الفصل السابع

أجهزة توليد الشرارة
Spark Ignition Systems

الفصل السابع
Chapter 7

أجهزة توليد الشرارة
Spark Ignition Systems

❖ 7.1 المقدمة Introduction

استخدمت الأنابيب الساخنة لحرق خليط الوقود والهواء داخل أسطوانات محركات الاحتراق بالشرارة في البداية. تُرفع درجة حرارة الأنبوب الى درجة الاحمرار وعندما يلامس خليط الهواء والوقود الأنبوب الساخن يشتعل الخليط داخل الأسطوانة. إلا أن هذه الطريقة غير عملية وغير مناسبة في المحركات متعددة الأسطوانات خصوصاً بالسرع العالية لهذا أستبدل بالنوع الكهربائي (electric spark ignition system). أدخل هذا النوع من أجهزه توليد الشرارة الى المحركات من قبل (Lenoir). يعمل هذا الجهاز بمبدأ التفريغ الكهربائي بين قطبين بينهما فسحة لا تزيد عن 1.0mm هذه الفسحة موجودة في شمعة القدح التي تثبت في رأس الأسطوانة. تحتاج عملية توليد الشرارة إلى جهد كهربائي يبلغ بضع مئات من الفولتات ولكن عند زيادة الضغط داخل الأسطوانة يجب زيادة الجهد الكهربائي إلى 8000 فولت. هذه الكهربائية العالية يستطيع جهاز توليد الكهرباء الذي يعمل بالمغناطيس (magneto) إن يولدها أو جهاز توليد الشرارة ذي الملف الكهربائي (coil –ignition system). إلا إن أجهزة توليد الشرارة بمختلف أنواعها سوى كان منها الاعتيادي أو الإلكتروني تحتاج الى البطارية لتوفير الكهربائية التي تقوم بتضخيمها لتوليد الشرارة فضلاً عن ذلك تحتاج البطارية لتدوير المحرك لغرض تشغيله باستخدام جهاز التدوير (starter). وبسبب أهمية البطارية لأجهزة توليد الشرارة وفي تشغيل المحرك سوف نتطرق لها ولأهم أنواعها والتي تستخدم في المحركات.

❖ 7.2 البطاريات Batteries

تعدّ البطاريات أحد أجزاء جهاز توليد الشرارة فضلاً عن أنها تقوم بتشغيل المحرك من خلال توفير الطاقة الكهربائية لجهاز بادئ الحركة أو تدوير المحرك (starter).

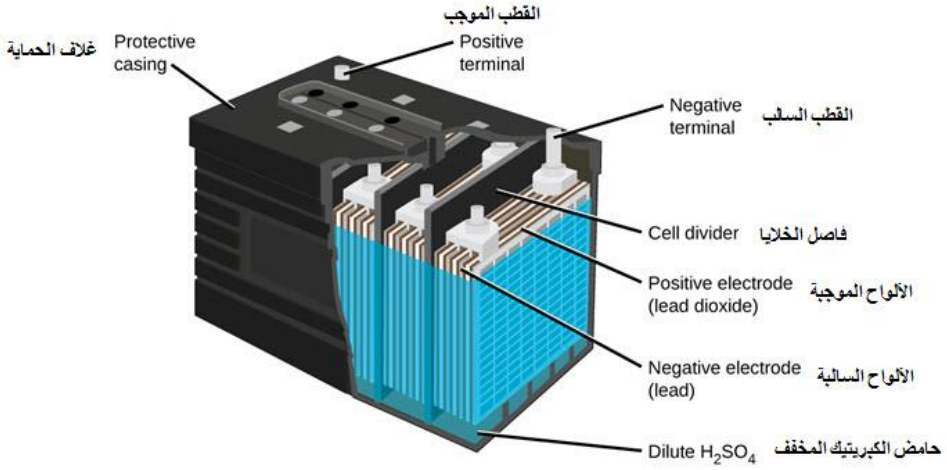
تنقسم البطاريات الى نوعين وهما البطاريات الأولية (primary batteries) والبطاريات الثانوية (secondary batteries). البطاريات الأولية هي بطاريات صغيرة أسطوانية الشكل أو مستطيلة تستخدم في الأجهزة التي تحتاج الى كهربائية محدودة. تتكون من قطب موجب وهو عبارة عن عمود من الكاربون وقطب سالب تمثله الحاوية المصنعة من الخارصين. تضم الحاوية في داخلها خليط من الكاربون أو الكرافايت وثاني أوكسيد المنغنيز (MnO_2) الذي يعمل كمستقطب وكلوريد الأمونيا (NH_4Cl) كمحلول إلكتروليتي وكلوريد الزنك ($ZnCl_2$) الذي يستخدم لتقليل التفاعل بين الزنك وكلوريد الأمونيوم عند عدم استخدام البطارية. أما النوع الثانوي من البطاريات فيتميز بكبر حجمة وتعدد خلاياه وهو على عدة أنواع من أهمها هي:

