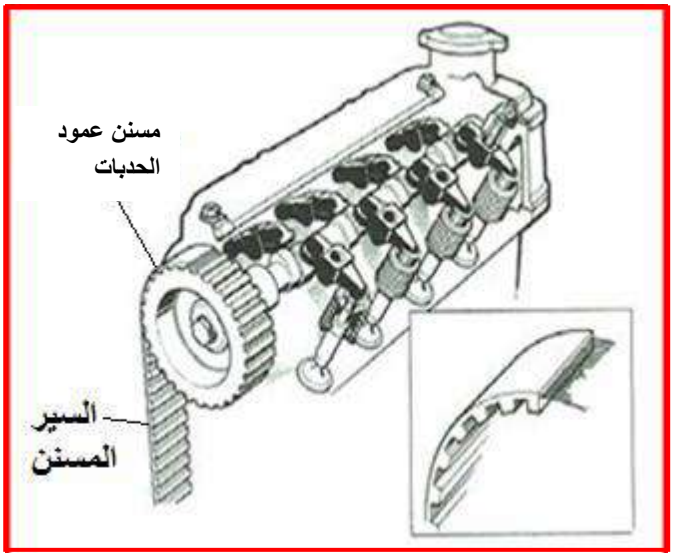
الإدارة بالسلاسل مناسبة للاستعمال في حالة ابتعاد محور عمود الكامات عن محور عمود المرفق. ويمكن أن تكون السلاسل أحادية أو مزدوجة.ويُتحكم في قوى شد السلاسل بواسطة بكرة سلاسل ذات نابض أو بكرة سلاسل هيدروليكي وقد كثر حديثاً عدد محركات المركبات الآلية المدارة بالسلاسل والمزودة بعمود حدبات علوي يقع فوق المحرك، وكما هو مبين في الشكل (7-11).



شكل 7-11 الإدارة بالسلاسل

الإدارة بالسيور المسننة Toothed Belt Drive

هذا النوع من الإدارة قليل الانتشار ولا يوجد سوى في أنواع قليلة من المحركات ومنها محركات السيارات رباعية الأشواط، وكما هو مبين بالشكل (7-12).



شكل 7-12 الإدارة بالسيور المسننة

الإدارة بالتروس Gears Drive

تستعمل في حالة قرب محور عمود الكامات من محور عمود المرفق وتكون أسنان التروس مائلة حتى تحقق إدارة مناسبة. ويوضع علامات على أسنان التروس يسهل تركيب ترس عمود الكامات والمرفق في وضعهما الصحيح في ما يخص بعضهما البعض.

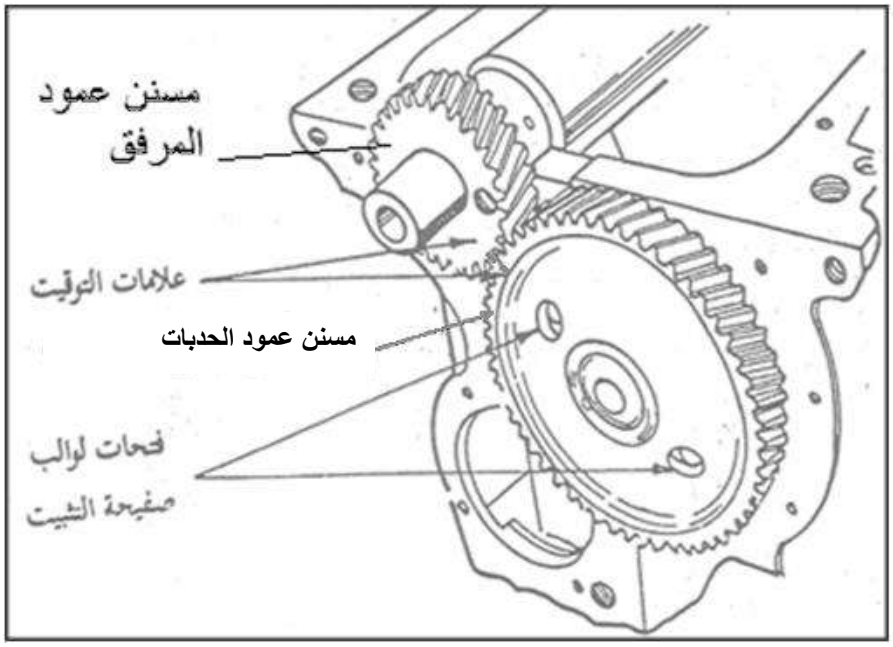
2-7 آلية الحركة لمجموعة التوقيت :

هي توقيت ميكانيكية الحركة لمجموعة التوقيت التحكم بالغازات التي تدخل إلى اسطوانة المحرك (الشحنة) وغازات العادم بتوقيت دقيق. وتتكون المجموعة من الأجزاء الآتية في المحركات الرباعية:

1- عمود الحدبات.
2- إدارة عمود الحدبات.
3- الصمامات.
4- تروس التوقيت

2-2-7 تروس التوقيت Timing Gears

يعد ترس عمود المرفق الترس الرئيس للتوقيت، وهو الذي يدير بقية التروس كترس عمود الحدبات وترس مضخة الزيت أو موزعة الشرر أو أي أجزاء أخرى يراد تدويرها في المحرك كمضخة الوقود والهواء في الشاحنات وهنالك علاقة بين حركة المكابس نحو الأعلى والأسفل وفتح وإغلاق الصمامات وتُضبط هذه العلاقة وتوقت عن طريق تروس التوقيت المثبتة على مقدمة عمود المرفق وعمود الحدبات، وبما أن عمود الحدبات يستمد حركته من عمود المرفق، لذا فالترسان المركبان عليهما يقومان بالسيطرة على توقيت العمليات ويكون ذلك إما بالتعشيق المباشر بينهما، كما هو موضح بالشكل(7-13) وهذا ماكان الحال عليه في التصاميم القديمة للمحركات أو بوساطة إحدى طرائق الإدارة الموضحة سابقاً.

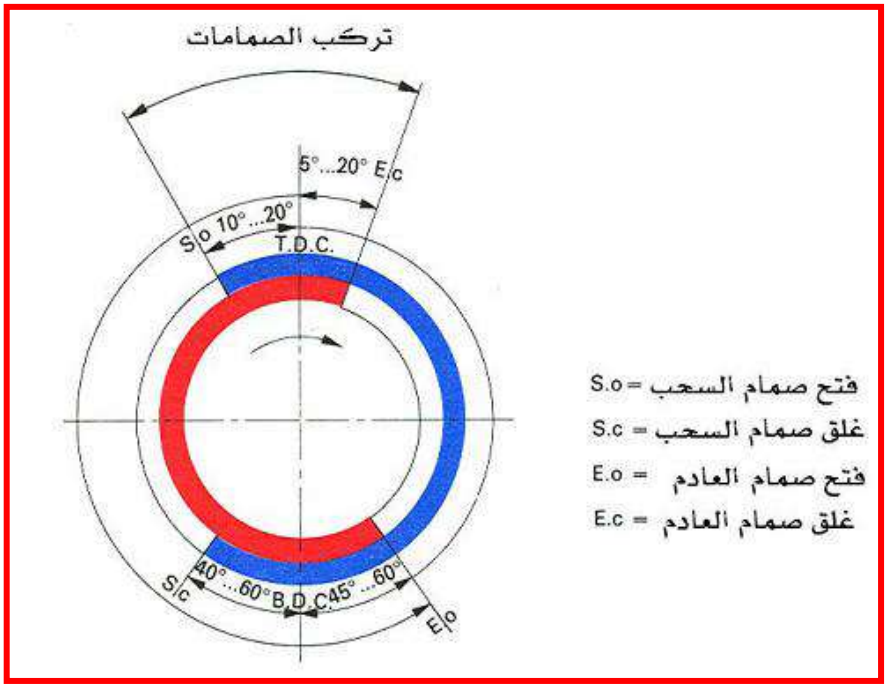


شكل 7-13 التعشيق المباشر لتروس التوقيت

3-2-7 توقيت عمود الحدبات Camshaft Timing

الشكل(7-14) يبين المخطط البياني لتوقيت الصمامات،أي أزمنة فتح كل من صمامي السحب والعادم وإغلاقهما لكل دورتين من دوران عمود المرفق.

من أجل تبسيط فكرة عمل المحرك ذي الدورة الرباعية فرضنا أن صمامي العادم والسحب يفتحان ويغلقان عند (ن . م . ع)، (ن، م، س)، ولكن في الحقيقة غير ذلك فالشكل (7-13) يظهر بأن صمام العادم يبدأ بالفتح قبل (ن.م.س) بـ 45-60 درجة فـي أثناء شوط القدرة ويبقى مفتوحاً بعد(ن . م . ع) بـ 5-20 درجة في أثناء شوط السحب والوقت الأضافي يسمح بخروج كمية أكبر من غازات العادم من الأسطوانة فعندما يصل المكبس قبل (ن . م .س) بـ 45 درجة في أثناء شوط القدرة يكون ضغط الغاز قد انخفض انخفاضاً كبيراً ولذا فهو لا يفقد إلا جزءا صغيراً من القدرة نتيجة لوجود وقت أطول لخروج غازات العادم من الأسطوانة وبطريقة مماثلة فإن ترك صمام السحب مفتوحا بعد (ن.م.س) بـ 40-60 درجة بعد شوط السحب سيعطي وقتاً أطول لمخلوط الهواء والوقود للدخول إلى الأسطوانة.



شكل 7-14 مخطط توقيت الصمامات

إن إدخال كمية كبيرة من مخلوط الهواء والوقود إلى داخل الأسطوانة يُعد من العوامل المهمة التي تحسن أداء المحرك. وفي الحقيقة لايمكن أن تكون الأسطوانات مملوءة تماماً عند غلق صمام السحب في (ن م س)، لذلك فإن ترك صمام السحب مفتوحاً لعدة درجات بعد (ن . م . س) بعد انتهاء شوط السحب يزيد من الجودة الحجمية وبالتالي يحسن أداء المحرك.ويعتمد توقيت الصمامات على شكل الحدبة والعلاقة بين وضع التروس أو العجلات المسننة الموجودة على كل من عمود الحدبات وعمود المرفق. ويسمى الزمن الذي يكون فيه صماما السحب والخروج (العادم) مفتوحين معاً بتراكب الصمامات ويزداد زمن فتح الصمامات في المحركات ذات سرعات الدوران العالية. ويتجاوز زمن الفتح في المحركات عالية التحميل القيم المتوسطة المحددة.

أسئلة الفصل السابع

س1: عدد التصنيفات المعتمدة في المحركات مع شرح موجز لكل منها.

س2: اشرح مع الرسم الدورة الرباعية الأشواط لمحرك البنزين.

س3 :أملأ الفراغات الآتية:

أ- المحركات الرباعية الأشواط بها شوط ..... وشوط ..... وشوط ..... وشوط ..... .

ب – عمود الحدبات يستمد حركته من ..... .

ج- الأسطوانات نصف القطرية تستعمل في النوعية من المحركات في إدارة ..... .

د- الإدارة بالتروس تستعمل في حالة ..... محور عمود الكامات من محور عمود المرفق.

س4: أين توضع الصمامات في المحركات الآتية:-

أ- (I-head) ب-(F-head) ج-(L-head) د-(T-head)

س5 : اشرح تصنيف المحركات على وفق ترتيب وضع الصمامات.

س6 : صحح الخطأ إن وجد:

أ- معظم محركات الاحتراق المكبسية الترددية تستعمل دورة التشغيل الرباعية فقط.

ب- فيما يخص الأشواط الأربعة لمحرك الديزل فإن الفرق يكمن في كون محرك الديزل يعتمد على الاشتعال في شوط القدرة وعلى شمعة القدح.

5- وظيفة فتحات الصمامات برأس المحرك هي السماح للصمامات بالحركة إلى أعلى وأسفل.

8- ترتب الأسطوانات في المحركات الخطية بشكل حرف (V).

س7 :اشرح توقيت عمود الحدبات في السيارات.

س8 :علل ما يأتي :

1- يُعد ترس عمود المرفق الترس الرئيس للتوقيت.

2- الأسطوانات الأفقية المتعاكسة تكون مثالية للاستعمال عندما يكون الفراغ المتاح لتركيب المحرك صغيراً جداً.

5- القدرة والعادم في دورة واحدة لعمود المرفق في المحرك الثنائي.

8- في نظام ترتيب الإشعال توزع نبضات القدرة المتولدة في أثناء الاحتراق على عمود المرفق بالتساوي.

س9 :ما الفرق بين الأشواط الأربعة لمحرك البنزين وبين محرك الديزل؟

الفصل الثامن

كهربائية السيارات

Cars Electric

مقدمة

تحتوي السيارة على عدد من المنظومات الكهربائية، إحداها تقوم بإنتاج التيار الكهربائي، أما المنظومات الأخرى فتقوم باستهلاك التيار، كما أن البطارية تعمل على خزن التيار الفائض عن الحاجة وتجهيز المنظومات الكهربائية الأخرى به في الوقت المناسب مثل منظومة التكييف والإنارة وغيرها.

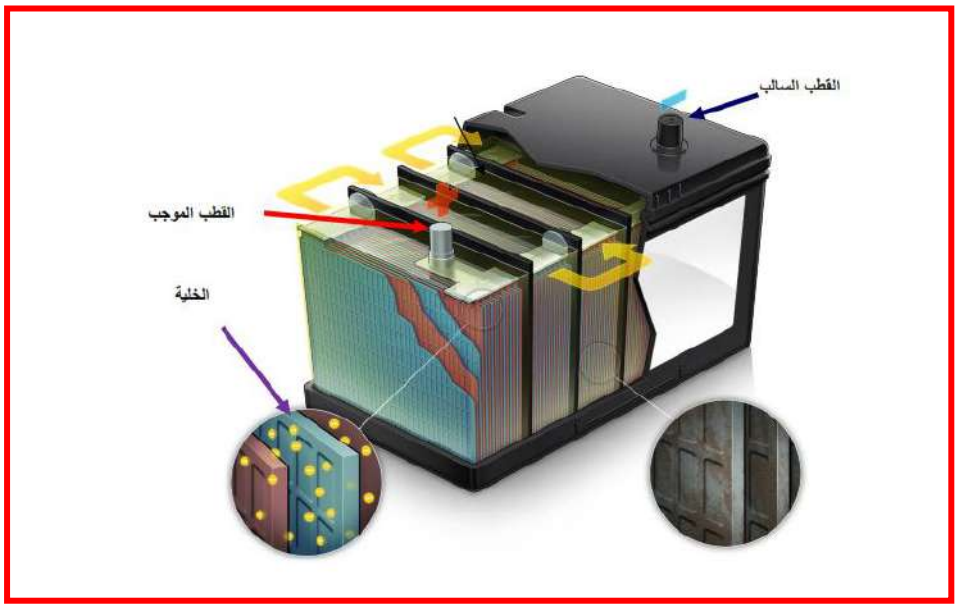
8- 1 المنظومات الكهربائية Electrical Systems

كما تطرقنا سابقاً هناك العديد من المنظومات الأساسية في السيارة ومنها الآتي :

1. منظومة الإنارة.
2. منظومة شحن البطارية (النضيدة).
3. منظومة الإشعال.
4. منظومة بدء الحركة (التشغيل).

8-2 البطارية (النضيدة) Battery

تستعمل البطارية (النضيدة) في السيارة لإعطاء تيار عالٍ في بداية تشغيل المحرك، ودعم الدائرة الكهربائية للسيارة في مختلف ظروف العمل.وتقوم البطارية بخزن الطاقة الكهربائية في أثناء عمل المولد. وتتميز بطارية السيارة بمقاومتها العالية للاهتزازات وبمعدل عالٍ للشحن وبتيار تفريغ عالٍ. هناك أنواع من البطاريات المستعملة في السيارة، ومنها بطارية الرصاص الحامضية وبطارية الحديد القلوية (تستعمل في السيارات الحديثة والدراجات النارية والمركبات الإنتاجية). وكما هو مبين في الشكل (8-1).



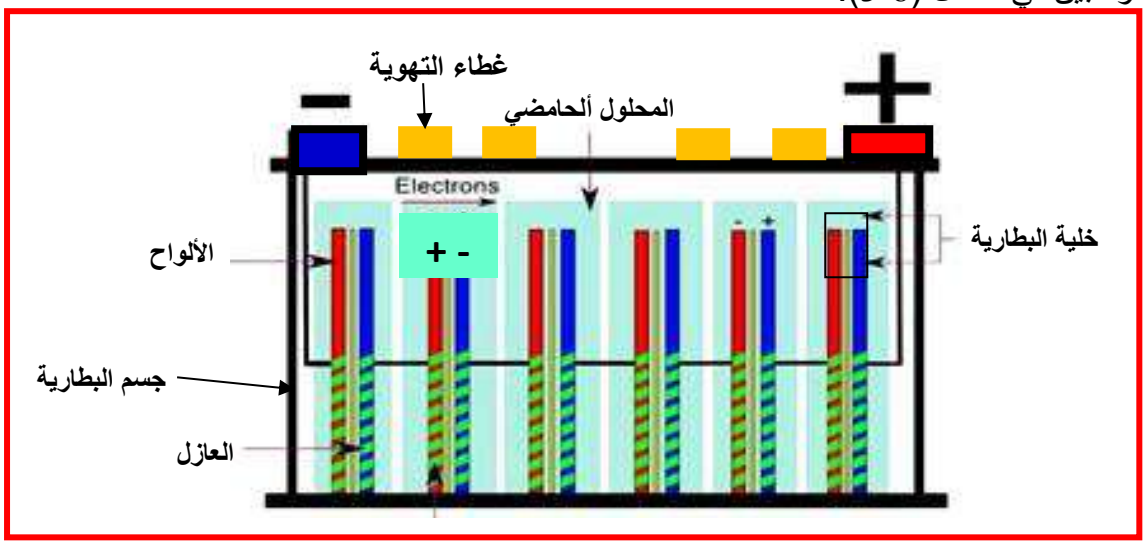
شكل 8-1 بطارية (نضيدة) الحديد القلوية

1-2-8 أجزاء بطارية (نضيدة) الرصاص الحامضية Lead Acid Battery

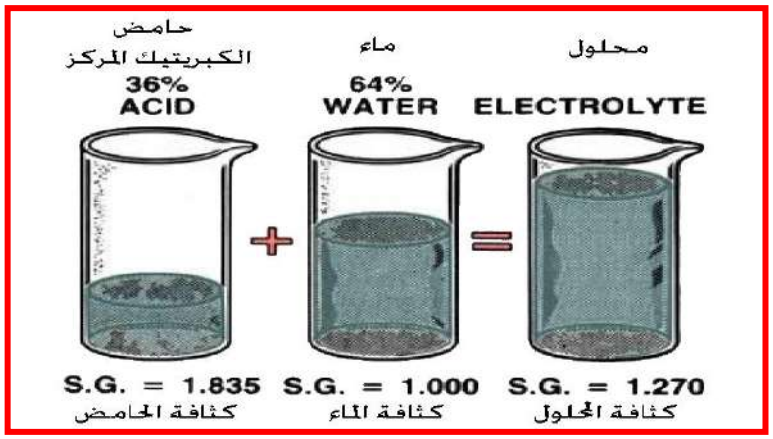
كما في الشكل(8-2) تتكون من:

1-جسم البطارية
2-خلية البطارية
3-الألواح (الصفائح)
4-أطراف البطارية (الأقطاب الموجب والسالب)
5-غطاء التهوية
6- المحلول الحامضي Electrolyte Acid

يتكون محلول البطارية الحامضية من محلول حامض الكبريتيك بنسبة تركيز (36 ٪ حامض،64 ٪ ماء) ويمكن الحصول على هذه النسبة بإضافة حامض الكبريتيك المركز الذي تكون كثافته حوالي (1.835 غم/سم^3) بنسبة حجم واحد إلى أربعة حجوم من الماء المقطر والذي كثافته (1000 غم/ سم^3)، وكما هو مبين في الشكل (8-3).



شكل 8-2أجزاء البطارية

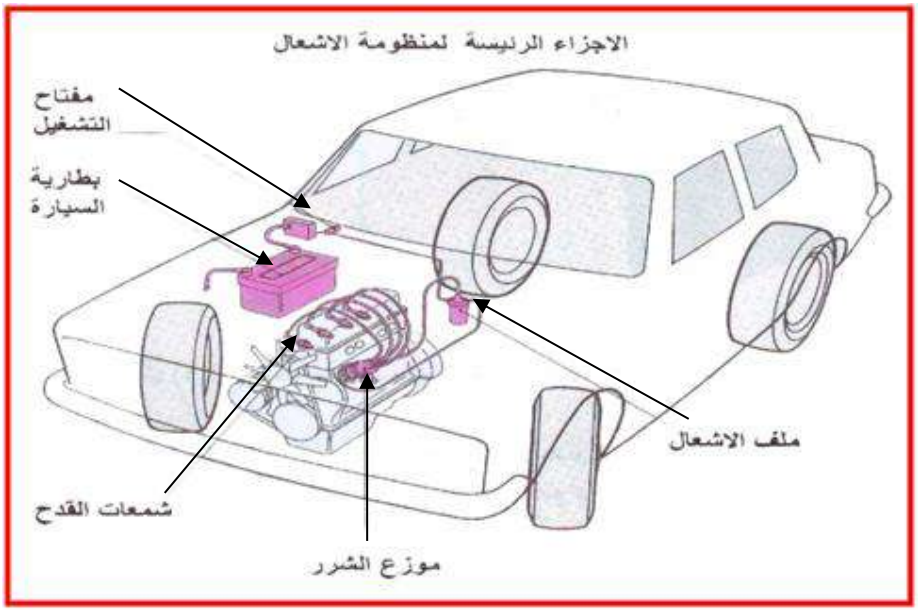


شكل8-3 نسبة خلط محلول البطارية

3-8 منظومة الإشعال بالبطارية Battery Ignition System

تستعمل محركات الإشعال بالشرارة كافة منظومة الإشعال شكل (8-4) التي تقوم بتحويل موجات الضغط الواطئ (12V) فولت إلى موجات ذات الضغط العالي الذي يتراوح بين (18-30) كيلو فولت، وعليه فإن منظومة الإشعال بالشرارة يجب أن تتناسب مع الظروف الآتية:

1. أن تصل الشرارة إلى شمعة القدح بوقت يتناسب مع وضع المكبس داخل الاسطوانة.
2. أن تعمل بكفاءة عند أقصى وأقل سرعة دوران للمحرك.
3. أن تولد شرارة ذات جهد كافٍ لعبور ثغرة شمعة القدح في الظروف كلها.