7.2.1 بطارية الرصاص الحامضية Lead –Acid Battery

تعدّ بطارية الرصاص الحامضية من أكثر الأنواع انتشارا واستخداماً إذ تستطيع توفير كهربائية كافية لجهاز تدوير المحرك starter لغرض تشغيله فضلاً عن جهاز توليد الشرارة. تتميز هذه البطارية بطول عمرها التشغيلي مقارنةً مع الأنواع الأخرى والذي يبلغ بحدود سنتين أو أكثر اعتمادا على جودة صيانتها فضلاً عن أنها رخيصة الثمن. إلا أنها كبيرة الحجم وثقيلة الوزن وتحتاج الى الشحن بصورة مستمرة ولا يمكن تخزينها إلا وهي جافة كما أن محلولها له تأثير على بعض أنواع المعادن والاصباغ. فضلاً عن ذلك تفقد جزء من ماءها المقطر خصوصاً في الأجواء الحارة لهذا يجب إضافة الماء المقطر لها بين الحين والآخر.

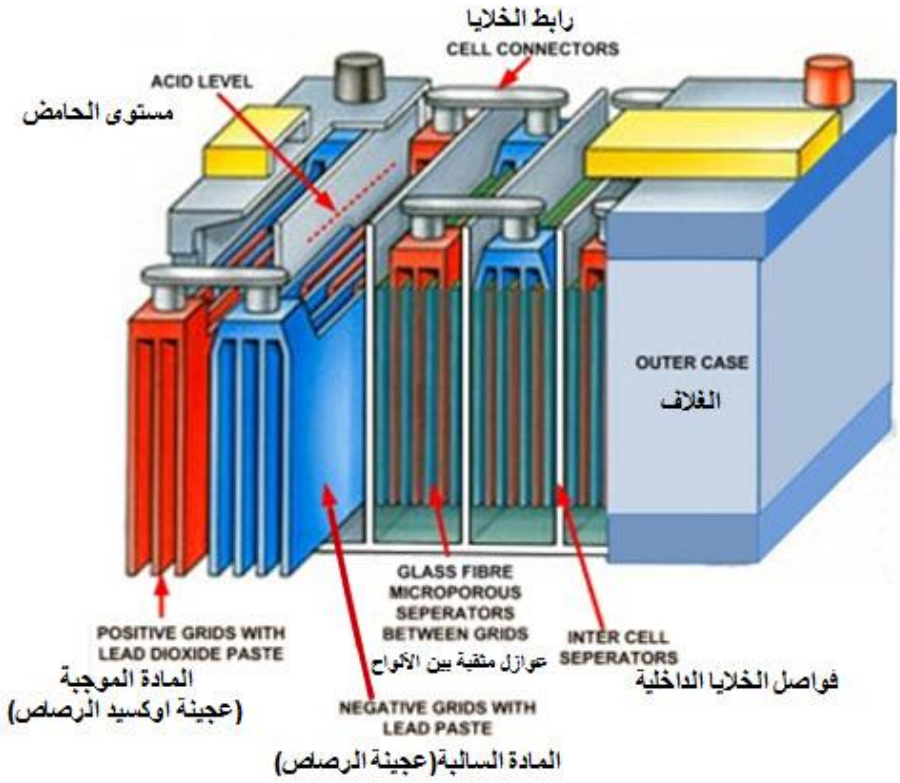
7.2.1.1 مكونات بطارية الرصاص الحامضية
Construction Of Lead-Acid Battery

تتكون بطارية الرصاص الحامضية من مجموعة من الخلايا يُحدد عددها على ضوء مقدار الفولتية المطلوب انتاجها. تتكون الخلية الواحدة من مجموعة من الألواح الموجبة والسالبة (شكل 7.1). توضع هذه الألواح بشكل متبادل تبدأ بلوح سالب وتنتهي به وهذا يعني أن الألواح السالبة تحيط بالألواح الموجبة مما يجعل عددها مساوي للألواح الموجبة زائد واحد. يبلغ عدد الألواح الموجبة والسالبة في الخلية الواحدة بحدود سبعة ألواح وبعض الاحيان أكثر بقليل.