شكل 8-4 موقع منظومة الإشعال بالبطارية

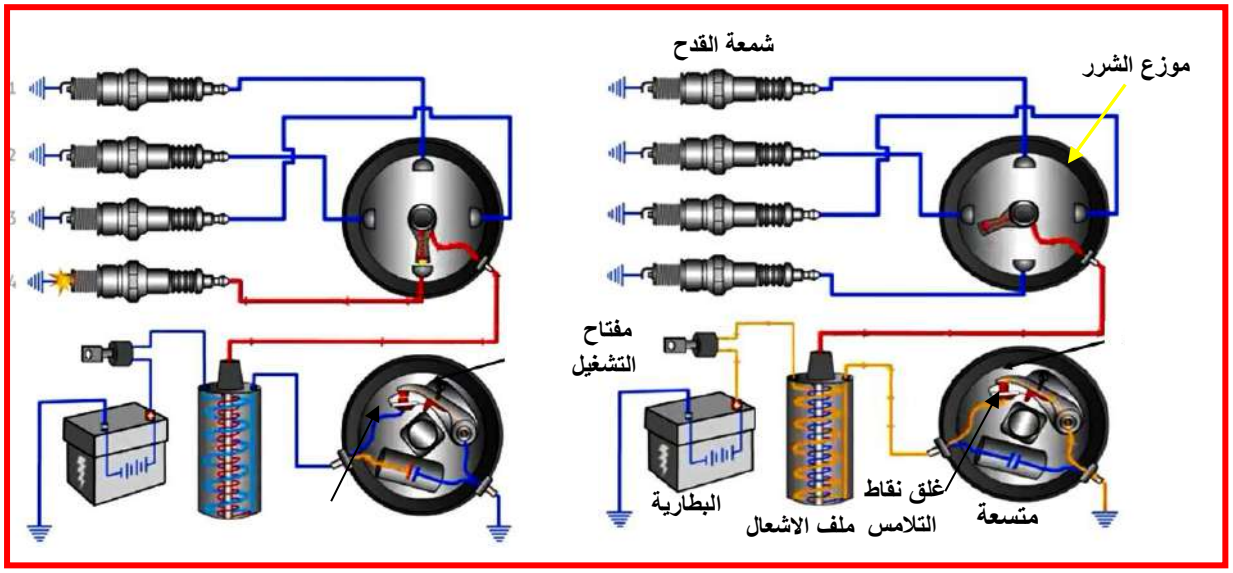
1-3-8 أجزاء منظومة الإشعال بالبطارية

1. مفتاح التشغيل	s.w
2. البطارية	Battery
3. ملف الإشعال(الابتدائي والثانوي)	Ignition Coil
4. المكثف الكهربائي (المتسعة)	Condenser
5. موزع الشرر (الإشعال)	Distributor
6. شمعة القدح	Spark Plug

2-3-8 مبدأ عمل منظومة الإشعال How Ignition System Works

الشكل (8-5)عند غلق مفتاح التشغيل وقاطع التلامس مغلق يمر تيار البطارية خلال الدائرة الابتدائية لملف الإشعال ويعمل على بناء مجال مغناطيسي حول القلب الحديدي، فتتولد قوة دافعة كهربائية محتثة تعرقل نمو التيار في الملف الابتدائي وتقوم المتسعة بتفريغ شحنتها في الملف الابتدائي بشكل تيار معاكس لاتجاه التيار الأصلي لذلك يكون الحث في الملف الثانوي غير كافٍ لحصول الشرارة.

وعند فتح نقاط التلامس يتلاشى التيار في دائرة الملف الابتدائي لأن مقاومة الدائرة الكهربائية تصبح كبيرة جداً، وتشحن المتسعة بتيار الملف الابتدائي، فتعمل المتسعة على زيادة سرعة تلاشي التيار وتمنع حدوث الشرارة على طرفي نقاط التلامس. ونتيجة الحث الذاتي للملف الابتدائي تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة باتجاه تيار البطارية مما يؤدي إلى انهيار خطوط القوى المغناطيسية بسرعة كبيرة حول القلب الحديدي لملف الإشعال ونتيجة الحث المتبادل بين الملفين ستتولد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف الثانوي بحدود (20000- 30000) فولت. وترسلها الى الموزع الشرر ومنه الى شمعة القدح



شكل 8-5 عمل منظومة الإشعال ذات موزع شرر

8-3-3 منظومة الإشعال بالماكنيت Magnetic Ignition System

يستعمل هذا النظام في بعض أنواع المحركات الصغيرة، وفي الدراجات النارية وكذلك يستخدم كبديل لمنظومة الإشعال بالبطارية للطائرات في حالة الطوارئ إذ أنه يشغل عند توقف النظام الأصلي.

تتكون منظومة الإشعال بالماكنيت من:

1-مجموعة الإشعال ذات عضو الإنتاج الدوار

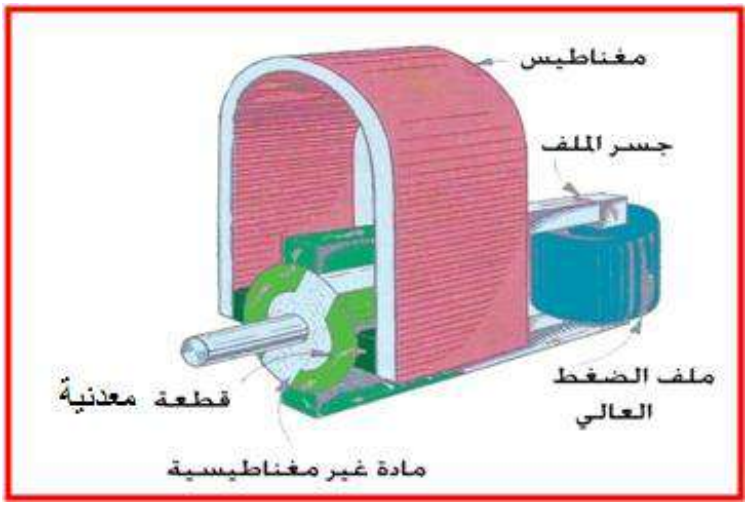
يتكون من مغناطيس دائمي يدور بينهما عضو الإنتاج الذي يحتوي على ملف ابتدائي وثانوي، الملف الابتدائي يتكون من بضع مئات من لفات سلك سميك بينما يتكون الملف الثانوي من الآلاف من لفات السلك الرفيع.

2- منظومة الاشتعال ذات المغناطيس الدوار

إن مبدأ عمل منظومة الإشعال ذات المغناطيس الدوار لايختلف عما موضح في البند السابق. اذ إن عضو الإنتاج في هذه المنظومة ثابت والمغناطيس يدور مما أحدث تطوراً على ما كان عليه الجهاز السابق.ويتميز هذا النوع بعدم تعرض عضو الإنتاج فيه لقوى عزم القصور الذاتي ويكون المكثف و نقاطع التلامس ثابتين.

مبدأ العمل

عند بدء دوران عضو الإنتاج يتولد تيار محتث في الملف الابتدائي عندها تكون نقاط التلامس مغلقة، عند فتح نقاط التلامس يؤدي إلى انهيار سريع جداً للمجال المغناطيسي وإنتاج ضغط عالٍ (HighTension) في الملف الثانوي، مما يحدث الشرارة في شمعة القدح، لاحظ الشكل (8-6).



شكل 8-6 مجموعة الإشعال ذات عضو الإنتاج الدوار

8-3-4 منظومة الإشعال بدون موزع شرر (المجول)

يستخدم هذا النظام ملفان لإشعال محرك رباعي الأسطوانات، وثلاثة ملفات لمحرك سداسي الأسطوانات، هذا يشير إلى أن كل ملف مسؤول عن أسطوانتين تجهز بالطاقة بشكل متناوب. ملف الحث الثانوي يولد طاقة كافية لإنتاج شرارة في كلا الشمعتين المربوطتين على التوالي.تحدث الشرارة في كلا الأسطوانتين، إحداهما في نهاية شوط الضغط والأخرى في نهاية شوط العادم. كلا الأسطوانتين تحدث بهما الشرارة في الوقت نفسه لإتمام الدائرة المتوالية.في هذا النظام كل أسطوانة ترتبط مع الأسطوانة المعاكسة لها في ترتيب الإشعال مثل (1-4، 2-3) لمحرك رباعي الأسطوانات و(1-4، 2-5، 3-6) لمحرك (V) سداسي أسطوانات.

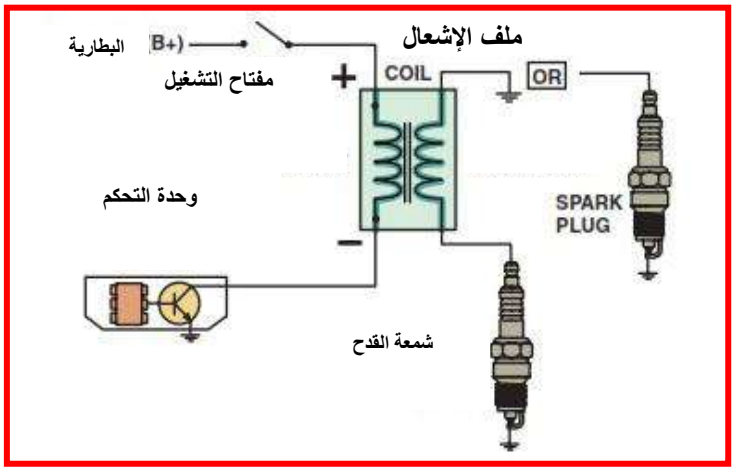
يسمى هذا النظام بنظام الإشعال المهمل (Wasted Spark System). يُتحكم بتوقيت الإشعال من خلال وحدة التحكم الإلكتروني (ECU) (Electronic Control Unite) ووحدة الإشعال الإلكتروني (ICU) (Ignition Control Unit) (تكون هذه الوحدة ضمن العقل الإلكتروني) الذي يستقبل الإشارات من متحسس السرعة ومتحسس موقع المكبس على المحور القلاب.

مميزات هذا النظام هي:

1. لا يحتاج إلى ضبط توقيت الإشعال.
2. لا يوجد غطاء وعضو دوار.
3. لا يحتوي على أجزاء متحركة ولايحدث فيه تآكل.
4. لا يتأثر بالرطوبة (التي تسبب صعوبة التشغيل في نظام الموزع).

الأجزاء الرئيسة لمنظومة الإشعال بدون موزع شرر وكما هو مبين في الشكل (8-7).

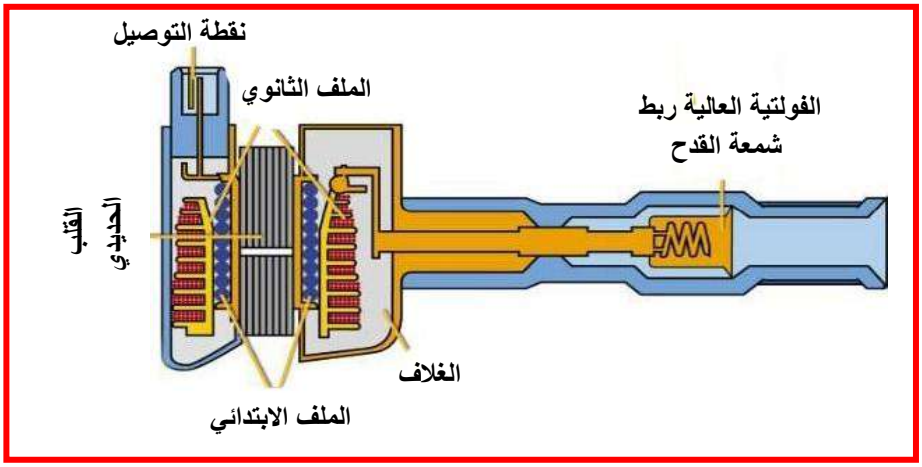
1- مفتاح التشغيل
2- البطارية
3- وحدة التحكم الإلكتروني للمحرك.
4- وحدة الإشعال الإلكتروني.
5- متحسسات.
6- مجموعة الملفات
7- شمعة القدح



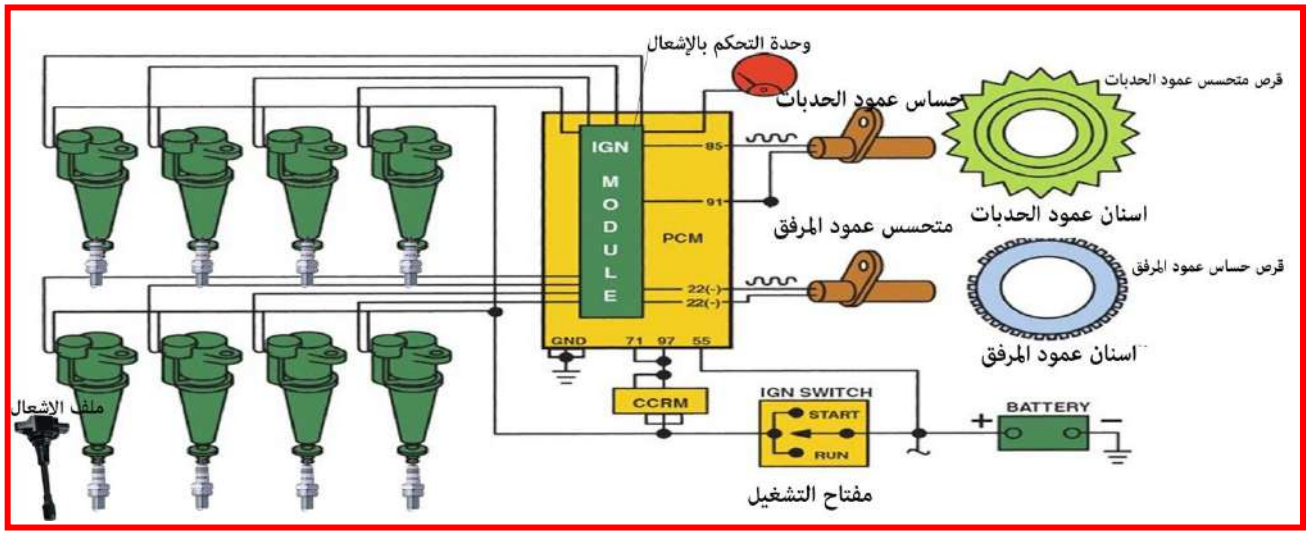
شكل 8-7مخطط منظومة إشعال بدون موزع

8-3-5 نظام الإشعال المباشر Direct-Ignition System

نظام الإشعال من هذا النوع يحتوي على ملف إشعال خاص بكل أسطوانة.تُقطَّع الدائرة الابتدائية لملفات الإشعال عن طريق وحدة التحكم الإلكتروني (ECU) باستعمال التوزيع المنطقي للشحنة إشارة النقطة الميتة العليا من حساس عمود المرفق غير كافية في هذه الحالة، لذلك يُعتمد أيضاً على الإشارة القادمة من عمود الحدبات، وكما هو مبين في الشكل (8-8) والشكل(8-9).



شكل 8-8 ملف الإشعال في منظومة الإشعال المباشر

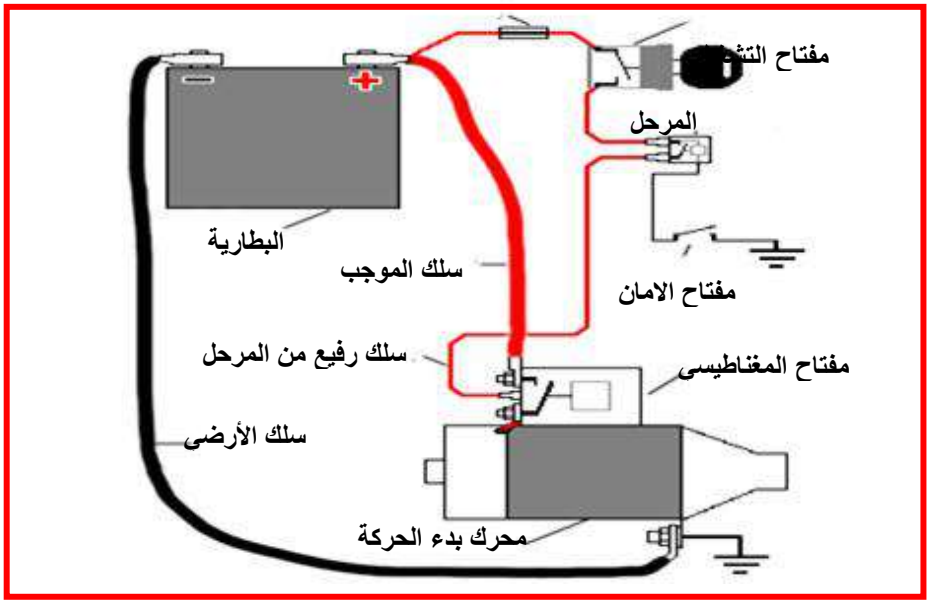


شكل 8-9 دائرة منظومة الإشعال المباشر

4-8 منظومة بدء التشغيل Starting System

تتكون منظومة بدء التشغيل بصورة رئيسة من محرك بدء الحركة الغرض منه تدوير المحرك، البطارية تعمل كمصدر للطاقة. الغرض من مفتاح الإشعال فتح وغلق الدائرة الكهربائية ويزود بمفتاح تشغيل مغناطيسي. وتتكون من الأجزاء التالية:

1- مفتاح التشغيل
2- البطارية
3- مرحل
4-محرك بدء الحركة (السلف):وهو محرك كهربائي ذو تيار مستمر يستمد تياره من البطارية، ويعمل على تزويد محرك السيارة عند بدء الحركة بالعزم اللازم لتحريكه حتى يشتغل محرك السيارة، فعمله محدد في بدء تشغيل محرك السيارة ويُنقل الحركة إلى المحرك عن طريق الحذافة (الدولاب الطيار).



شكل 8-10 الدائرة الكهربائية لمحرك بدء الحركة

محرك بدء التشغيل يربط مباشرة مع البطارية ومنها يسحب التيار اللازم لعمله (عن طريق أسلاك سميكة مصنوعة من النحاس)،وكمية التيار المسحوبة لبدء التشغيل كبيرة جداً وتصل إلى (400) أمبير، ولذلك تستعمل أسلاك ذات أقطار كبيرة من النحاس في ملف محرك بدء الحركة ولغرض الاحتفاظ بمقاومة الدائرة الكهربائية قليلة تستعمل أسلاك بأقصر طول ممكن.يربط محرك بدء الحركة على التوازي لاحظ شكل (8-10)

الأجزاء الرئيسة لمحرك بدء التشغيل: كما هو مبين في الشكل (8-11).

1-عضو الإنتاج Armature

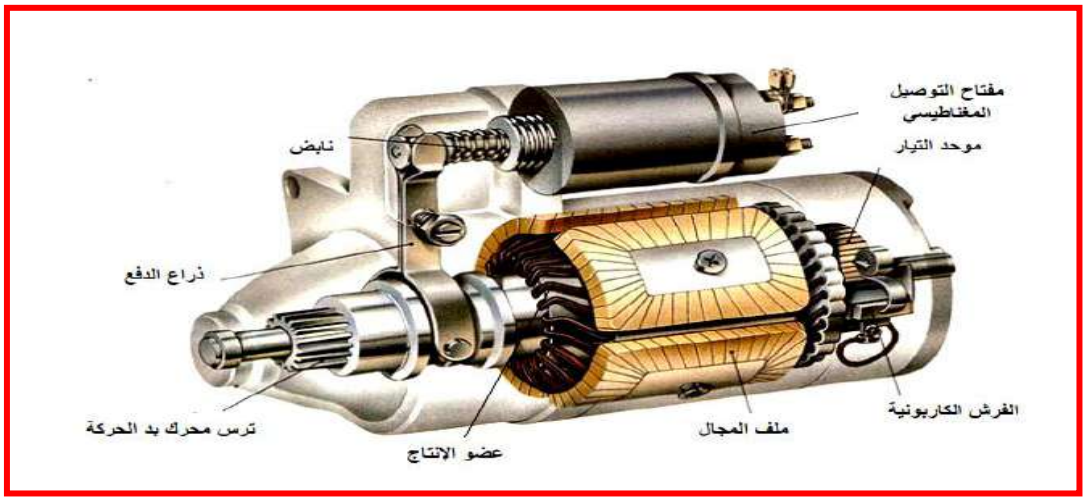
2- ملفات المجال FIELD WINDING

3- موحد التيار Commutate

4-مفتاح التوصيل المغناطيسي Magnetic switch

5-مجموعة إلية التعشيق للمسنن محرك بدء الحركة نوع (بندكس)

في نهاية عضو الإنتاج توجد تركيبة تشغيل تتكون من مسنن صغير وقابض ذي اتجاه واحد بواسطتها يبدء محرك بدء الحركة بتشغيل محرك السيارة عن طريق تعشيق المسنن الصغير مع مسنن الحذافة.

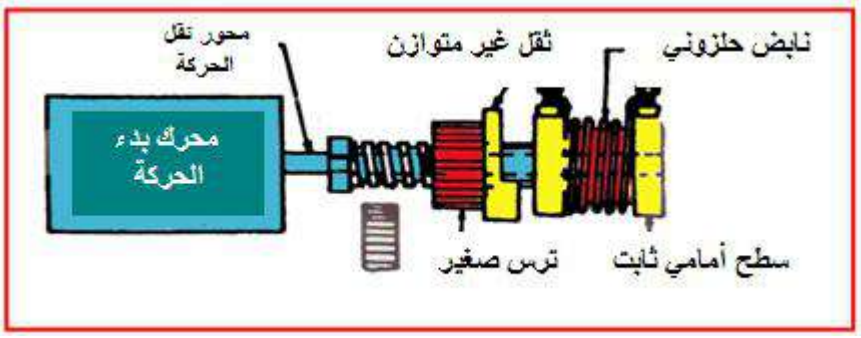


شكل 8-11 أجزاء محرك بدء الحركة

تربط ملفات المجال على التوالي مع فرش وملفات عضو الإنتاج وفي بعض محركات بدء التشغيل تستعمل أربع أقطاب وملفات مجال عدد اثنان وفي بعض الأنواع تستعمل ستة أقطاب للمحركات التي تستعمل للأحمال الكبيرة.

1-4-8 مجموعة التعشيق بنوع خاص تسمى (بندكس)

يوضح الشكل (8-12) مجموعة بندكس القياسية لمحرك بدء التشغيل. تتكون هذه المجموعة من ترس التعشيق مقلوظ من الداخل ومسنن من الخارج ويركب هذا الترس على محمل أسطواني (بوشة) مقلوضة من الخارج بالخطوات نفسها التي تم بها قلوظة ترس التعشيق ويركب هذا المحمل من القطر الداخلي على عمود محرك بدء التشغيل ويتصل بالترس الصغير ثقل غير متوازن الغرض منه منع دوران الترس حول الأسطوانة.



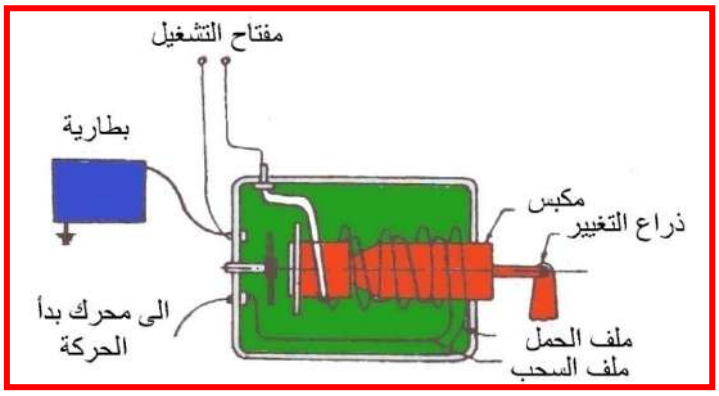
شكل 8-12 مجموعة بندكس

مبدأ العمل

عند بدء محور التشغيل بالعمل يدور محور عضو الإنتاج وإذ إن الترس لاستطيع الدوران بسبب (عزم القصور الذاتي) فإنه يتحرك محورياً باتجاه المحرك حتى يتعشق مع الحذافة وبذلك يمنع من الحركة المحورية بواسطة الطوق المتصل بالمحمل وعندها يبدء الدوران، وعند ذلك تدور الحذافة وبالتالي بدء عمل المحرك. وعند بدء عمل المحرك يقوم المحرك بتدوير الترس وإعادته إلى موضعه ويفك الارتباط بالحذافة.

8-4-2المفتاح المغناطيسي Magnetic Switch

يستعمل المفتاح المغناطيسي لتحريك الترس وتعشيقه مع الحذافة أولاً (مجموعة التعشيق) ثم إيصال التيار الكهربائي إلى عضو الإنتاج، كما هو موضح في الشكل (8-13).تستعمل معظم السيارات طريقة القابض المنزلق في محركات بدء التشغيل. يعمل ملفا الحمل والسحب على تحريك القابض المنزلق وغلق المفتاح، هذا المفتاح يبدء أولاً بتحريك الترس لتعشقه مع الحذافة وبعد ذلك تغلق الدائرة بين البطارية ومحرك بدء التشغيل.

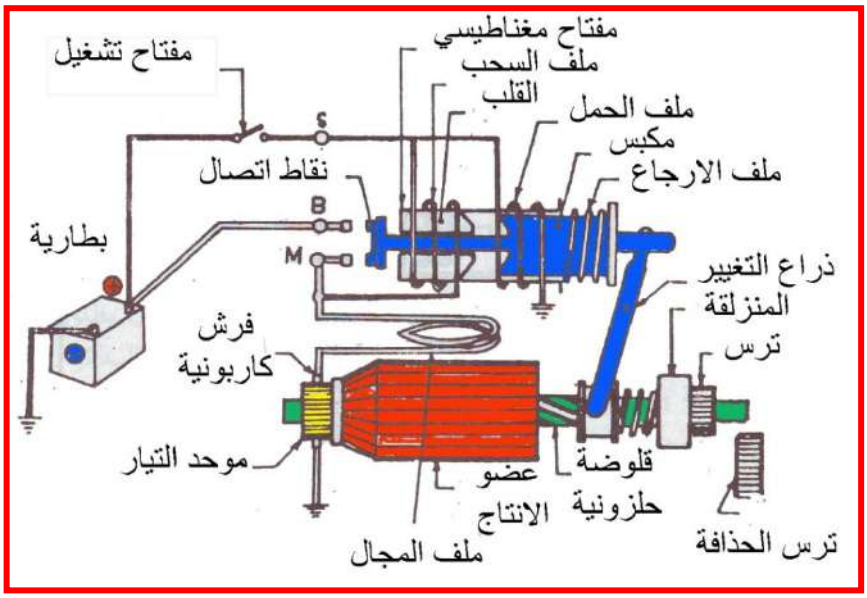


شكل 8-13 مفتاح مغناطيسي

مبدأ العمل

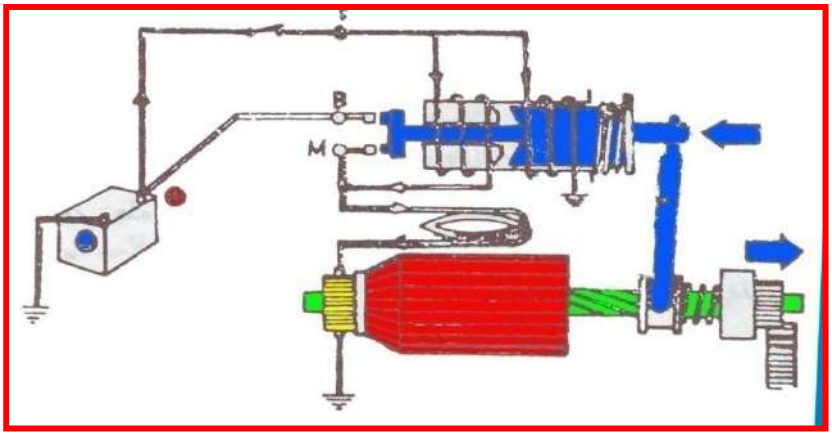
أولاً: يوضح الشكل (8-14) المفتاح المغناطيسي وهو في وضع (off) نلاحظ عدم ارتباط النقطة (B) بالنقطة (M) وكذلك مفتاح التشغيل مفتوحاً وانفصال ترس محرك بدء الحركة عن ترس الحذافة.

علماً أن (S) المفتاح، (B) البطارية، (M) نقطة إيصال التيار إلى ملف المجال.



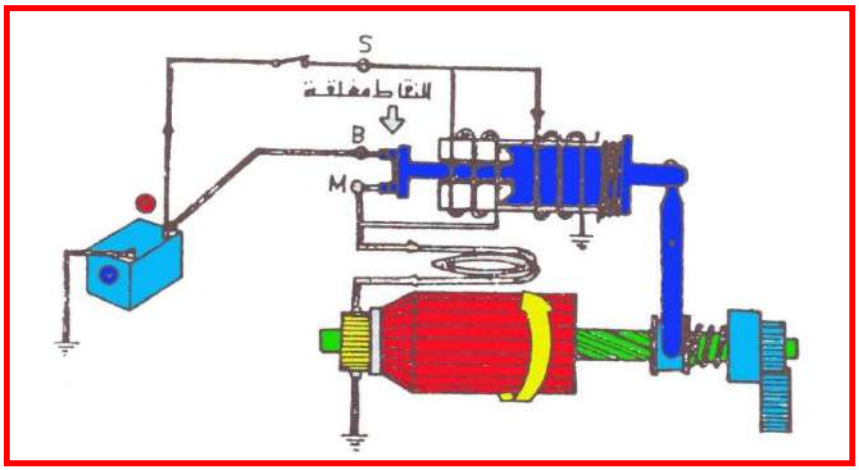
شكل 8-14 الدائرة المفتوحة لمحرك بدء الحركة

ثانياً:عند وضع مفتاح الإشعال على وضع بدء التشغيل يسري التيار من البطارية خلال الطرف (S) إلى ملفي السحب والحمل، عندها يشحن قلب الملف بالطاقة مكوناً مغناطيس كهربائي، حيث يسحب المكبس إلى اليسار. تنقل حركة المكبس إلى الترس خلال ذراع التغيير. و يبدأ محرك بدء الحركة بالدوران بسرعة بطيئة، كما في الشكل (8-15).



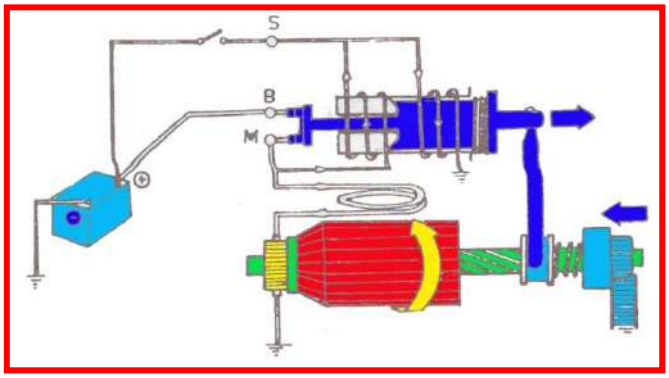
شكل 8-15 الدائرة المغلقة لمحرك بدء الحركة

ثالثاً:عند سحب المكبس إلى آخر خطوته ترتبط نقاط التوصيل (B) و(M) ويسري تيار كبير (150 - 200) أمبير إلى محرك بدء التشغيل عندئذٍ يبدء المحرك بالدوران بسرعته العالية. في الوقت نفسه يتعشق الترس تماماً مع حلقة الحذافة ويبدأ تشغيل المحرك وبعزم عالٍ. لا يسري التيار خلال ملف السحب عند بقاء نقاط الاتصال مرتبطة في مكانها حيث تبقى هذه النقاط مرتبطة بواسطة القوة المغناطيسية لملف الحمل فقط. لاحظ الشكل (8-16).



شكل 8-16 الدائرة المغلقة لمحرك بدء الحركة وارتباط النقطتين B و M

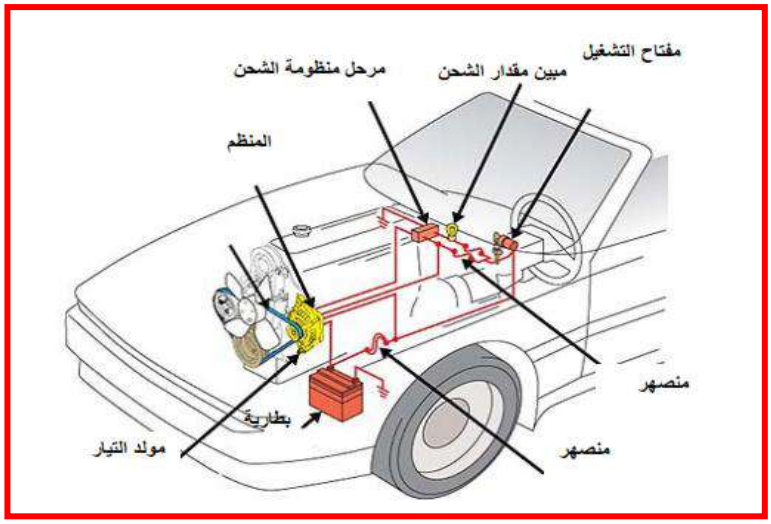
رابعاً:بعد بدء عمل محرك السيارة يسري التيار في ملف السحب في الإتجاه المعاكس مولداً قوة مغناطيسية معاكسة تعادل قوة المغناطيس الكهربائي المتولد في ملف الحمل وكنتيجة يعود المكبس إلى وضعه الأول بواسطة قوة نابض الإرجاع وبالتالي فك التعشيق بين الترس والحذافة وفي الوقت نفسه تبتعد نقاط التوصيل عن أماكن الارتباط مما يمنع سريان التيار الكهربائي لمحرك بدء التشغيل ويقف عن العمل، كما هو مبين في الشكل (8-17).



شكل 8-17 الدائرة المفتوحة لمحرك بدء الحركة وعودة مجموعة التشغيل إلى أماكنها

5-8 دائرة الشحن (المولد) Charging Circuit

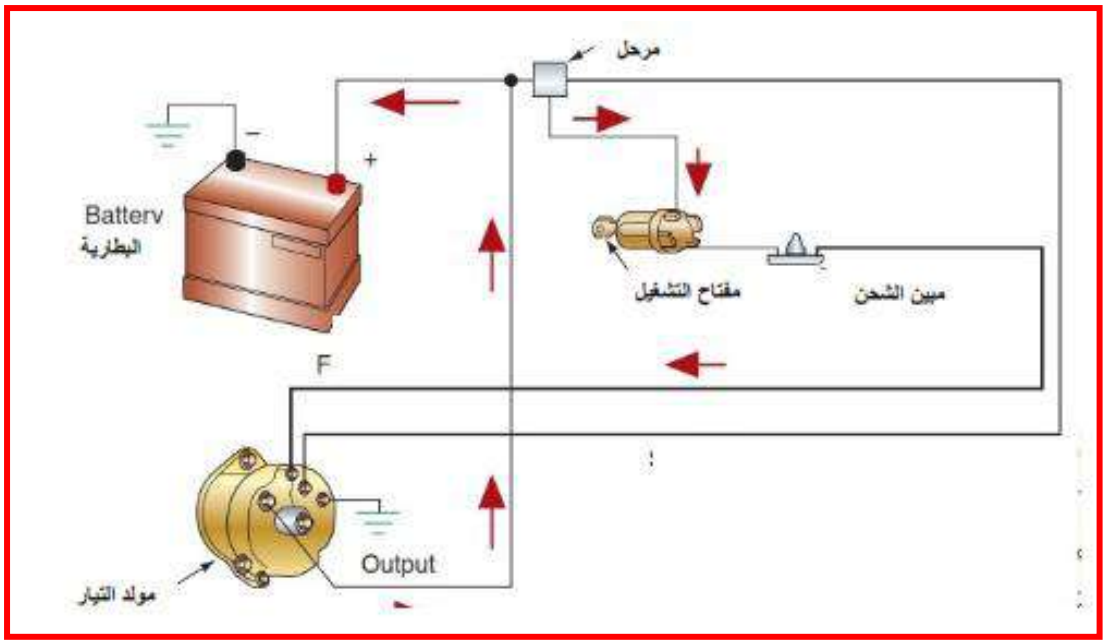
دائرة الشحن تحافظ على حالة شحن جيدة للبطارية يقوم محرك بدء التشغيل بأخذ التيار من البطارية عند تشغيل المحرك وتعيد دائرة الشحن التيار مرة أخرى إلى البطارية، فضلاً على ذلك تغذي دائرة الشحن الدوائر الكهربائية الموجودة في السيارة كدائرة الإشعال والإنارة. كما في الشكل (8-18)



شكل 8-18 دائرة الشحن البطارية في السيارة

أجزاء دائرة الشحن : كما في الشكل (8-19)

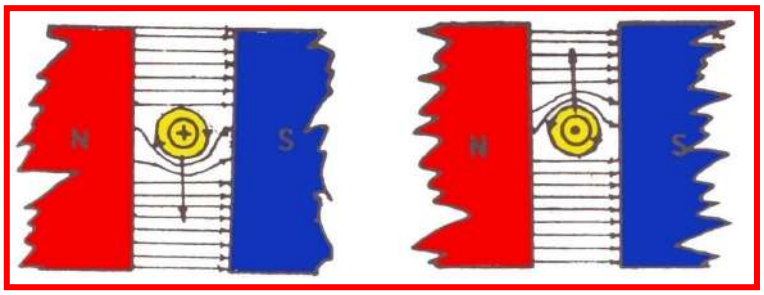
1- البطارية 2- مفتاح التشغيل 3- المولد 4- المنظم 5- الأسلاك ألموصلة 6 - منظم الفولت
7- مبين مقدار الشحن البطارية 8- مرحل منظومة الشحن



شكل 8-19 أجزاء دائرة الشحن للبطارية

1-5-8 أساس عمل المولد

عند تحريك سلك موصل للكهرباء في مجال مغناطيسي فإن تياراً سيتولد فيه واتجاه هذا التيار يمكن تحديده حسب قاعدة الكف اليمنى.عند حركة الموصل نحو الأسفل سيتولد تيار نحو الداخل موضحاً بالعلامة (+) وحركة نحو الأعلى تولد تياراً نحو الخارج موضحاً بالعلامة (•)، كما موضح في الشكل(8-20).



شكل 8-20 ظاهرة الحث المغناطيسي

هناك نوعان من المولدات مولد التيار المستمر ومولد التيار المتناوب

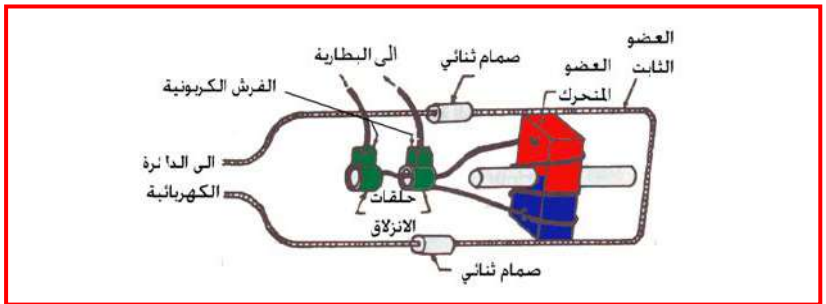
أ- مولد التيار المستمر **D.C. Generator**

المولد الكهربائي جهاز تتحول فيه الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية، مصدر الطاقة الميكانيكية هو محرك السيارة التي تربط بالمولد بواسطة حزام مطاطي شكله حرف (V). لا يقوم مولد التيار المستمر بتوليد التيار في السرعات البطيئة للمحرك ويحتاج إلى صيانة دورية لكثرة أعطاله.لم يعد هذا المولد قادراً على استيعاب احتياجات الدوائر الكهربائية من الطاقة الكهربائية في المركبات، نتيجة لذلك استُعمل مولد التيار المتناوب من أجل تحقيق هذا الهدف.

ب- مولد التيار المتناوب **A.C. Generator**

يظهر الشكل (8-21) مغناطيساً كهربائياً مثبتاً على محور ومجهز بتيار كهربائي من البطارية خلال الحلقات الإنزلاقية والفرش الكاربونية. تحتوي ملفات العضو الساكن على صمامين كهربائيين مرتبطين بالدوائر الكهربائية الخارجية.

عند دوران المغناطيس تقطع خطوط القوى المغناطيسية ملفات العضو الساكن مولداً تياراً محتثاً، وبما إن أقطاب المغناطيس يختلف وضعها كل نصف دورة بالنسبة للعضو الساكن، فإن التيار المتولد فيه يختلف بالإشارة خلال الدورة الكاملة لغرض تحويل هذا التيار المتغير إلى تيار مستمر توجد صمامات ثنائية (موحد التيار) التي تسمح بمرور التيار باتجاه واحد فقط.

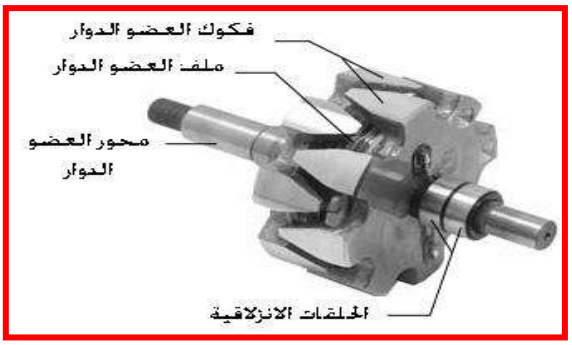


شكل 8-21 مبدأ عمل مولد التيار المتناوب

أجزاء مولد التيار المتناوب

1- العضو الدوار Rotor

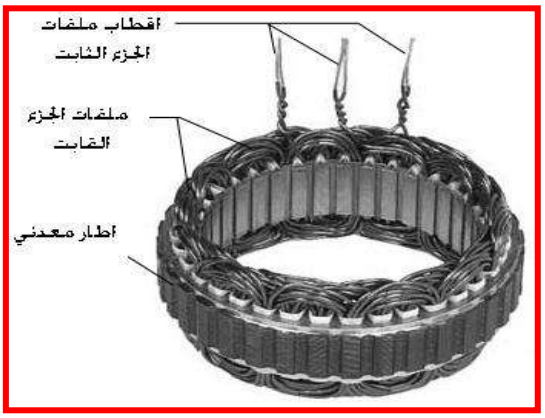
يتكون هذا الجزء من ملف الحث المغناطيسي، زوج من الفكوك المتداخلة، وحلقات إنزلاقية ومحور تثبت علية الأجزاء المذكورة كلها. يتكون الجزء الدوار من لفات عديدة من الأسلاك عند مرور التيار في لفاته فإن مجالاً مغناطيسياً قوياً سيتولد مما يؤدي إلى تحويل أحد الفكوك إلى قطب شمالي والفك الآخر إلى قطب جنوبي. يربط ملف الحث بالبطارية عن طريق زوج من الحلقات الإنزلاقية تدور مع المحور والمعزولة عن بعضها، وزوج من الفرش الكربونية المثبتة عليها، وكما مبين في الشكل(8-22).



شكل 8- 22 العضو الدوار

2- العضو الساكن Stator

تتكون مجموعة الجزء الثابت من إطار مصنوع من صفائح معدنية، وهناك ثلاث مجاميع للملفات المستقلة وكل مجموعة تسمى (طور) وهذه الأطوار الثلاثة موصولة كهربائياً على شكل نجمي تسمى وحدة التوليد.بما أن هذا التيار متردد فيجب تحويله إلى تيار مستمر، ويجري هذا بواسطة الصمامات الثنائية تسمى هذه العملية بتقويم التيار، وكما هو مبين في الشكل(8-23).



شكل 8-23 العضو الساكن

3- الصمام الثنائي (المبدلات) Diodes

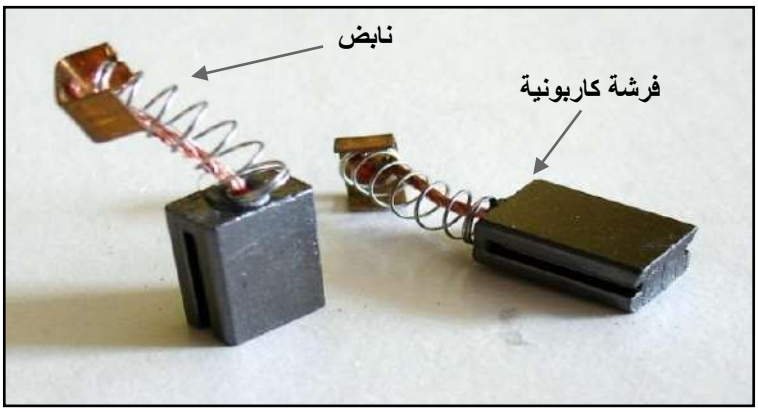
هي عبارة عن صمام كهربائي ثنائي المعدن يصنع من مادة السيلكون أو الجرمانيوم ويسمح بمرور التيار باتجاه واحد فقط. يزود كل طور بمبدلات عددها إثنان أحدهما سالب والآخر موجب إن أكثر المولدات

الكهربائية من هذا النوع المستعملة في السيارات تحتاج إلى ثلاثة مبدلات موجبة وثلاثة سالبة، وكما هو مبين في الشكل(8-24).

شكل 8-24 المبدلات

4- الفرش الكربونية Carbon Brush

تصنع الفرش من مادة الكرافيت المضغوط ووظيفتها توصيل التيار إلى ملف الحث المغناطيسي في الجزء الدوار بواسطة سلك معدني مرن محاط بنابض يقوم بدفع الفرشة الكاربوبية باتجاه الحلقات الإنزلاقية، وكما مبين في الشكل (8-25).



شكل 8-25 الفرش الكربونية

5- غلاف المولد Cover

يصنع من سبائك الألمنيوم (لتقليل الوزن) وتثبت عليه باقي أجزاء المولد، وكما هو مبين في الشكل (8-24).

6- مروحة التبريد Fan

الوظيفة الرئيسة لهذا الجزء هي تبريد أجزاء المولد الأخرى.

7- البكرة Pulley

تقوم بنقل الحركة عن طريق نطاق مطاطي شكله حرف (V)، يوصل الحركة من المحرك إلى المولد،

أسئلة الفصل الثامن

س1 : وضح مبدأ عمل مولد التيار المتناوب.

س2: اشرح طريقة عمل مجموعة بندكس.

س3 : اشرح مبدأ عمل بطارية الرصاص الحامضية.

س4: وضح تركيب مولد التيار المتناوب واشرح عمل كل جزء منها.

س: 5 اشرح عملية تحضير محلول حامض الكبريتيك للبطارية.

س6 : عدد أنواع أنظمة الإشعال بدون موزع. واشرح واحده منها.

س7 : بين فائدة كل من:

1- المكثف في منظومة الإشعال بالبطارية.
2- متحسس المحور القلاب في منظومة الإشعال بالبطارية.
3- المبدلات في مولد التيار المتناوب.
4- محرك بدء الحركة.
5- أسلاك الضغط العالي في منظومة الإشعال.

س8 : علل كلا مما يأتي:-

1- استعمال مفتاح مغناطيسي في محرك بدء الحركة.
2- استعمال منظومة الإشعال المباشر بدلاً من منظومة الإشعال بالبطارية.
6- إضافة الحامض إلى الماء وليس العكس.
7- استعمال منظومة الإشعال بالماكنيت في بعض المحركات.

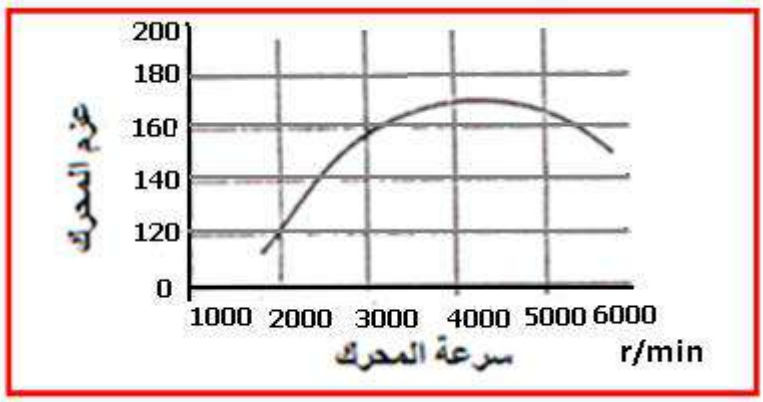
الفصل التاسع

أجهزة نقل الحركة

Motion Transmission Devices

1-9 مقدمة

سبق وأن درست في الفصول السابقة عن محرك الاحتراق الداخلي وكيفية عمله، لكن هذا المحرك غير قادر على تحريك المركبة بالشكل المطلوب إذا ربط بشكل مباشر إلى العجلات، لذلك أصبح من الواجب إضافة أجهزة لنقل الحركة التي تساعد على زيادة كفاءة المركبة وتقليل الأحمال على المحرك، وإن المحرك ينتج عزم تدوير صغير عند السرعة الواطئة وعزم عالي عند السرعة العالية، كما هو مبين في الشكل (9-1)، بينما المركبة تحتاج إلى عزم عالي عند السرعة الواطئة وعزم أقل عند السرعات العالية، لذلك تستعمل مجموعة نقل الحركة التي تعمل على نقل عزم يتناسب مع حاجة المركبة أثناء الحركة.



شكل 9-1 العلاقة بين عزم المحرك وسرعة المحرك

إن نظام نقل الحركة يوفق بين عزم المحرك ومتطلبات سحب المركبة عن طريق نسب التخفيض في علبة التروس والتروس الفرقية.**أجزاء مجموعة نقل الحركة تتكون من:**

1. الفاصل.
2. صندوق السرع.
3. عمود الإدارة.
4. المحور الخلفي للمركبة.

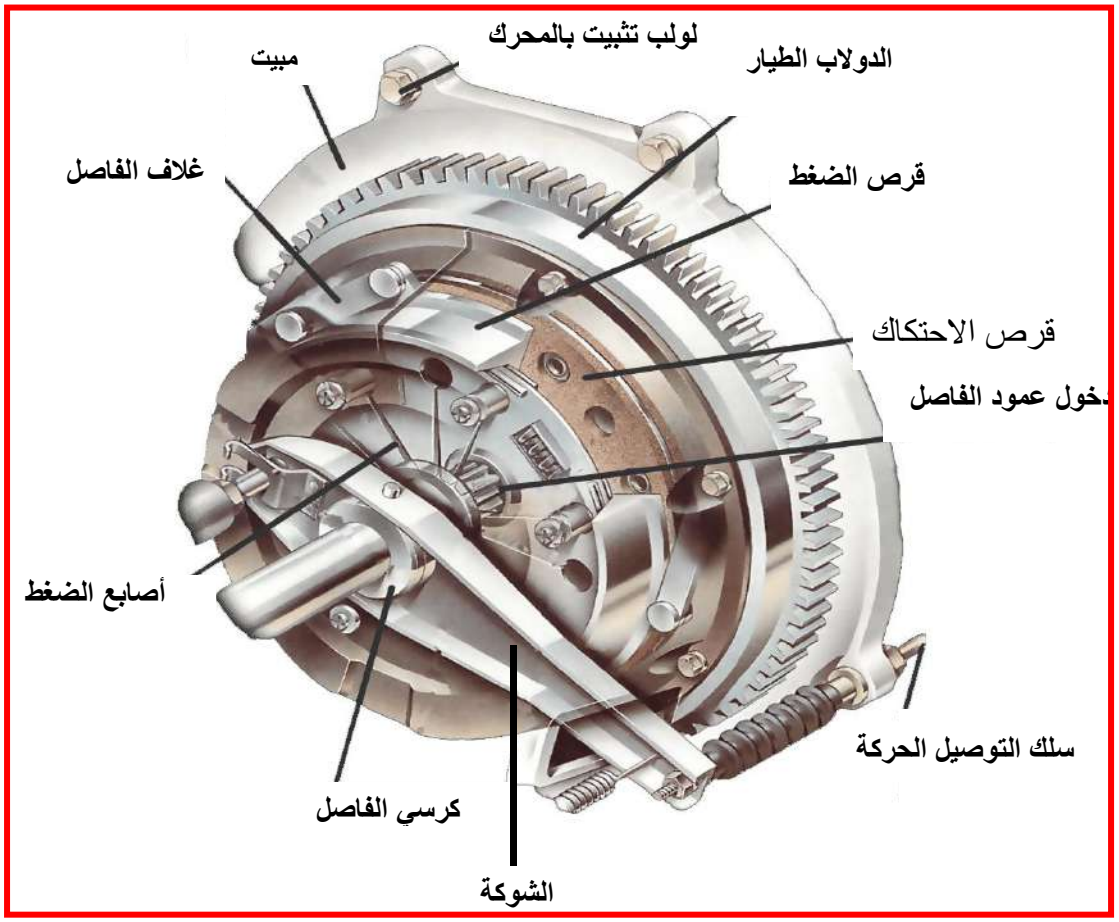
2-9 القابض (الفاصل) Clutch

هو جهاز يقوم بنقل تدريجي للحركة بين عمودين (محورين) مختلفتين بالسرعة محور المحرك ومحور صندوق التروس. محرك الإحتراق الداخلي يولد عزم قليل عند السرعات الواطئة بينما تحتاج المركبة لعزم عالي لتحريك المركبة. الفصل الذي يوفره القابض يعطي إمكانية زيادة سرعة المحرك إلى حوالي (1000 إلى 1250) دورة بالدقيقة مما يولد عزم كافي لتحريك المركبة. كما يقوم بفصل ووصل الحركة عند التباطؤ والتعجيل.

1-2-9 الفاصل مفرد القرص

1-أجزائه كما هو مبين في الشكل (2-9)

1. الدولاب الطيار.
2. قرص الاحتكاك.
3. قرص الضغط.
4. الشوكة.
5. نوابض.
6. أصابع الضغط.
7. غلاف الفاصل.



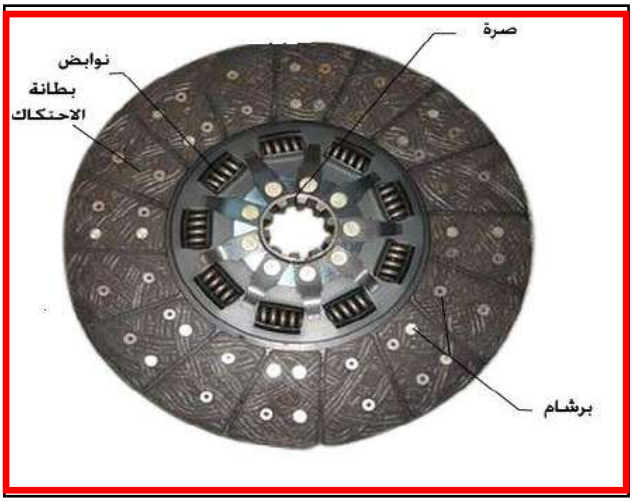
شكل 9-2 فاصل مفرد القرص

1. الدولاب الطيار (الحذافة) Fly Wheel

يقوم بإيصال الحركة إلى قرص الضغط وتقوم الجهة الثانية له بحصر قرص الاحتكاك.

2. قرص الاحتكاك Friction Disc

يتألف قرص الاحتكاك من قرص حلقي رقيق مصنوع من الفولاذ حيث تبرشم عليه او تلصقه مجموعة من الأقراص الحلقية مضغوطة ومصنوعة من الإسبستوس والنحاس الأحمر (الذي يمتاز بارتفاع معامل احتكاكه ومقاومته لدرجات الحرارة العالية) وتصنع مسامير التثبيت (البرشام) (Rivet) من الألمنيوم، تغرس رؤوس مسامير التثبيت في سطح المادة الاحتكاكية (بطانة الاحتكاك) بحيث تكون أسفل السطح بمسافة (1.5 ملم) أو أكثر وفقا لسمك المادة الاحتكاكية العالية، كما هو مبين في الشكل (9-3).



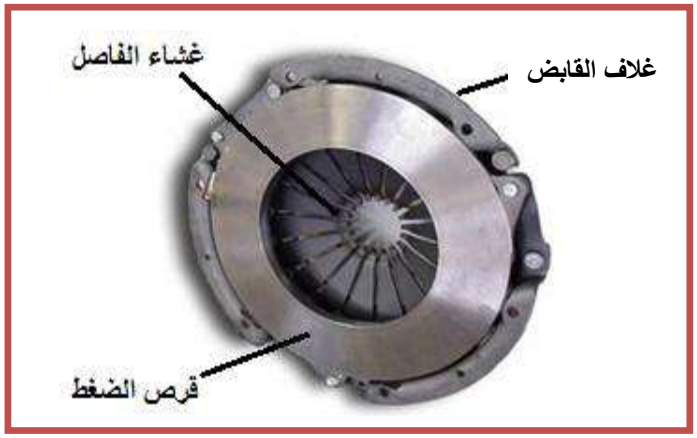
شكل 9-3 قرص الاحتكاك

وكما يحتوي قرص الاحتكاك في وسطه على صرة (Hub) مزودة بأسنان داخلية تسمح للقرص الإحتكاكي بالإنزلاق على امتداد عمود صندوق التروس الذي يحوي على مجاري في محيطه وبالدوران معه أيضاً، ويعتبر قرص الاحتكاك عنصراً مقاداً حيث لايأخذ حركته من المحرك بشكل مباشر. وكما يحتوي على نوابض فولاذية أو قطع من المطاط القوي مخمدة للصدمات، عند التعشيق يؤدي الضغط المسلط على وجه القرص من قبل الحذافة وقرص الضغط إلى انخفاض نوابض تخميد الصدمات بدرجة كافية مما يؤدي إلى انخفاض سمك القرص بمقدار يتراوح بين (1.25 - 1.5) ملم. إن هذا التصميم يساعد على نعومة التعشيق ويمنع حدوث الارتجاج أو الصرير عند التعشيق.وكما يحتوي على نوابض الّي التي تتصل بحافة الصرة الخارجية، وتقوم هذه النوابض بنقل قوة (الّي) المسلطة على وجه القرص إلى الصرة بصورة تدريجية مما يقلل من اهتزازات الّي والصدمات التي تحدث بين المحرك وباقي منظومة نقل القدرة.

3. قرص الضغط Pressure Disc

يرتبط هذا القرص مع غطاء الفاصل عن طريق براغي خاصة، حيث يوجد بينهما نوابض مضغوطة يصل عددها من (6- 8) نابض (وذلك اعتماداً على تصميم الشركة المصنعة ومجموعة من أذرع العتق - الفصل).

وهناك نوع آخر من الأقراص لاتحتوي على أذرع العتق بل تحتوي على نابض غشائي واحد أو على شكل شرائح.ويربط قرص الضغط بالحذافة عن طريق براغي تأخذ هذه المجموعة حركتها من المحرك فعند دوران المحرك يدور معه قرص الضغط، وتوجد عدة فتحات في الغطاء يستفاد منها لتهوية وتبريد الفاصل. وكما هو مبين في الشكل(9-4).

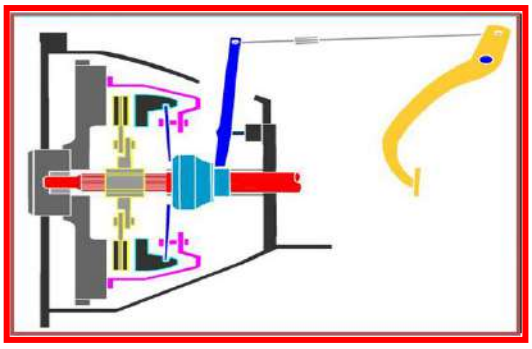


شكل 9-4 قرص الضغط

ب.مبدأ عمل الفاصل How Clutch Work

1.عند الفصل Disconnecting State

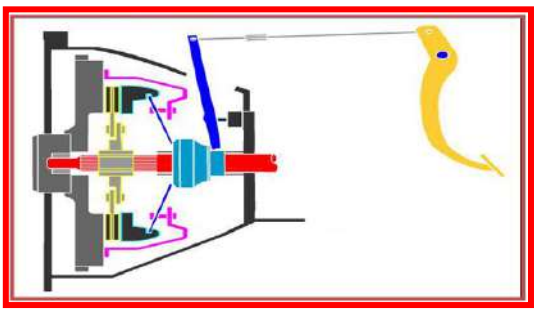
عند الضغط على دواسة الفاصل تتحرك الشوكة لتدفع كرسي الفاصل باتجاه مجموعة أذرع العتق، فيتم الضغط على هذه الأذرع التي تقوم بدورها بالضغط على النوابض الضاغطة على قرص الضغط، فينسحب قرص الضغط عن قرص الاحتكاك تاركاً قرص الاحتكاك حر الحركة، وكما هو موضح في الشكل (9-5).



شكل 9-5 الفاصل في حالة الوصل

2.عند الوصل Connecting State

عند رفع القدم عن دواسة الفاصل تنسحب الشوكة التي تسحب معها كرسي الفاصل، فتحرر معها أذرع العتق من الضغط المسلط عليها، فتعود النوابض بتسليط قوتها على قرص الضغط الذي يدفع بدوره قرص الاحتكاك، فيدور قرص الاحتكاك مع مجموعة محور القائد، وكما هو موضح في الشكل (9-6).



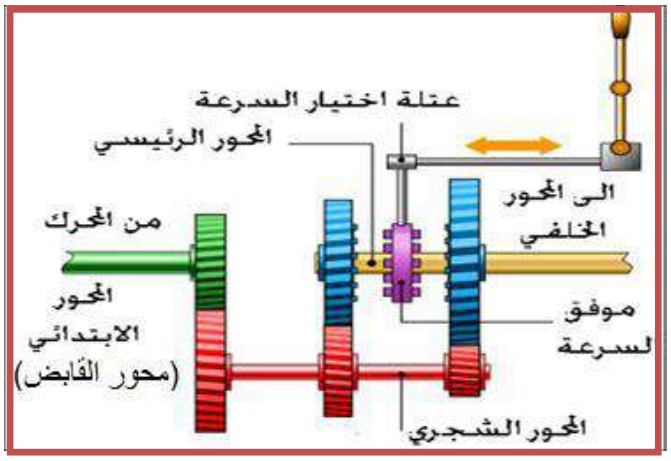
شكل 9-6 الفاصل في حالة الفصل

3-9 صندوق التروس Gear Box

إذا نقل عزم المحرك مباشرة إلى العجلات عند عدد دورات منخفض للمحرك، فإن المحرك سوف لن يولد العزم اللازم (أو جهد الجر) لتحريك المركبة من السكون، حتى عند توليد أقصى عزم في سرعة أعلى للمحرك لايستطيع تعجيل المركبة بمعدل معقول، لكن يمكن تحريك المركبة من وضع الوقوف، إلا أن عدد الدورات المنقولة إلى العجلات ستكون كبيرة نوعاً ما، لذلك يجب تجهيز المركبة بصندوق تروس ليقوم بزيادة العزم المنقول من المحرك إلى العجلات وتقليل سرعة الدوران في نفس الوقت.

1-3-9 صندوق التروس اليدوي (التوافقي) Manual Gear Box

يتكون صندوق التروس من المحور الابتدائي متصل بالفاصل وبنفس الخط مع المحور الرئيس لكنه متصل معه. يوجد محور الشجري (أو المحور المضطجع) (Tree) أسفل المحورين يحتوي على مجموعة من التروس مثبتة على محوره على شكل شجرة.يحتوي المحور الابتدائي (محور القابض) على مسنن واحد فقط متعشق بصور دائمة مع مسنن أكبر منه على محور الشجرة، أما محور الشجرة فيحتوي على مسنن واحد لكل سرعة من سرعات جهاز التبديل كما وأنه يحتوي على مسنن للسرعة الخلفية، أما المحور الرئيس فيحتوي على مجموعة من التروس دائمة التعشيق مع محور الشجرة، ويعتمد عدد تروس المحور الرئيس على عدد السرع لصندوق التروس، أما عملية توصيل السرعة فيتم عن طريق موفقات السرعة، وكما هو مبين في الشكل (9-7).

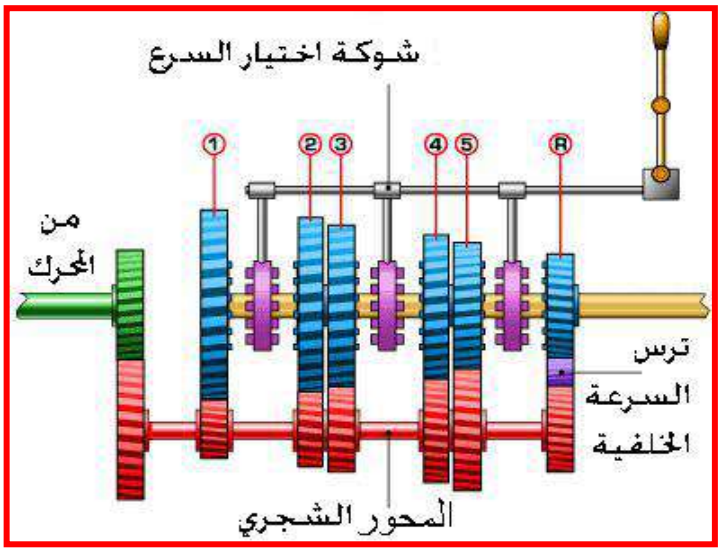


شكل 9-7 صندوق تروس يدوي(توافقي)

كيفية عمل صندوق التروس التوافقي How Manual Gear Box Work

السرعة الأولى: تأتي الحركة من المحور الابتدائي (محور القابض) إلى الترس الكبير لمحور الشجرة ثم من الترس الصغير لمحور الشجرة إلى الترس الكبير (1) في المحو الرئيس ومنه إلى عمود الإدارة.

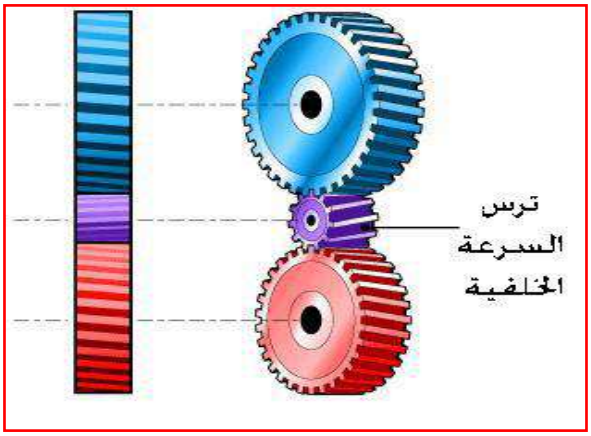
السرعة الثانية: تأتي الحركة كما في السرعة الأولى من المحور الإبتدائي إلى الترس الكبير في محور الشجرة ومن الترس الثالث في محور الشجرة إلى الترس (2) في المحور الرئيس هنا نلاحظ أن نسبة تخفيض السرعة ستكون أقل (نتيجة كبر ترس محور الشجرة وصغر ترس المحور الرئيس) مما يزيد سرعة المركبة، وكما هو مبين في الشكل (9-8).



شكل 9-8 كيفية عمل صندوق تروس يدوي

هذه العملية ستتكرر للسرعة الثالثة والرابعة والخامسة (ترس 3،4،5)، نلاحظ كلما زادت السرعة المطلوبة كَبر ترس محور الشجرة وصغرَ ترس المحور الرئيس. في بعض أنواع صناديق التروس يتم التعشيق المباشر بين المحور الابتدائي والمحور الرئيس، في هذه الحالة تنتقل الحركة من المحرك إلى عمود الإدارة مباشرة بدون تخفيض في السرعة عند السرعة الأخيرة (Top Gear).

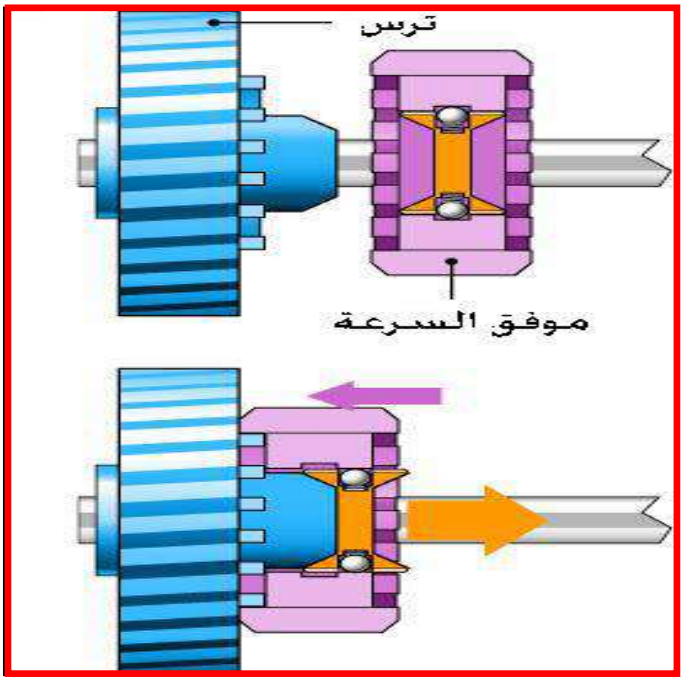
وفي بعض صناديق التروس تضاف نسبة سرعة تسمى (Over Drive) عندها يكون ترس المحور الشجري أكبر من ترس المحور الرئيس في هذا الحالة تحدث زيادة في السرعة أي أن عدد دورات المحور الرئيس أكثر من عدد دورات المحرك.إما في السرعة الخلفية نلاحظ أن الحركة تنتقل من المحور الابتدائي إلى الترس الكبير في محور الشجرة ومن ثم من محور الشجرة إلى الترس (R) في المحور الرئيس، لاحظ وجود ترس ثالث يربط بين ترس الشجرة وترس المحور الرئيس، حيث يقوم هذا الترس بعكس حركة ترس المحور الرئيس دون التدخل في نسبة التخفيض، وكما هو مبين في الشكل (9-9).



شكل 9-9 ترس السرعة الخلفية

كيفية تحديد الترس المراد تعشيقه **How to Select Gear Ratio**

نلاحظ أن جميع تروس المحور الرئيس متعشقة مع تروس محور الشجرة، يمكن تحديد السرعة المراد اختيارها عن طريق موفقات السرعة (Synchronizer)،في وضع الحياد تكون جميع التروس في حالة دوران لكن ولا واحدة منها تقوم بنقل القدرة، عند تحريك عتلة صندوق التروس سيتحرك موفق السرعة باتجاه اليمين أو اليسار على أخاديد موجودة في المحور الرئيس، نتيجة لهذه الحركة سيتعشق الموفق مع إحدى المسننات وينقل الحركة إلى عمود الإدارة. الشكل (9-10).



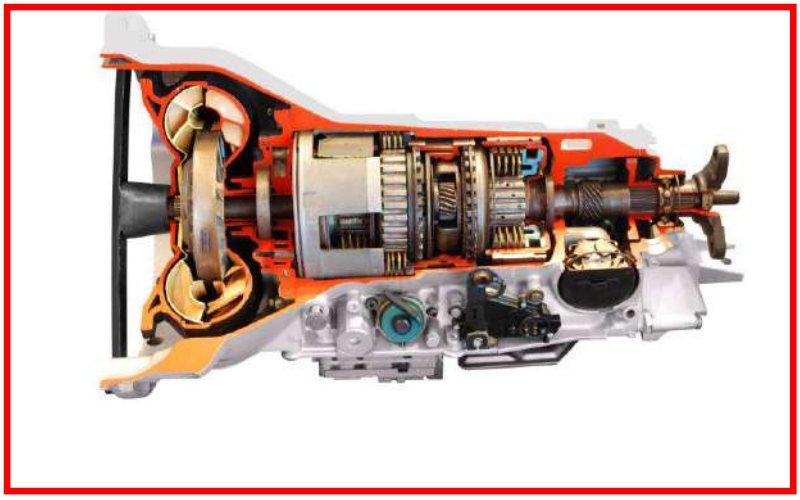
شكل 9-10 موفق السرعة

9-3-2 صندوق التروس الذاتي Automatic Gear Box

يتكون صندوق التروس الذاتي (الأوتوماتيكي) من ثلاث أجزاء وهي:

محولة العزم، صندوق التروس الكوكبية ووحدة التحكم الهيدروليكي.

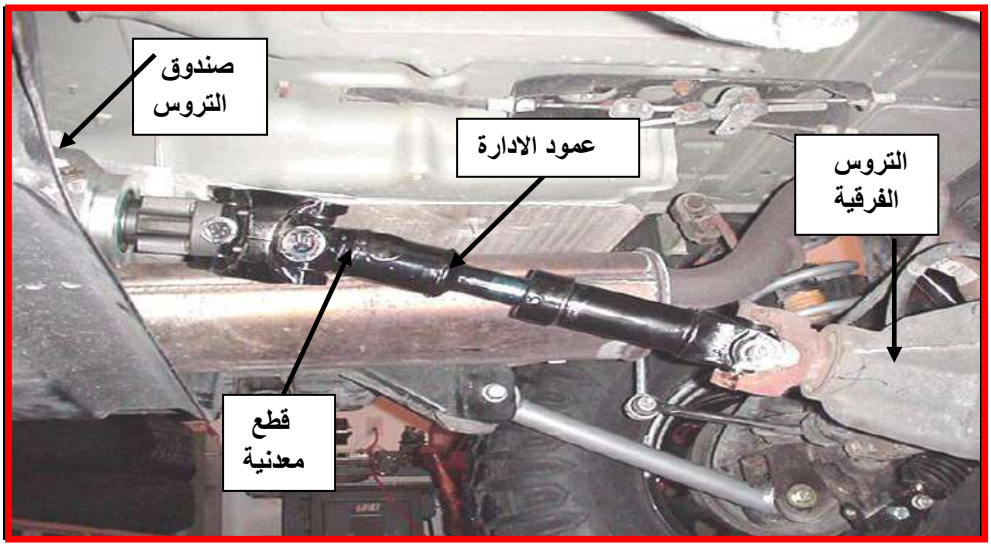
يصنع غلاف صندوق التروس الذاتي من مادة الألمنيوم وذلك للتقليل من وزن الصندوق والتخلص من الحرارة. في الفواصل العادية نلاحظ خروج عمود واحد من المحرك والذي ينقل القدرة إلى صندوق التروس العادي. إما في محولة العزم نلاحظ خروج عمودان يقومان بإدخال القدرة إلى صندوق التروس الفلكية. الشكل (9-11) صندوق سرع ذاتي.



شكل 9-11 مقطع صندوق تروس ذاتي

9-4 عمود الإدارة (عمود نقل الحركة) Propeller shaft

هو عبارة عن حلقة وصل بين صندوق التروس ومجموعة التروس الخلفية (التروس الفرقية)، حيث ينتقل عزم الدوران من صندوق التروس إلى عمود الترس العرموطي (Pinion Gear) التابع لمجموعة التروس الفرقية، وكما هو مبين في الشكل(9-12).

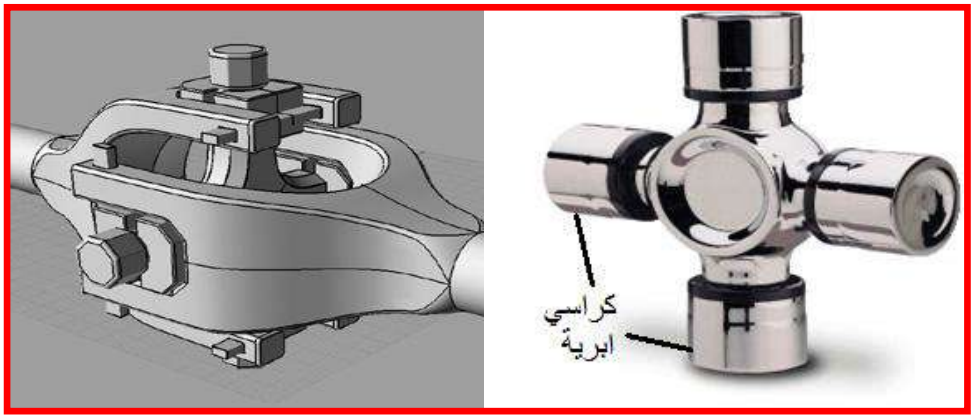


شكل 9-12 عمود الإدارة

يقتضي أن يكون عمود نقل الحركة متيناً مما يجعله يتحمل كافة الإجهادات التي يتعرض لها كما ينبغي أن يكون، خفيف الوزن (لذلك يصنع بشكل مجوف) ومتوازن بشكل جيد لكي يؤمن قيادة مستقرة. وبعكسه فإنه سيولد اهتزازات (خصوصا خلال السرع العالية).

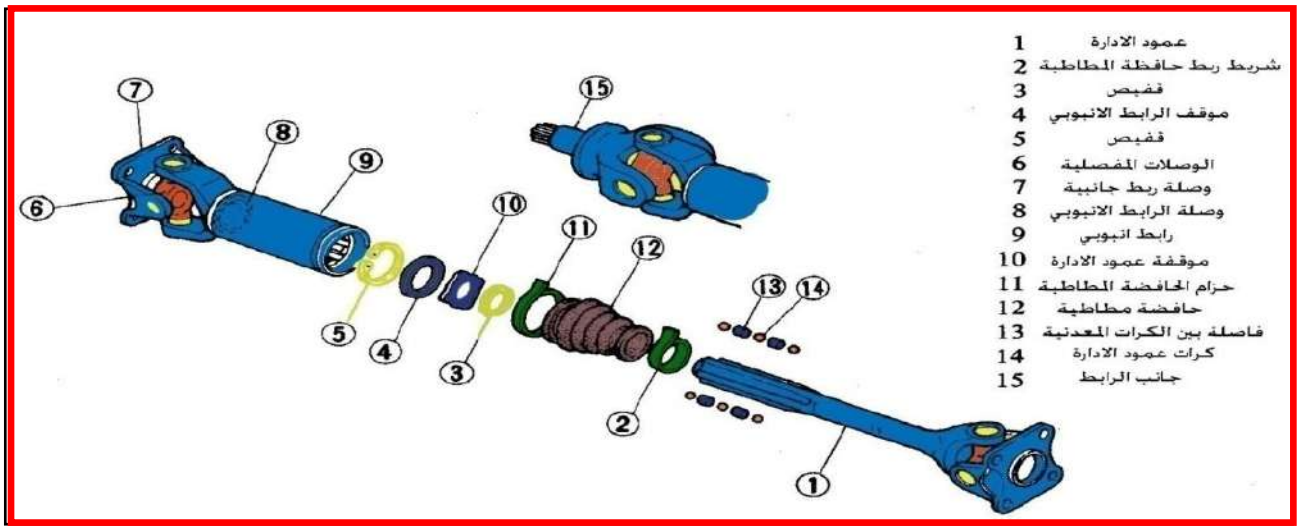
يخضع عمود نقل الحركة عادة لعملية الموازنة في الشركة المصنعة (تلاحظ وجود قطع معدنية قرب الاطراف النهائية له).

تربط في طرفي عمود نقل الحركة وصلات مفصلية (Universal Joints) تتكون من فكين وأربع كراسي تحميل وقطعة معدنية على شكل صليب (+)، وكما هو موضح في الشكل (9-13) تستخدم الكراسي المفصلية لكي تعطي اتصال مرن بين صندوق التروس ومجموعة التروس الفرقية التي تكون أوطأ من صندوق التروس عادة لكنها تقوم أيضاً بتغيير الزاوية بشكل مستمر (خصوصاً عند المرور على المطبات).



شكل 9-13 الوصلات المفصلية

إن طول عمود الإدارة يتغير بسبب هذه الحركة لذلك يصنع عمود الإدارة من جزئين أحدهما له حزوز من الخارج والآخر له حزوز من الداخل لمنحه مرونة مع إمكانية نقل القدرة إلى المحور الخلفي. وكما هو مبين في الشكل(9-14).وفي السيارات الدفع الرباعي تستخدم عامود إدارة اثنان.



شكل 9-14 أجزاء عمود الإدارة

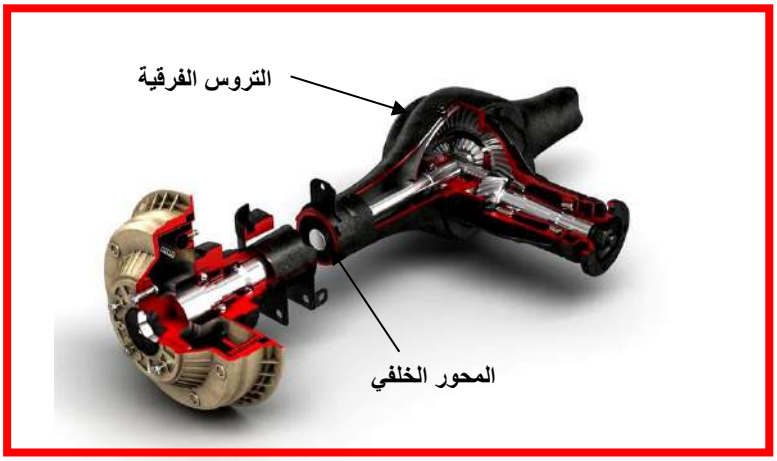
9-5 مجموعة التروس الفرقية Differential Gear

تقوم التروس الفرقية بتحويل القدرة القادمة من عمود الإدارة بشكل قائم إلى الأعمدة التي ترتبط بها العجلات، شكل (9-15). بحيث تعطي العجلة الخارجية مسافة أكبر بالنسبة للعجلة الداخلية.

شكل 9-15 مجموعة التروس الفرقية

9-6 المحور الخلفي Rear Axle

يتألف المحور الخلفي من نصفين، بحيث يكون جانبي كل من النصفين القريب من التروس الفرقية محزز، لكي تدخل في الحزوز الداخلية للتروس الفرقية ليتعشقا معاً. الشكل(9-16).



شكل 9-16 المحور الخلفي

يوجد غطاء لتغطية نصفي المحور الخلفي ومجموعة التروس الخلفية وذلك لحمايتها من الماء والغبار والصدمات ويستخدم هذا الغطاء كوعاء لسائل تزييت هذه لأجزاء وتستخدم أيضاً لتركيب الكراسي فيه. يصنع هذا الغطاء من معادن مختلفة منها الفولاذ المسبوك، حديد مطاوع، ألمنيوم مسبوك... الخ. ويقوم هذا الغطاء بتثبيت النوابض الورقية والنوابض الحلزونية.

الصناديق المحتوية على صندوق التروس والتروس الفرقية (Trans axle) والتي تأتي مع السيارات الحديثة في سيارات السحب بالعجلات الامامية (F.W.D).

هناك ثلاث أنواع من المحاور الخلفية:

1. المحور العائم تماماً.
2. المحور ثلاث أرباع العائم.
3. المحور النصف عائم أو الشبه عائم.

أسئلة الفصل التاسع

س1: اذكر فائدة الفاصل؟

س2: عدد أجزاء الفاصل؟ وما وظيفة كل واحدة منها؟

س3: مافائدة كل من:-

1- عمود الإدارة.
2- موفق السرعة.
3- صندوق التروس.
4- التروس الفرقية.
5- الوصلات المفصلية.
6- مجموعة نقل الحركة.

س4:علل كلاً مما يأتي:

1. يوضع برشام تثبيت بطانة الاحتكاك في قرص الاحتكاك على عمق (1.5) ملم.
2. يكون عمود الإدارة مجوف من الداخل.
3. وجود قطع معدنية على جسم عمود الإدارة.
4. استخدام فاصل متعدد الأقراص.

س5: ما هو موفق السرعة؟ وأين يوجد؟ وما سبب استخدامه.

س6: اشرح طريقة عمل الفاصل متعدد الأقراص.

الفصل العاشر

منظومتي التزييت والتبريد المحرك
Lubrication and Cooling Systems for Engine

1-10 منظومة التزييت

1-1-10 مقدمة

يقوم نظام التزييت Lubrication system بتزييت الأجزاء المتحركة في المحرك لمنع أو تقليل الاحتكاك الذي يؤدي إلى تلف وتآكل الأسطح المنزلقة من خلال استعمال الزيوت المعدنية المستخرجة من النفط الخام. وعملية التزييت هي وضع غشاء رقيق من الزيت بين سطحين متلاصقين يتحرك أحدهما على الآخر ويحول الزيت دون تلامسهما المباشر خلال الحركة، ولا تصلح الزيوت النباتية أو الحيوانية لتزيت المحرك.

ويقوم الزيت في المحرك، فضلاً على تقليل الاحتكاك على الأسطح، بتبريد أجزاء المحرك من خلال دوره في نقل الحرارة من السطوح الساخنة وحمل رواسب الأسطح المتلامسة ومخلفاتها وتنظيفها ويقوم بحماية الأجزاء المعدنية من الصدأ. كذلك يملأ الخلوص بين الأجزاء ويمنع التسريب كما هو الحال في طبقة الزيت ما بين المكبس والأسطوانة في منع تسرب ضغط الغازات من المحرك ويعمل وسادة لتقليل الصدمات والاهتزازات والضوضاء حيث يقوم بامتصاص الصدمات.

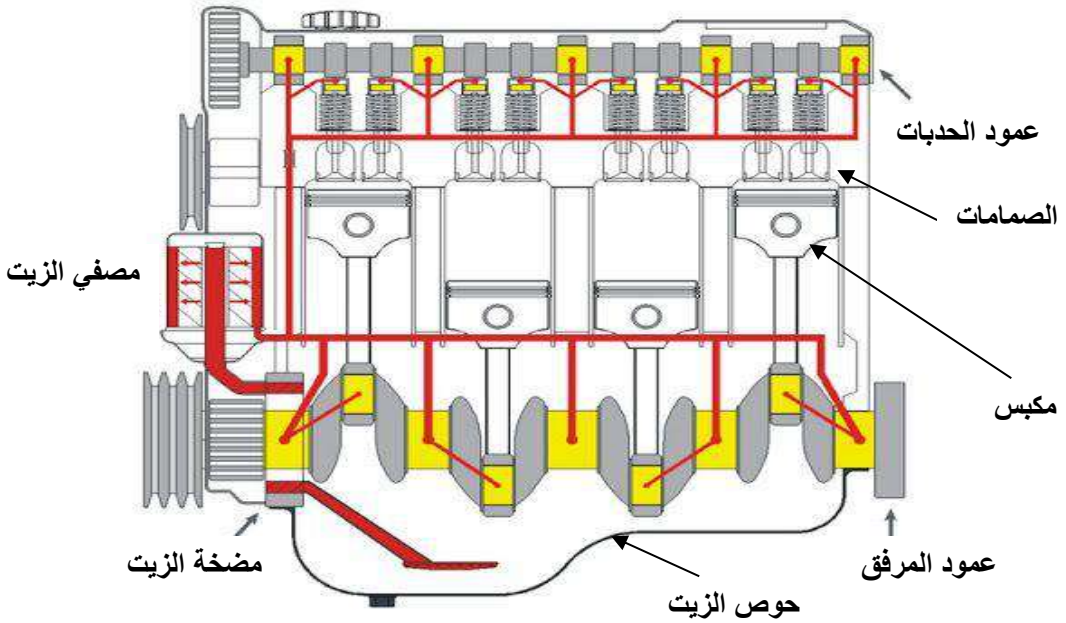
عند تغيير الزيت يجب التأكد من لزوجة الزيت المناسب للمحرك والمناسب لكل فصل من السنة، ويمكن استعمال زيت متعدد درجات الحرارة في كل فصول السنة، في حالة كون الزيت أقل لزوجة يمر بسهولة بأجزاء المحرك ويمكن التخلص من الترسبات عن طريق تغيير الزيت عندما يكون المحرك ساخناً.يتأكسد الزيت باستعماله داخل المحرك وذلك بسبب تفاعله مع الكاربون المتكون من الاحتراق ويتغير لون الزيت إلى الأسود ومع الزمن يفقد خواصه ويتأثر في الغبار ومخلفات التآكل وعندها يجب تغيير زيت المحرك، ويفضل تغيير الزيت لمسافة تصل (2000 إلى 5000 كم).

2-1-10 أجزاء دورة التزييت Parts of Oil System

دورة التزييت الموجودة في المحركات تعمل على سحب الزيت من حوض الزيت في أسفل المحرك بواسطة مضخة الزيت ويتدفق الزيت في المحرك عائداً إلى حوض الزيت مرة أخرى كما، هو مبين في الشكل (10-1).

أجزاء المحرك التي تحتاج إلى التزييت:

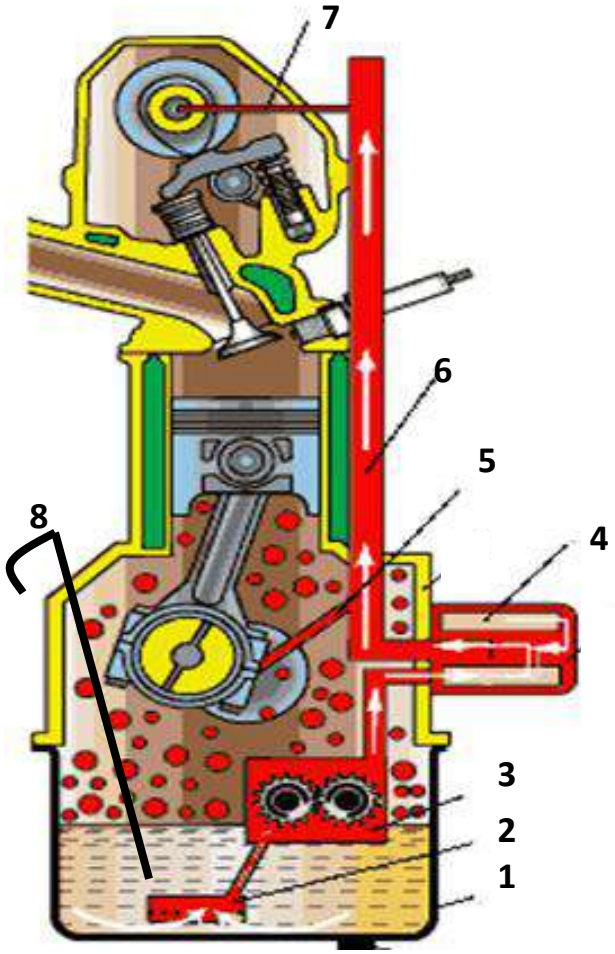
1. محامل عمود المرفق الثابت (الكراسي الرئيسة).
2. محامل عمود المرفق المتحرك (كراسي النهايات الكبرى).
3. محامل عمود الحدبات (كراسي عمود الحدبات).
4. محور المكبس.
5. جدار الأسطوانات.
6. عمود الأذرع المتأرجحة.
7. الصمامات.
8. تروس التوقيت.



شكل 10-1 حركة تدوير الزيت داخل المحرك

من ملاحظة الشكل (10-2) الأجزاء الرئيسة في منظومة التزييت:

1- حوض الزيت
2- مصفي الزيت
3- مضخة زيت.
4- مرشح الزيت.
5- تزيت عمود المرفق
6- أنبوب الزيت الخارج من المرشح.
7- تزيت عمود الحدبات
8- عصا قياس مستوى الزيت.



شكل 10-2 منظومة التزييت

3-1-10 تأثيرات منظومة التزييت

القدرة الحقيقية لمحرك الإحتراق الداخلي أقل من القدرة النظرية، وذلك بسبب القدرة الضائعة بالاحتكاكFriction loss، والقدرة الضائعة في الضخ لشوطي السحب والعادم في إدخال شحنة العادم وطرده والناتجة من الاحتكاك ما بين أجزاء المحرك.

4-1-10 أنواع منظومات التزييت Types of Oil System

إن أنواع منظومات التزييت تعتمد على نوع المحرك من حيث عدد الأشواط وسرعة المحرك، ففي محركات ثنائية الشوط يُخلط الزيت مع الوقود بنسبة تتراوح ما بين (25-40) لتراً من الوقود إلى واحد من الزيت أي انه يضاف لتر من الزيت لكل 25-40 لتراً من البنزين، حيث يسحب خليط البنزين إلى علبة المرفق ويُزيت الأجزاء المتحركة كلها، في هذه الطريقة يكون دور التزييت في التبريد ضعيف كذلك في نقل الحرارة لهذا يُحمل كل من عمود المرفق وذراع التوصيل على محامل تتصف بتحملها للحرارة والاحتكاك.

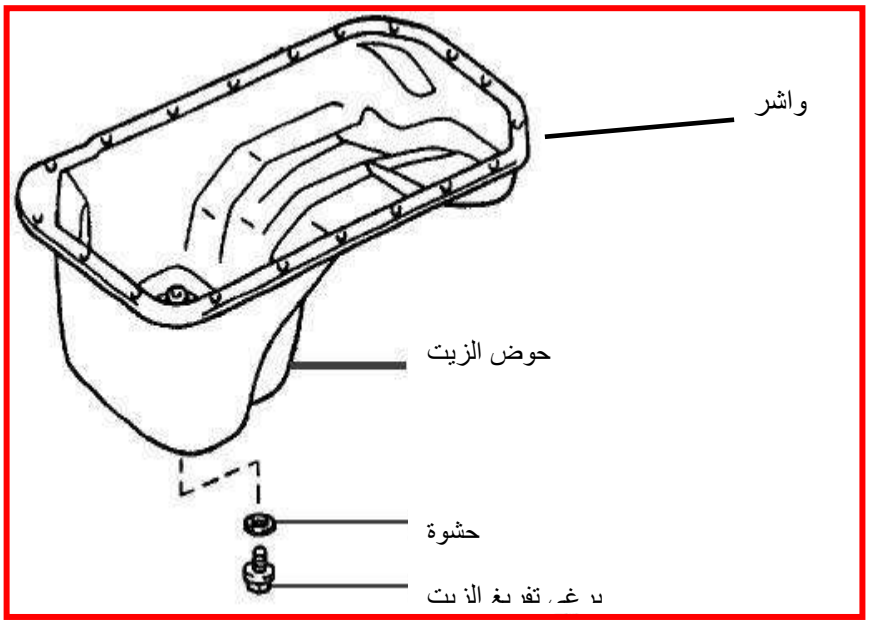
أما في محرك رباعي الشوط فإن التزييت يصبح أكثر تعقيداً ويعتمد على سرعة المحرك فالمحركات البطيئة أو المحركات الصغيرة يمكن فيها اعتماد طريقة الرش بالزيت على الأجزاء المتحركة حيث تصمم النهايات الكبرى للعمود المرفقي بزوائد تشبه الملاعق تقوم بنشر الزيت إلى الأعلى عند دورانها وبالقوة الطاردة المركزية يُبيت المكبس وزر المكبس والصمامات وروافعها.أما المحركات السريعة وذات الخدمة العالية فتُزيت بطريقة التزييت بالضغوط الجبرية (القسري) أي استعمال مضخة زيت تقوم بسحب الزيت من حوض الزيت وتدفعه بضغط معين إلى مجاري التزييت الرئيسة المتصلة بكراسي العمود المرفقي وكراسي العمود الحدبات حيث تُشغل المضخة بواسطة عمود الحدبات ويجب تنقية الزيت بواسطة مرشح أو أكثر في الدورة لتخليصه من الشوائب والذرات المعدنية والرواسب الطينية كلها.

في بعض المحركات توجد كل من الطريقتين بالرش مع التزييت الجبري وهنالك محركات مثلاً الديزل السريعة تزود أسفل الأسطوانات برشاشات للزيت (Oil Jets) لتبريد سطح المكبس.

النوع الشائع في المحركات الإعتيادية هو ما يسمى بالدورة ذات الحوض الرطب أما سيارات السباق فأنها من نوع الدورة ذات الحوض الجاف أي هنالك خزان بجانب المحرك يحتوي على الزيت.

5-1-10 حوض الزيت Oil Pan

هو مكان يتجمع فيه زيت المحرك والفائدة منه لتجميع كمية معينة من الزيت والحفاظ على مستوى الزيت لكي يكون ثابتاً ومناسباً لعمل مضخة الزيت كما هو مبين في الشكل (10- 3) يحتوي حوض الزيت على سداد (قفل) الزيت في أوطأ موقع من حوض الزيت يستعمل لتفريغ الزيت. يحتوي على عنصر مغناطيسي لالتقاط نواتج التآكل المعدنية.



شكل 10-3 حوض الزيت

6-1-10 مضخة الزيت Oil Pump

تُعدّ من أهم أجزاء منظومة التزييت، وتقوم بضغط الزيت عبر ممرات خاصة بتزييت أجزاء المحرك حيث تقوم المضخة بسحب الزيت من حوض الزيت (أسفل علبة المرفق) أو من حوض مستقل في بعض المحركات والتي تسمى محركات ذات الحوض الجاف.

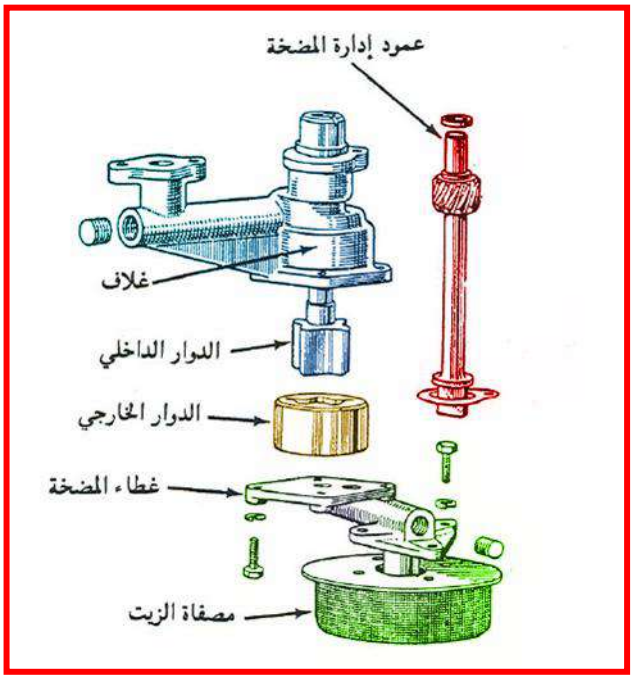
مضخات الزيت بصورة عامة عديدة ومتنوعة يمكن تقسيمها على:

1- مضخة ذات الترس الدوار (Rotary pump).
2- مضخة ذات التروس (Gear Pump).

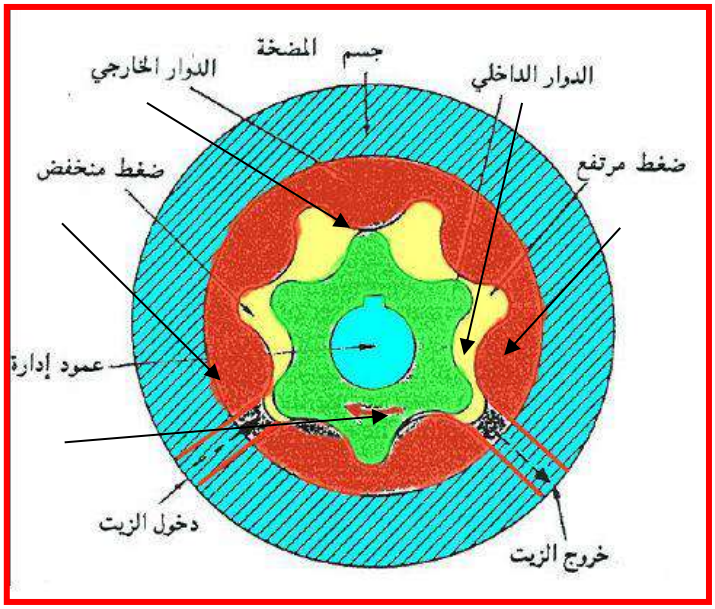
1- مضخة ذات الترس الدوار

تتكون المضخة ذات الترس الدوار من ترس دوار داخلي وترس آخر خارجي يدوران داخل الحيز ألدوراني لجسم المضخة، الترس الداخلي محمول على عمود إدارة غير متمركز مع الحيز الداخلي للمضخة وهذا الترس مثبت عليه أسنان يمكن أن ترتكز في أثناء الدوران على مقاعد لها الشكل نفسه، كما هو مبين في الشكل (10-4).

وتشغل المضخة أما من عمود الحدبات أو بواسطة تروس تأخذ حركتها من العمود المرفقي، الفراغات بين أسنان الترس الداخلي ومقاعد الترس الخارجي تملأ بالزيت عن طريق فتحة الدخول وباستمرار الدوران تقل الفراغات بين الأسنان والجسم الخارجي بسبب عمود الترس غير المتمركز مع جسم المضخة ويخرج الزيت من فتحة الطرد إلى دورة التزييت في المحرك، وكما هو مبين في الشكل (10-5).



شكل 10-4 المضخة ذات الترس الدوار



شكل 10-5 مضخة الزيت ذات الترس الدوار

2- مضخة الزيت ذات التروس

تتميز هذه المضخة بالبساطة في التركيب والكفاءة العالية لدفع الزيت وبضغط عالٍ جداً وهي أكثر الأنواع المستعملة في السيارات.تتركب هذه المضخة من ترسين متساويين في الحجم أحدهما حر والآخر مثبت في نهاية عمود يأخذ حركته من عمود الكامات، عندما يدور محرك السيارة يدير الترس المتصل بعمود الكامات ومن خلاله يدور ترس المضخة المرتبط بالعمود الدوار للمضخة وعندها يدور الترس الحر في المضخة لأن الترسين متعشقين ببعضهما فتقوم بدفع الزيت، كما هو مبين في الشكل (10-6).

شكل 10-6 مضخة الزيت ذات التروس

تصل سرعة دوران المضخة مابين (4000-5000 دورة بالدقيقة) بنسبة تخفيض ما بين ترس المضخة وتروس عمود الحدبات أو العمود المرفقي بنسبة 1- 1.5 (كلما زادت سرعة المحرك فأن معامل التدفق يقل)، كلما زادت السرعة يقل معامل الدفع للمضخة لزيادة المقاومة في مجاري السحب كذلك تأثير القوة الطاردة المركزية التي تنثر الزيت من الفراغات بين الأسنان لجهة مجرى السحب وبهذا يجب تحديد سرعة المضخة بحدود 10 متر/ ثانية ويعرف ثابت تدفق المضخة هو نسبة حجم الزيت المسلم إلى قدرة المحرك (لتر\كيلو واط).حيث تصل هذه النسبة في السيارات الصغيرة(0.07-0.14) وفي الشاحنات (0.14-0.21) لتر/ كيلو واط، أما في محركات الديزل التي تحتوي على مبردات زيت

0.15-0.7 لتر/ كيلو واط (مبرد الزيت يخفض 10°C من درجة حرارة الزيت).

هذا العامل يعتمد على تصميم المحرك من حيث القطر والشوط للمكبس والسرعة والحمل ودرجة الحرارة ونوع الوقود المستعمل، تسمى في بعض الأحيان بالسعة النوعية وتعتمد على الزمن.

ولتعيين التدفق الكلي المطلوب للمضخة يجب ضمان الآتي:

1- تغذية كراسي العمود المرفقي حيث 60-70% من الزيت يجب وصوله إلى الخطوط الرئيسة أو قناة الزيت الرئيسة.
2- كمية الزيت المارة عبر صمام تخفيض الضغط في المضخة ومرشح التصفية الناعمة.
3- كمية الزيت اللازمة لعمود الحدبات وميكانيكية حركة الصمامات والأجهزة المساعدة التي تأخذ حركتها من عمود الحدبات.
4- كمية الزيت اللازمة لتبريد جهة المكبس وتزييت الأسطوانات.

يجب ضمان 30% من كمية الزيت للأجزاء المذكورة في الفقرات (2،3،4).

وأهم مخاطر تلوث الزيت على الكراسي هي:

1- التآكل المتسبب من احتواء الزيت على أحماض التي تسبب الحك.

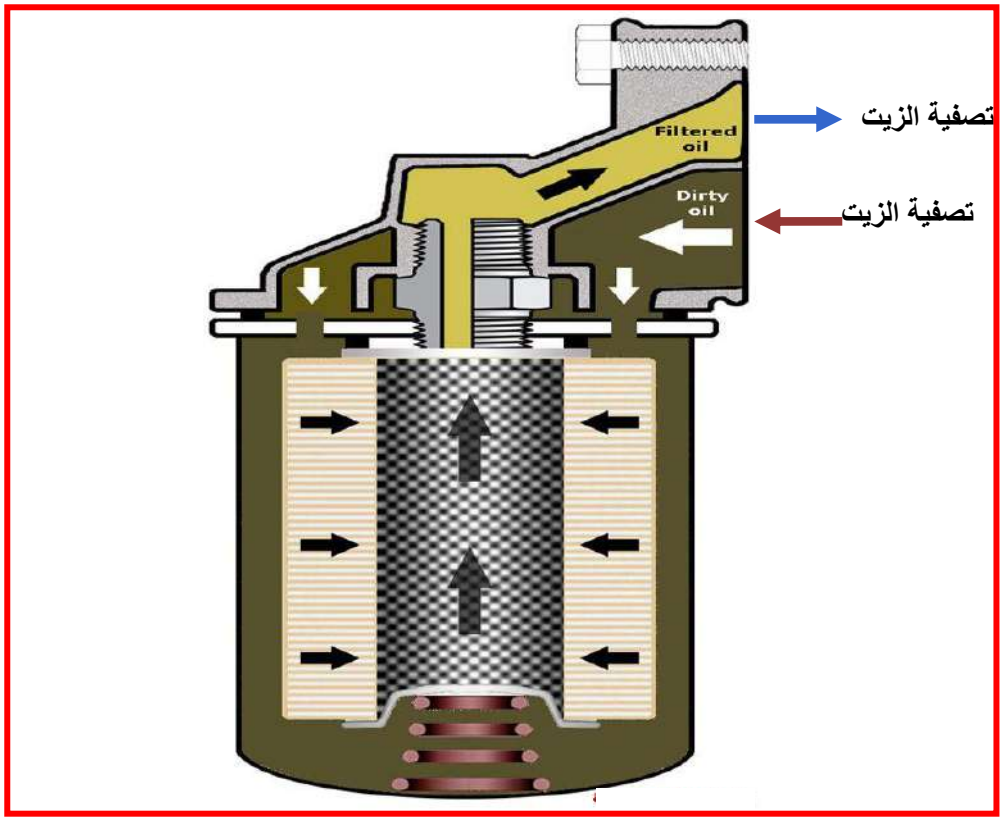
2- التآكل نتيجة جفاف المنطقة من الزيت.

3- التكهف الذي يضر السطوح موضعياً نتيجة اختلاف وعدم انتظام كمية الزيت الواصلة للكراسي خاصة عند وجود إنسدادات في مجاري الزيت للكراسي ويمكن التخلص أو تقليل هذه الظاهرة بزيادة نعومة السطح وعمل ثقوب في نهايات أو حواف الكراسي للاحتفاظ بكمية من الزيت.

4- النقر نتيجة إجهادات الكلال Stresses of Fatigue .

7-1-10 مرشح الزيت Filter

يثبت مرشح الزيت في دورة التزييت في المحرك ويستعمل لتصفية الزيت من مختلف الشوائب والبرادة والأتربة التي بمرور الزمن تؤدي إلى انسداد مسامات الفلتر، ومقدار هذه الشوائب يعتمد على التشغيل الجيد للسطوح الملساء (المضادة للاحتكاك) والخلوص في الكراسي ومقدار التحميل والسرعة. شكل(10-7) يبين مقطع لمرشح. تُصنف المصافي على أساس حجم المسامات في نسيجه فهنالك المرشح الناعم والمرشح الخشن. يكون سمك الورقة فيه ما بين 0.6-1 ملليمتر وتكون ملفوفة بمساحة 5-12 سنتيمتراً. أن خلوص الحامل للعمود المرفقي تتراوح مابين 0.025-0.050 مليمتراً في محركات البنزين وبين 0.04-0.21 مليمتراً في محركات الديزل ولكي نتخلص من تآكل السطوح وتخدشها يجب أن تكون أبعاد الجزيئات التي تسمح بمرورها من المرشح أقل من القيمة الحرجة للخلوص في المحمل (ثلاثة أو أربعة ميكرومترات).



شكل 10-7 مرشح الزيت

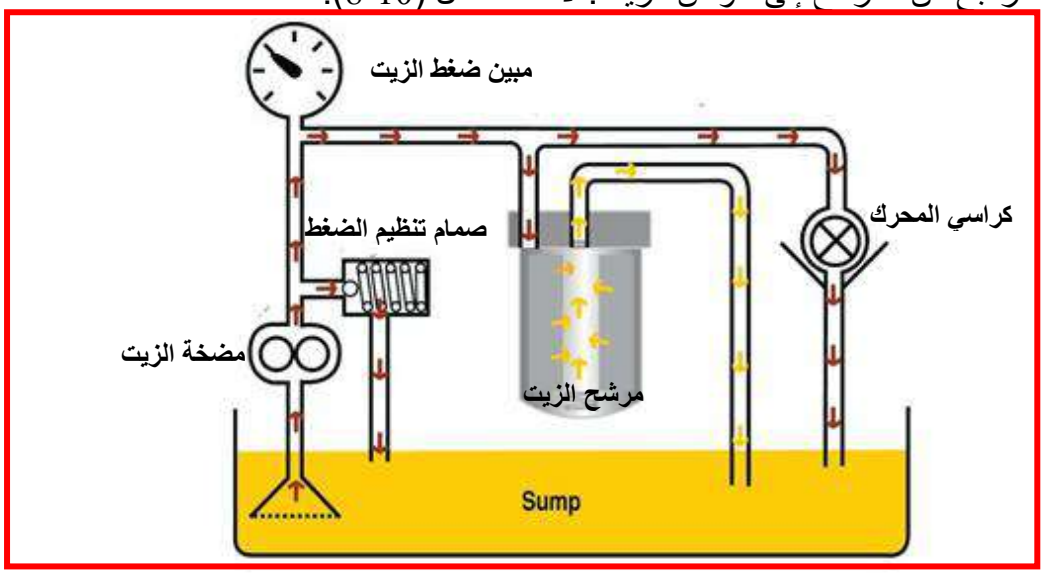
في مرشحات الزيت الخشنة تتجمع الجزيئات ذات 30- 60 مايكروناً أو حتى تصل في بعض الأنواع إلى 125 مايكروناً، بينما المصافي الناعمة بحدود 0.1-0.5 مايكرون والمرشح يجب أن يلتقط حتى 60% من الشوائب.يصل ضغط الزيت في الدورة (المرشحات) بحيث لايتعدى 0.2-0.3 ميكاباسكال.

يجب أن تكون قابلية التصريف في المصافي الناعمة من تدفق مضخة الزيت 25%إذ أنه يتعرض لضغط كبير لصغر المسامات في حشوته وإنه يركب على المجرى الثانوي من الزيت.

هنالك ما يسمى بالمصافي الشبكية الخشنة التي تحتوي على خمسين ألف ثقب في السنتيمتر المربع الواحد.ويجب تنظيف المصافي أو تبديلها كل 8000 كم حيث ينصح بتغيير الزيت وخاصة في الجو المترب والجو البارد وفي حالة ترك المحرك لأوقات طويلة بدون تشغيل كل 750 كم مثلاً.الزيت يتلف أنسجة المرشح نتيجة الأكسدة حيث الحرارة العالية تساعد في أكسدته بالأوكسجين وبالتالي تكون الأحماض التي تتلف الأجزاء خاصة كراسي المحاور، وتتراكم المواد اللزجة السوداء على أجزاء المحرك المتحركة مثل حلقات المكبس وتجعلها تلتصق.

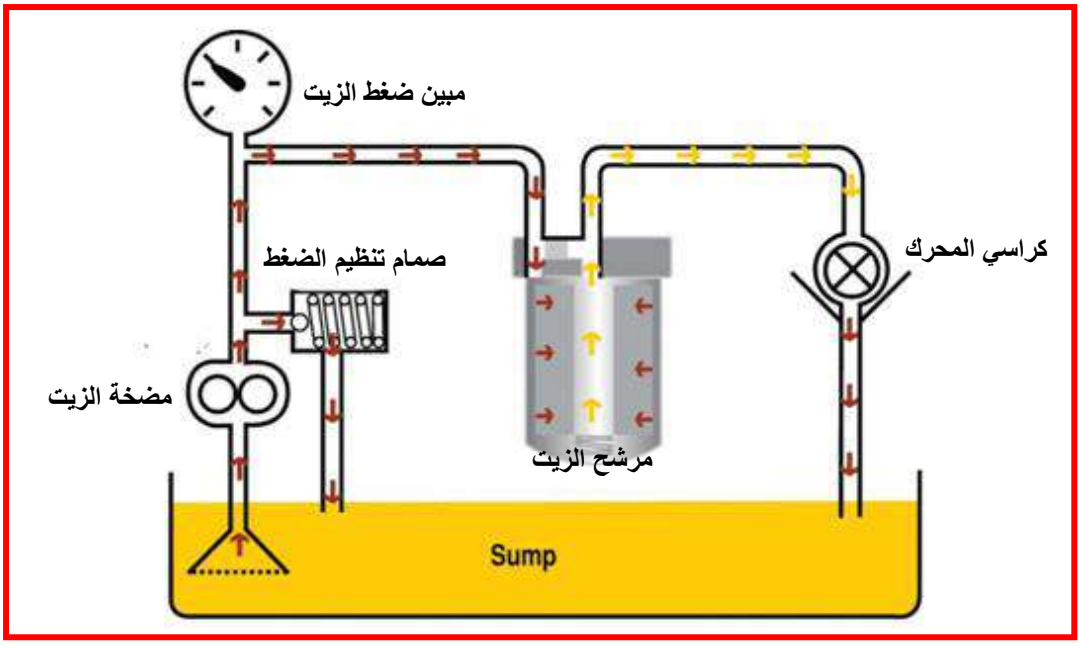
يوجد نظامان للترشيح:

1- الترشيح الجزئي للزيت: إن خط المضخة يجهز خطين هما خط كراسي المحرك وخط المرشح والصمام ينظم الضغط فعند انسداد المرشح يبقى الزيت يتدفق إلى أجزاء المحرك بدون تنقية والصمام يقوم بإرجاع الزيت الراجع من المرشح إلى حوض الزيت. لاحظ الشكل (10-8).



شكل10-8 منظومة الترشيح الجزئي للزيت

2- الترشيح الكلي للزيت: يوجد مجرى واحد من المضخة إلى المرشح بعده يخرج إلى أجزاء المحرك (كراسي المحرك) ويوجد صمام بالمضخة وصمام بالمرشح حيث عند انسداد المرشح يمر الزيت بدون تصفية إلى كراسي المحرك.ويوجد في هذه المنظومة مجرى واحد للزيت يمر عبر مرشح الزيت وبعدها إلى مضاجع محاور المحرك والأجزاء الأخرى، تحتوي هذه المنظومة في داخلها على صمام أمان كما في الشكل (10-9) يسمح بمرور الزيت عبر المرشح حتى في حالة انسداده وذلك تداركاً لاستمرار جريان الزيت وموقع صمام الأمان يكون في داخل المرشح أو في داخل قاعدة المرشح نفسه، وفي كلا النوعين تتضح أهمية تبديل الزيت والمرشح بصورة دورية منتظمة لتفادي ما يحدث نتيجة سوء الترشيح.



شكل 10-9 يبين منظومة الترشيح الكلي للزيت

10-1-8 مؤشر ضغط الزيت Oil Pressure Gauge

من أجل بيان ضغط الزيت تزود بعض دورات التزييت بمقياس لضغط الزيت يثبت على لوحة القيادة، وذلك لمراقبة ضغط الزيت ويعطي إنذاراً للسائق عند حدوث عطل في منظومة التزييت فمقاس ضغط الزيت يبين بشكل مستمر الضغط اللحظي للزيت.

10-2 منظومة التبريد الداخلية للمحرك Cooling System

10-2-1 مقدمة

تقوم منظومة التبريد بامتصاص قسم من الحرارة الناتجة من احتراق الوقود تقريباً ثلث طاقة الاحتراق وتبريده لكي لاترتفع درجة حرارة معادن المحرك فوق حدود تحملها بحيث لايحدث فيها تشوهات وإجهادات حرارية عالية والمحافظة على طبقات الزيت بين الأجزاء المنزلقة كذلك يجب أن لاترتفع درجة الحرارة أكثر بحيث لاتؤثر في نوعية الخليط الداخلة للمحرك، لذلك يجب التخلص من هذه الحرارة بواسطة التبريد.أعلى درجة حرارة تصلها أجزاء المحرك لحظياً في وقت احتراق الوقود إلى حدود 2000 درجة سيليزية قسم منها يخرج مع غازات العادم والقسم الآخر يجب امتصاصه وتبديده بمجموعة التبريد وقسم آخر يستعمل في توليد الطاقة لتشغيل المحرك.

درجات الحرارة العالية تؤدي إلى احتراق الزيت وتحوله إلى كربون والتصاق الأجزاء المتحركة فضلاً على أكسدة الزيت والذي يسبب التآكل والسوفان داخل المحرك وزيادة استهلاك الزيت.كذلك تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى حدوث الاحتراق السابق. لهذا يجب تقليل ارتفاع درجة الحرارة لكي لاتصل إلى هذه الحدود بحيث تكون الدرجة الطبيعية للماء في دورة التبريد في المحرك ما بين80 - 90 درجة سيليزية.

2-2-10 العوامل المؤثرة في التبريد

تعتمد فعالية التبريد على العوامل الآتية:

1- سائل التبريد (ينقل الماء في وحدة الزمن كمية حرارة أكثر من تلك التي ينقلها الهواء).

2- المساحة السطحية للجزء المراد تبريده (كلما زادت مساحة السطح زادت كمية الحرارة المنقولة في الزمن نفسه).

3- فرق في درجة الحرارة بين درجة حرارة السطح المراد تبريده ودرجة حرارة محيط التبريد (ففي درجة حرارة الجو المنخفضة يكون التبريد أسرع منه في درجة حرارة الجو المرتفعة).

4- سرعة تدفق سائل التبريد (يزداد التبديد للحرارة بزيادة سرعة تدفق سائل التبريد).

5- المادة المعدنية للجزء المراد تبريده (تبدد الحرارة للمواد ذات الموصلية الحرارية الجيدة أسرع من المواد ذات الموصلية الحرارية الرديئة).

3-2-10 أنواع أنظمة التبريد في المحركات Types of Cooling System

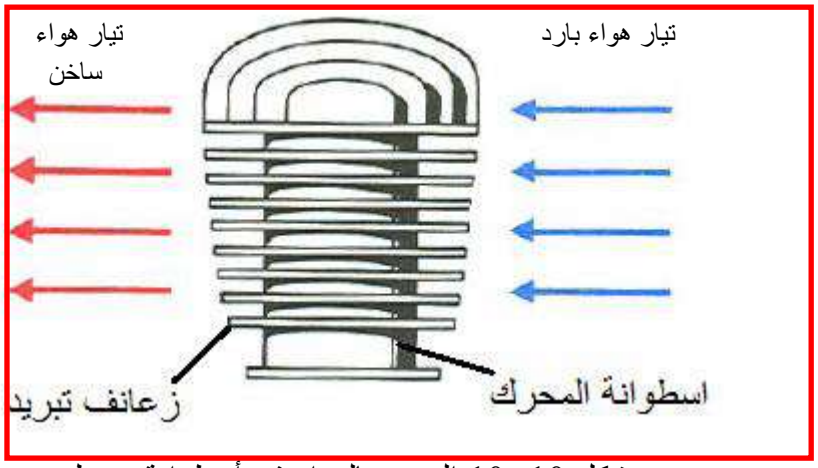
يستعمل في المحركات نوعان من أنظمة التبريد:

1- نظام التبريد بالهواء.

2- نظام التبريد بالماء.

1-3-2-10 التبريد بالهواء Air Cooling

في منظومة التبريد الهوائي يكون التبريد من السطح الساخن للمحرك إلى الهواء الخارجي مباشرة، ولزيادة كفاءة طرح الحرارة من المحرك إلى الجو يجب أن تتسع المساحة السطحية للمعدن الساخن وغالباً ما تصنع الأسطوانات ورؤوسها من معدن خفيف مثل الألمنيوم وتتسع المساحة بوضع ما يعرف بالزعانف (Fins)، شكل (10-10) في جسم المحرك وزيادة كمية الهواء المصطدمة بالمحرك بوضع مروحة تدار بواسطة عمود المرفق.



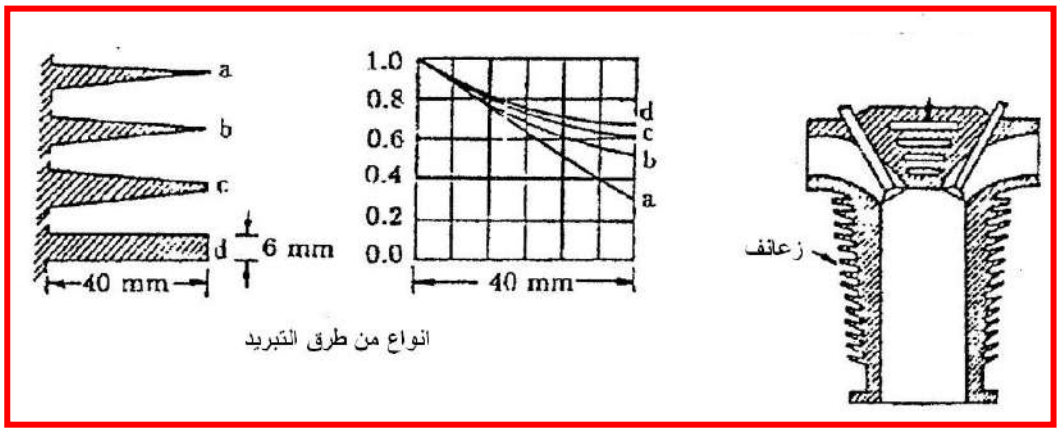
شكل 10- 10 التبريد بالهواء في أسطوانة محرك

من مزايا التبريد بالهواء رخص الثمن وبساطة في التصميم وخفة الوزن والحجم والتخلص من مشاكل التآكل التي يسببها الصدأ ومشاكل تجمد الماء في أيام البرد الشديد والتخلص من مشكلة التسرب المائي في المحرك.

ومن السلبيات للمحرك المبرد بالهواء الصوت المزعج الناتج عن المروحة ومن دوامات الهواء في المحرك.أما مساوئ التبريد الهوائي هي محدودية استعمال المحرك المبرد بالهواء في المحركات الصغيرة والمتوسطة.إذ أن طريقة التبريد بالهواء أكثر ملائمة لمحركات الديزل لزيادة جودتها الحرارية التي قد تصل إلى40% من الطاقة الكلية.

10-2-3-2 الزعانف Fins

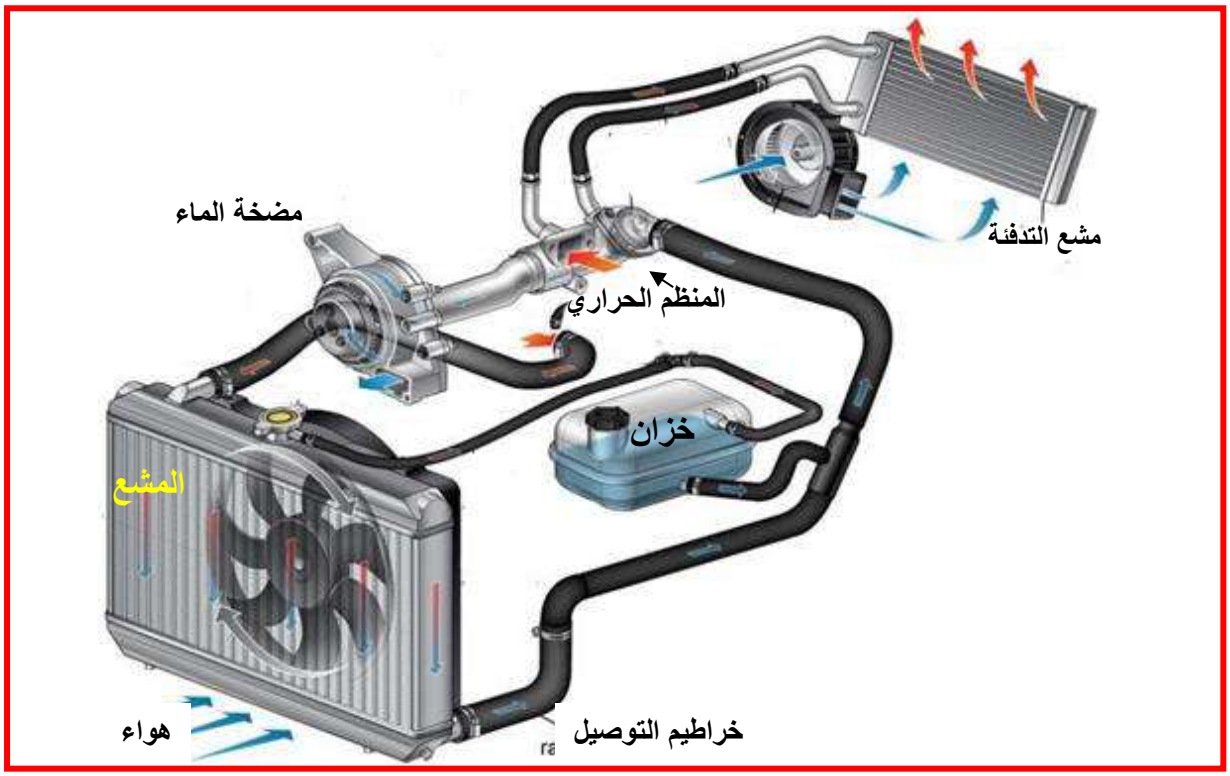
الرَيش أو الزعانف إما تسبك مع جسم الاسطوانة أو تثبت على جسم الأسطوانة وبأشكال مختلفة حيث تعتمد على الانتقال الحراري على طول مقطع المساحة للريشة والحرارة تنتقل من جذر الزعنفة إلى القمة. الشكل(10-11).



شكل 10-11 زعانف المحرك و أنواع أشكال الزعانف وقدرتها

10-2-4 التبريد بالماء Water Cooling

التبريد بالماء شكل (10-12)هي الطريقة الشائعة في المحركات المتعددة الأسطوانات،إذ أن كفاءة التبريد بالماء أكبر من التبريد بالهواء، تتسرب الحرارة من غرفة الاحتراق إلى أسطوانات المحرك ومنها إلى ماء التبريد المحيط بالأسطوانات والذي ينقلها إلى الخارج عن طريق المشع بعملية التبادل الحراري، الماء مادة فاعلة في التبريد لما تحتويه من محتوى حراري عالٍ ومعامل توصيل حراري عالي، فمتطلبات سائل التبريد هو انخفاض درجة تجمد السائل وزيادة درجة غليانه وأن لايتسبب في تآكل معادن المحرك وأن يمتاز باستقرار كيميائي ولا يلوث الزيت فضلاً على توافره بكلفة قليلة.الماء المستعمل يجب أن يكون نقياً وخالياً من الأملاح، والسائل الشائع الاستعمال المضاف لسائل التبريد هو أثيلين كلايجول ويزاد له مواد محسنة، وفي البلاد الباردة يزاد مادة مانعة التجميد بنسبة 2/1 أي 50% ليبقى السائل في حالة سائلة حتى درجة حرارة -20 درجة سيليزية كما تساعد في عدم تسبب التآكل والترسبات.



شكل 10-12 منظومة التبريد بالسائل

تحيط أجزاء المحرك جيوب التبريد المملوءة بالسائل وتنتقل الحرارة من المحرك إلى السائل ثم تنقل إلى الهواء الخارجي بواسطة المشع باستعمال مضخة الماء لتدوير السائل بسرعة وزيادة كفاءة تشتيت الحرارة كذلك تستعمل المروحة الموجودة خلف المشع لتبريد المشع في سحب الهواء وهنالك منظم حراري يقوم بتنظيم درجة حرارة الدورة وفي الإسراع بتسخين المحرك عندما يكون مقفلاً.مزايا التبريد المائي استهلاك للوقود أقل من مثيله المبرد بالهواء ودرجة حرارة المحرك أقل.إما المساوئ هي في حال أي نقص بالسائل يتسبب بزيادة درجة حرارة المحرك بسرعة وقد تسبب بتلف المحرك.

10-2-5 أجزاء منظومة التبريد بالسائل Parts of Cooling System

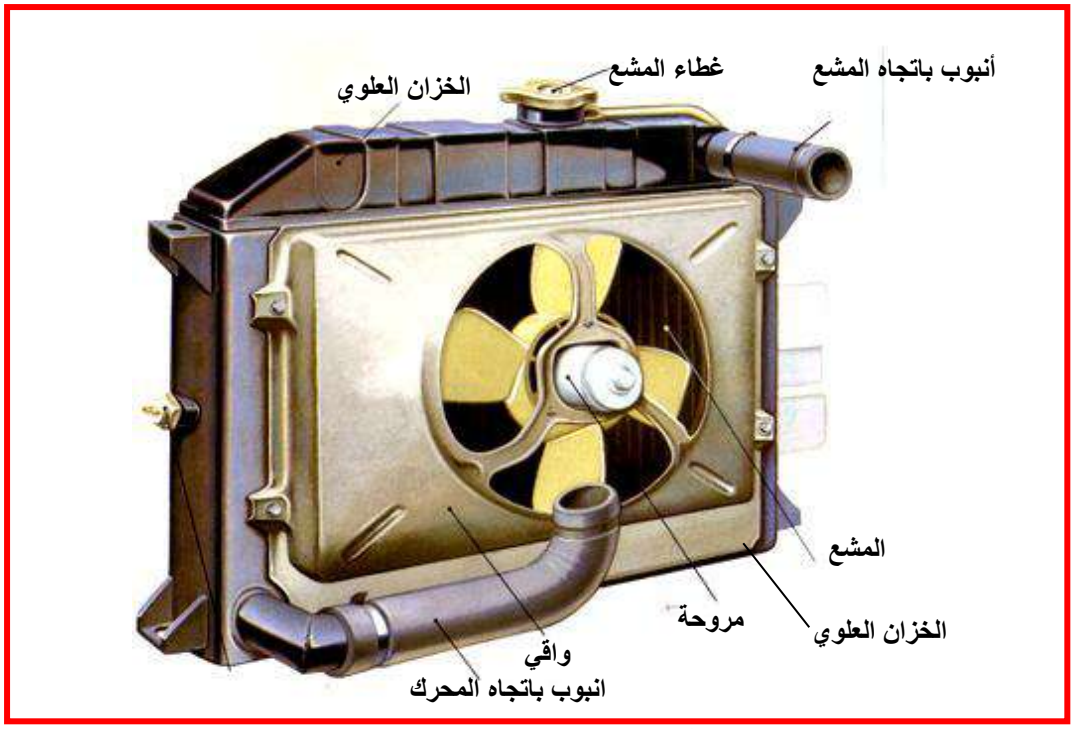
تتكون منظومة التبريد بالماء المستعملة في المحركات من الأجزاء الآتية:

1-المشع.
2-مضخة الماء.
3-المروحة.
4-المنظم الحراري.
5-سائل التبريد.

10-2-5-1 المشع Radiator

فكرة المشع تعتمد على التبادل الحراري ما بين الجسم الساخن والجسم البارد، فالمشع هو مبادل حراري. يتركب المشع من جسم المشع والخزان العلوي والخزان السفلي وأنبوب الفائض، يحتوي الخزان العلوي للماء على فتحة تعبئة المشع مع غطاء المشع وكذلك فتحة دخول الماء، وفي الخزان السفلي توجد فتحة تفريغ ماء التبريد ويتصل المشع بالمحرك بواسطة خراطيم الماء، الشكل (10-13).

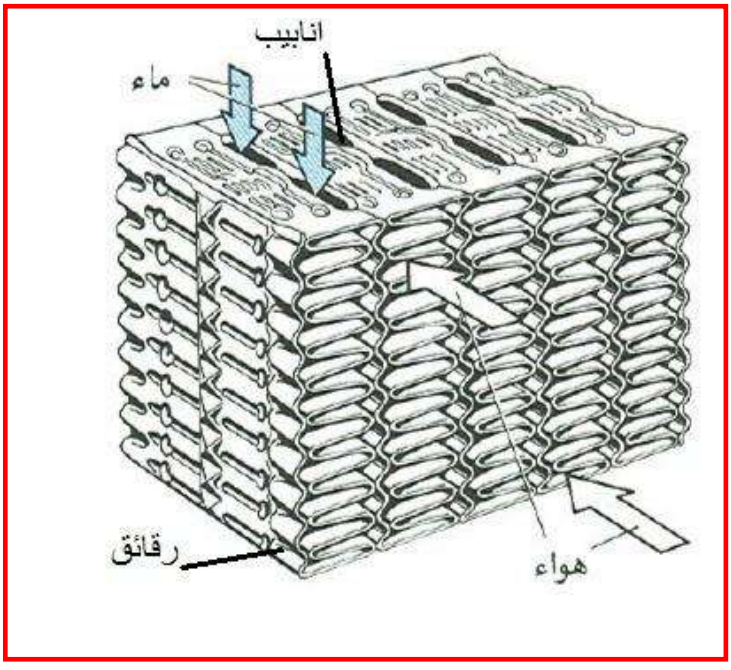
إن المبادل الحراري هو أداة لنقل الحرارة بين مائع درجة حرارته مرتفعة إلى مائع درجة حرارته منخفضة، وانتقال الحرارة يكون بالتوصيل والحمل والإشعاع.



شكل 10-13 المشع الحراري وتركيبه

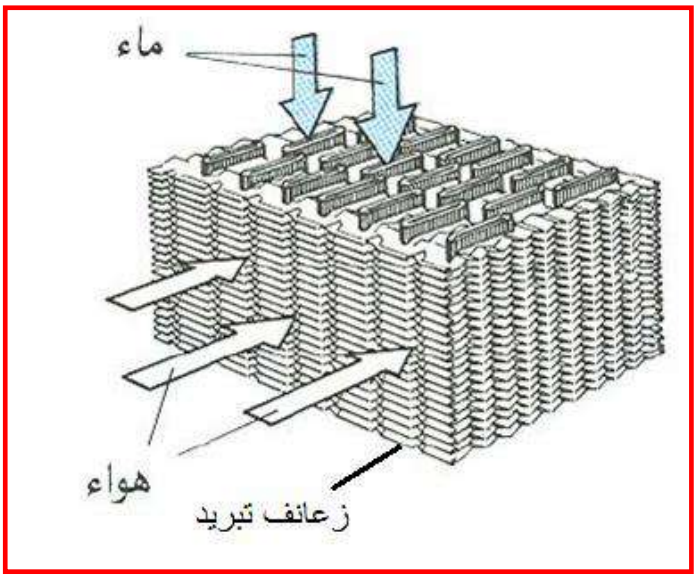
يمر سائل التبريد برقائق معدنية بأشكال مختلفة مكونة أنواعا معينة من المشع وهي:

أولاً: المشع ذو الرقائق: تمر في هذا النوع مياه التبريد والهواء خلال رقائق معدنية وقد تتعرض لانسداد بسبب ضيق الرقائق وتموجها، ويمتاز بمقاومة ضعيفة لضغط مياه التبريد لذا أصبح قليل الاستعمال، لاحظ الشكل (10-14).



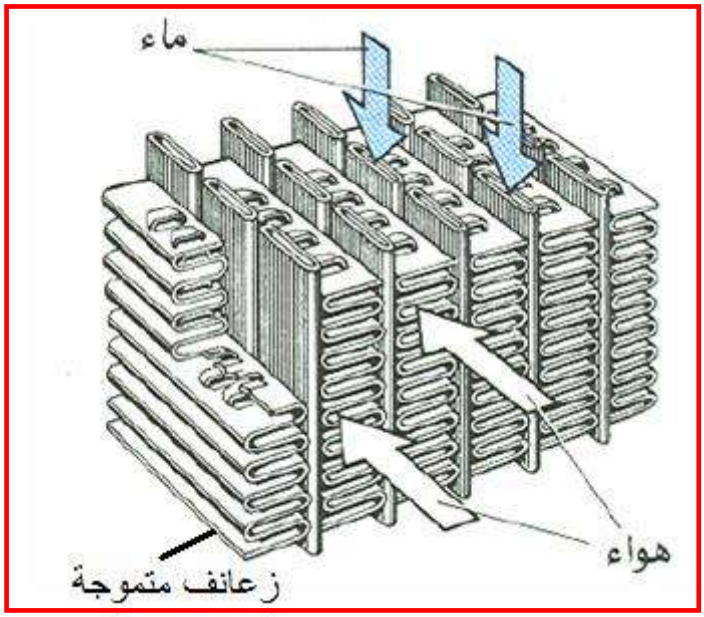
شكل 10-14 المشع ذو الرقائق

ثانياً: المشع ذو الأنابيب المزودة بزعانف تبريد أفقية متراصة: يمر سائل التبريد من خلال أنابيب عريضة ومحاطة بزعانف، كما هو مبين في الشكل (10-15).



شكل 10-15 المشع ذو الأنابيب المزودة بزعانف تبريد أفقية متراصة

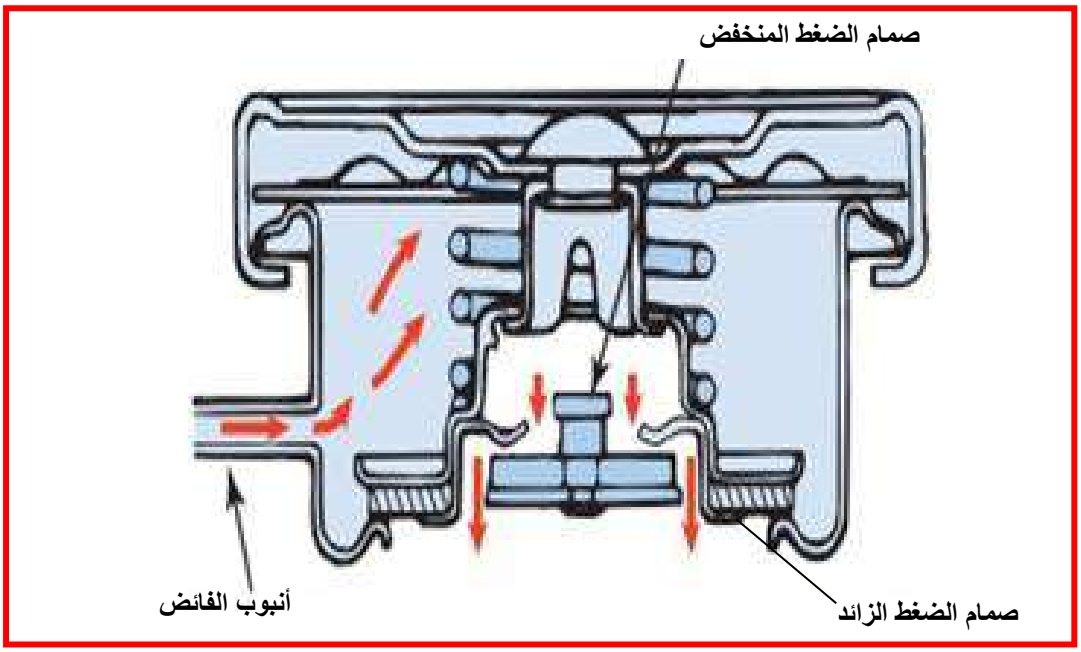
ثالثاً: المشع ذو الأنابيب المجهزة بزعانف متوازية ومتموجة: يستعمل في السيارات الصغيرة ويمتاز برخص ثمنه، الشكل (10-16).



شكل 10- 16 المشع ذو الأنابيب المجهزة بزعانف متوازية ومتموجة

غطاء المشع : يزود المشع بغطاء غلق المشع ويركب به صمام الضغط الزائد وصمام الضغط المنخفض لمنع تقلص المشع عندما يبرد ماء المشع، وكما هو مبين في الشكل (10-17).

ينصح بعدم فتح غطاء المشع في حالة كون المحرك ساخناً لان البخار المتدفق يعرض الأيدي للاحتراق.

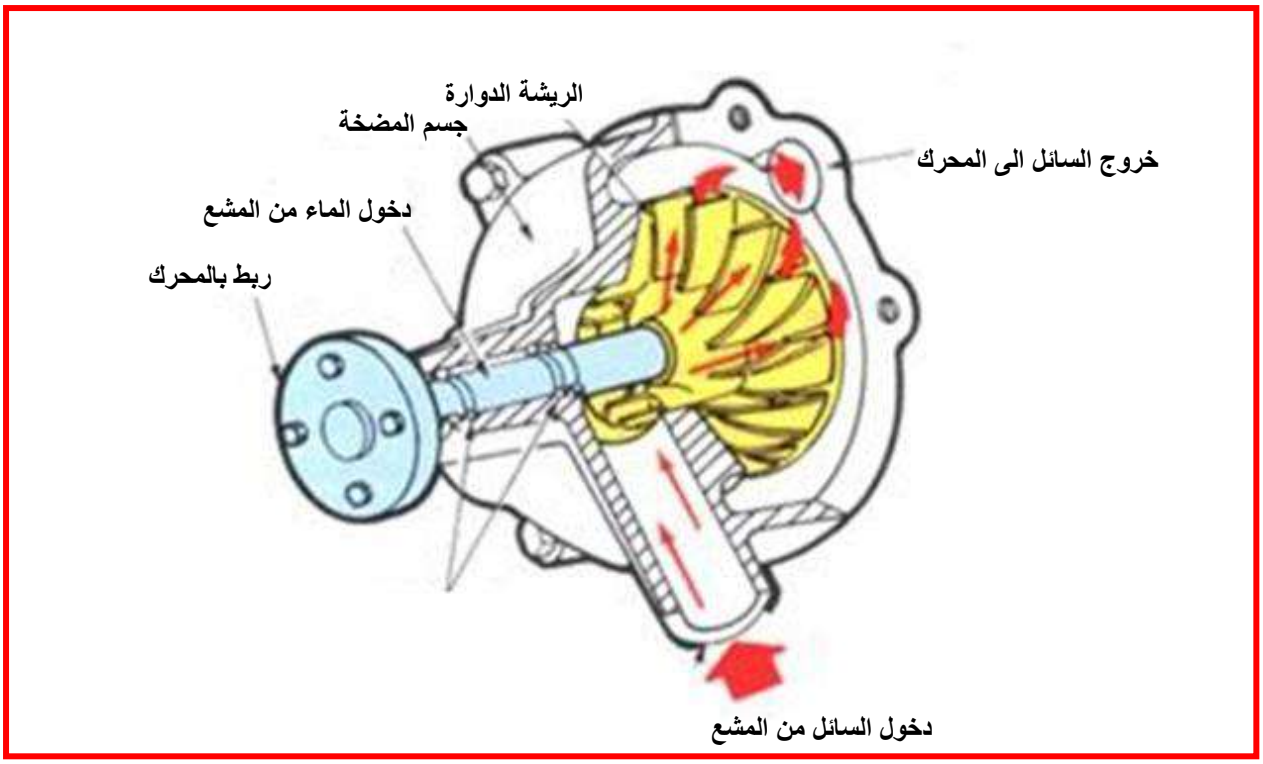


شكل 10-17 مكونات غطاء المشع

10-2-5-2 مضخة الماء Water Pump

المضخة هي أداة ميكانيكية تستعمل لزيادة ضغط المائع ورفع السائل إلى المقدار المطلوب للتدوير ولتسهيل نقل السائل.تقوم مضخة الماء بسحب الماء من خزان المشع السفلي وضخه إلى جيوب التبريد المحيطة بالمحرك ويكمل دورته إلى الخزان العلوي للمشع، تثبت المضخة مع المحرك وتدار غالباً بسير ويحكم تثبيتها لمنع التسريب بين عمود الإدارة للمضخة وجسمها ويراعى شد سير أداة المضخة بالقوة المناسبة لأن الشد المفرط يسبب زيادة الضغط على المحامل. والشد الأقل يسبب سخونة المحرك بسبب الانزلاق.

تعتمد المضخة الميكانيكية على مبدأ زيادة ضغط السائل وبالتالي زيادة سرعة الجريان لسائل التبريد وهذا يعتمد على أداة الضغط وهي مزودة بريش تتحرك بسرعة عالية وينتج عن دورانها قوة طرد مركزية تدفع السائل بقوة إلى الخارج ويولد الضغط المطلوب لرفع السائل. ويوجد نوعان من المضخات تسمى الأولى مضخة الطرد المركزي والأخرى مضخة الإزاحة الحجمية، كما هو مبين في الشكل (10-18).



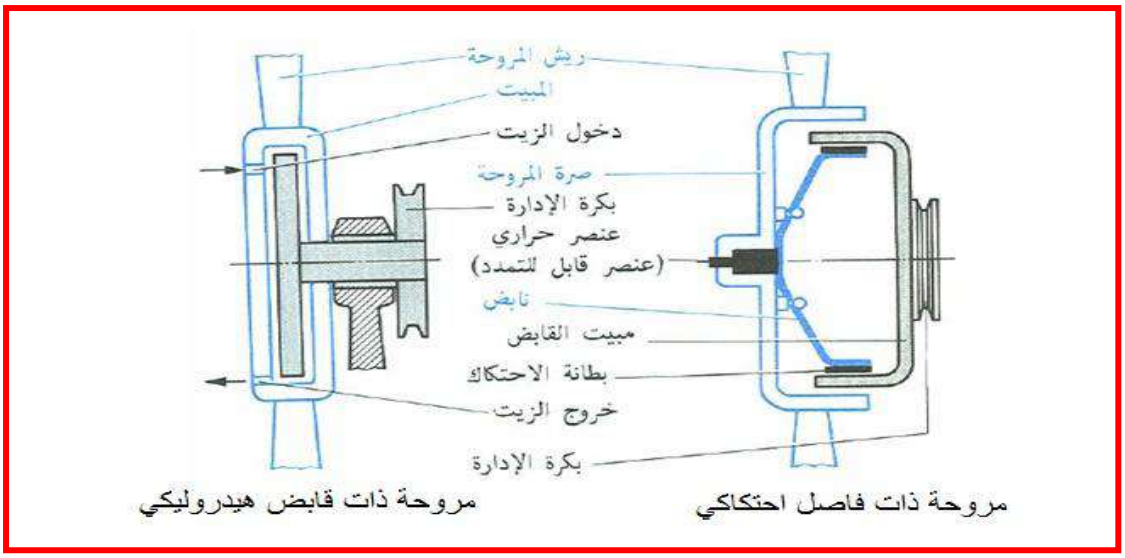
شكل 10-18 مرور سائل التبريد داخل مضخة الماء

10-2-5-3 المروحة Fan

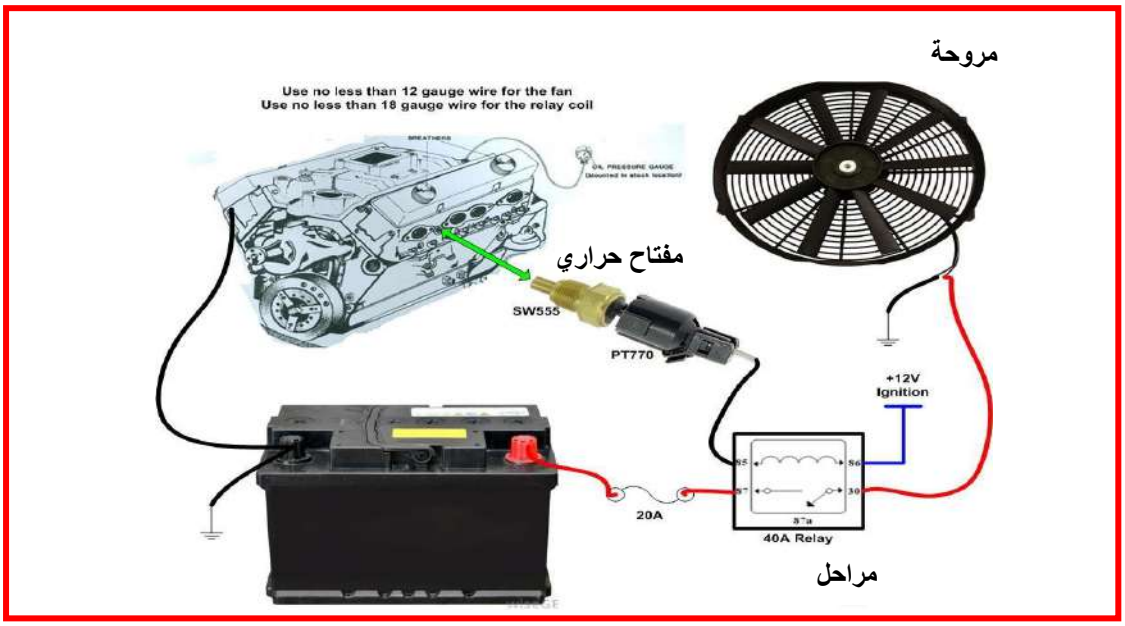
تستعمل المروحة لإجبار الهواء للمرور على المشع وتدفع الهواء للمحرك، تركب على محور عمودي لتدوير الهواء.الطاقة اللازمة لدوران المروحة تتناسب مع السرعة لضمان تدفق الهواء حتى في السرع البطيئة والأحمال الكبيرة، يمكن زيادة كفاءة المروحة بجعلها متغيرة السرعة حيث تتغيير سرعة المروحة حسب درجة حرارة المحرك وبذلك يمكن تقليل الطاقة المصروفة من المحرك.

من أجل التوازن الحراري المطلوب وتقليل الاضطراب والضوضاء في منظومة التبريد يستعمل الآتي:

1- فاصل احتكاكي يُسيطر عليه بواسطة منظم ثرموستات يعمل بسائل أو حشوة صلبة. لاحظ الشكل (10-20).
2- فاصل الكترومغناطيسي يعمل بمتحسس (جوزة) حراري،حيث يعمل المغناطيس بتشغيل المروحة عند ارتفاع درجة حرارة التشغيل حيث يحدث التعشيق ودوران المروحة.
3- التحكم الهيدروليكي يُسيطر عليه بقابض هيدروليكي.
4- تغيير زاوية ميل ريش المروحة حيث تتقارب الريش عند زيادة السرعة فتقل القدرة المصروفة والضوضاء.
5- استعمال مروحة كهربائية تأخذ طاقتها من البطارية وليس من المحرك باستعمال مفتاح حراري Thermal Relay وتشغيل المروحة والشكل (10-19)يوضح عند الحاجة، تتميز المروحة الكهربائية بأنها أكثر هدوءاً من الأنواع الأخرى وعدم الحاجة إلى سير مروحة وقلة الحاجة إلى الفحص والصيانة.



شكل 10-19 مروحة ذات فاصل إحتكاكي



شكل 10-20 باستعمال مفتاح حراري Thermal Relay وتشغيل المروحة

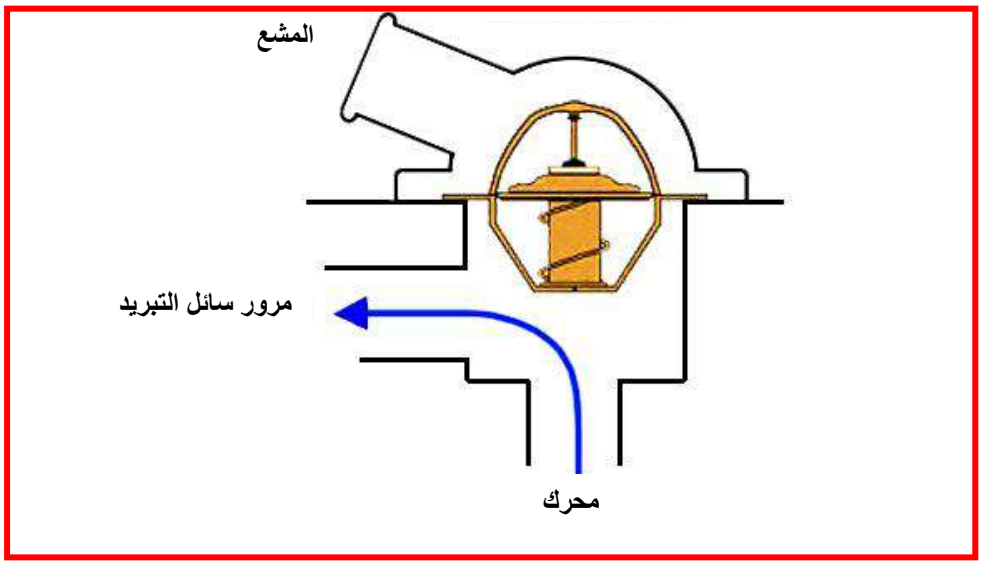
تعتمد كفاءة المروحة على تصميمها من حيث عدد الريش وقطرها وزاوية الريشة وقطر البكرة. ويصمم طوق (حاضنة) المروحة بخلوص قليل وتقل كفاءة المروحة إذا زاد الخلوص حيث تكمن فائدة طوق المروحة بتوجيه تدفق الهواء خلال المشع وليس حوله.

4-5-2-10 المنظم الحراري Thermo State

للوصول إلى درجة الحرارة التي تساعد في عملية الاحتراق الكامل داخل المحرك، يستعمل المنظم الحراري في مسار الماء إلى المشع من جهة رأس المحرك إلى خزان المياه العلوي، الغرض منه هو السيطرة على درجة الحرارة عند بداية تشغيل المحرك والصمام عبارة عن جسم يحتوي بداخله على مكبس يتحكم بمجرى السائل مع وجود مانع تسرب وقاعدة المكبس يوجد فيها مشع خاص في وعاء بلاستيكي. عندما يتمدد يدفع المكبس وبالتالي يفتح المجرى بين المشع ومجاري المحرك خلال ميكانيكية دفع النابض وكلما زادت درجة الحرارة كلما انفتح أكثر

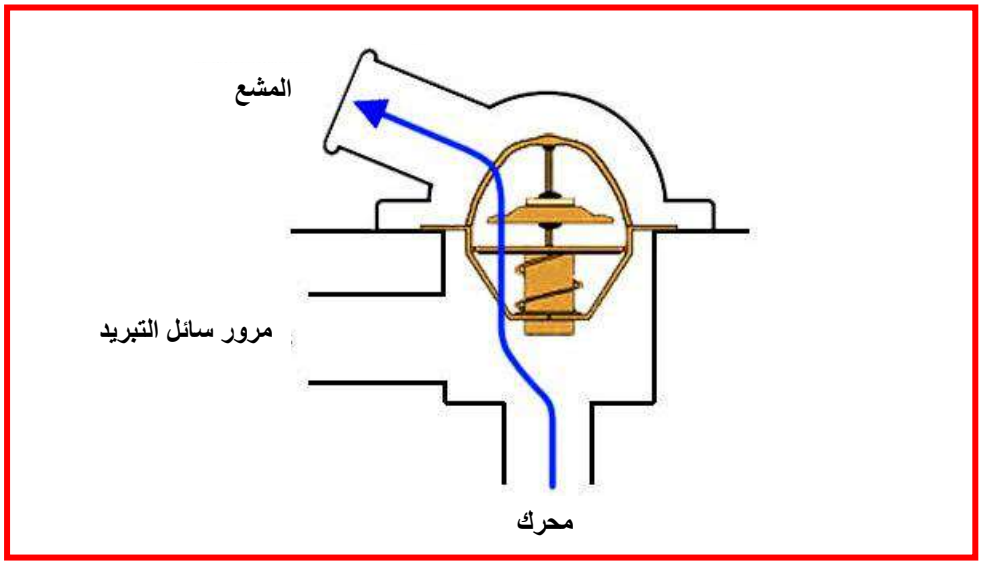
ويمكن معرفة عمل المنظم الحراري :

أولاً: حالة الغلق: غلق ممر مياه التبريد من المحرك إلى المشع في أثناء بدء التشغيل حيث يكون المحرك بارداً ويفيد وضع الغلق التام في رفع درجة حرارة المحرك بأسرع وقت ممكن. كما هو مبين في الشكل (21-10)



شكل 10-21 حالة الغلق المنظم الحراري

ثانياً حالة الفتح: عند ارتفاع درجة حرارة المحرك إلى درجة حرارة عالية يفتح المنظم الحراري بشكل كامل ويمرر مياه التبريد كلياً إلى المشع لغرض تبريدها. كما هو مبين في الشكل (10-22)



شكل 10-22 حالة مفتوح المنظم الحراري

أسئلة الفصل العاشر

س1: ما الغرض من استعمال الزيت في المحركات؟

س2: عدد الأجزاء الرئيسة لدورة التزييت مع الرسم.

س3: اشرح أنواع مضخات الزيت.

س4: اشرح عمل مؤشر ضغط الزيت.

س5: قارن بين المضخة ذات الترس الدوار والمضخة ذات التروس.

س6: ما مخاطر تلوث الزيت داخل المحرك؟

س7: وضح دور مرشح الزيت على منظومة التزييت في المحرك.

س8: ما أنواع منظومات التبريد في المركبات؟

س9: ما أجزاء منظومة التبريد بالسائل؟

س10:وضح عمل المشع واذكر أنواعه.

س11: ما مبدأ عمل مضخة الماء في المحرك؟

س12: ما هي مراحل عمل المنظم الحراري؟ وضح مع الرسم.