شكل (7.1) **: أجزاء بطارية الرصاص الحامضية**

تُفصل الألواح الموجة والسالبة بعوازل مثقبة حتى تسمح بمرور المحلول الحامضي (electrolyte) بين الألواح. تصنع العوازل من الخشب أو البلاستك أو الألياف الزجاجية (Fiber glass) أو (PVC). تصنع الألواح التي تثبت عليها المادة الفعالة من سبيكة الرصاص والأنتيمون (lead-antimony alloy). تثبت عجينة أوكسيد الرصاص (Lead oxide (PbO_2)) عليها ثم تعامل كهربائياً لتحويلها الى بيروكسيد الرصاص lead peroxide الذي يمثل الألواح الموجبة. تتميز الألواح الموجبة بلونها الأحمر الغامق (شكل 7.2). بينما يثبت الرصاص Lead (Pb) على الألواح الأخرى ليمثل الألواح السالبة ذات اللون الرصاصي الفاتح. تربط الألواح الموجبة والسالبة كلاً على حدة في الخلية الواحدة وتربط الخلايا المتجاورة مع بعضها البعض على التوالي ومجموعها يحدد الفولتية المنتجة فإذا كان عددها مثلاً ستة خلايا فان الفولتية المنتجة 12V.



شكل (7.2) **: الألواح الموجبة (الحمراء) والألواح السالبة (الرمادي) وطريقة ربط الخلايا مع بعضها**

7.2.1.2 الحاوية Container

تصنع الحاوية والتي يطلق عليها بعض الأحيان الحاوية الخارجية (outer case) (شكل 7.2) من مادة المطاط الصلب (hard rubber). تثبت الخلايا داخلها بحيث تبقى معلقة وبعيدة عن القاع لترك فراغ لتجميع المادة الفعالة فية والتي تسقط أثناء استخدام البطارية لأنتاج الكهرباء. هذه المادة الساقطة إذا لامست الألواح تعمل دائرة قصيرة (short circuit) بين الالواح الموجبة والسالبة مما يؤدي الى تلف البطارية. يزود الجزء العلوي من الحاوية بفتحات عددها مساوي لعدد الخلايا تستخدم لملأ الخلايا بالمحلول الحامضي. تزود هذه الفتحات بغطاء لأحكام غلقها لمنع تسرب المحلول الحامضي منها. يزود كل غطاء بفتحة صغيرة لإخراج الغازات الناتجة من التفاعلات الكيميائية والتي يجب أن تبقى مفتوحة وإلا قد تسبب انفجار البطارية كما يحدث في بعض الأحيان.

7.2.1.3 نظرية عمل بطاريات الرصاص الحامضية

Lead-Acid Batteries Theory of Operation

تحدث في بطارية الرصاص الحامضية التفاعلات الكيميائية الآتية:

الأقطاب (الألواح) الموجبة (Positive electrodes)

$$PbO_2 + H_2SO_4 + 2e^{-2} \xrightarrow{discharge} PbSO_4 + 2H_2O$$

الأقطاب (الألواح) السالبة (Negative electrodes)

$$Pb + H_2SO_4 + 2e^{-2} \xrightarrow{discharge} PbSO_4 + 2H^+ + 2e^{-2}$$

تُظهر معادلة الالواح الموجبة أن أوكسيد الرصاص يتفاعل مع حامض الكبريتيك ليعطي ذرتين من الهيدروجين وإلكترونين. يتفاعل الهيدروجين المتحرر من الحامض مع الأوكسجين المتحرر من اوكسيد الرصاص (PbO_2) ليعطي الماء بينما يتفاعل الرصاص (Pb) مع الكبريتات (SO_4) ليعطيا كبريتات الرصاص. إما معادلة الألواح السالبة فأن الرصاص الموجود عليها (Pb) يتفاعل مع الكبريتات (SO_4) المتحرر من الحامض ليعطيا كبريتات الرصاص. يرافق هذه العملية تتحرر ذرتي هيدروجين $2H^+$ وإلكترونين ($2e^-$).

إما التفاعل الكلي الذي يحدث في الخلية فتوضحه المعادلة الآتية:

$$PbO_2 + Pb + H_2SO_4 + 2e^{-2} \xrightarrow{discharge} 2PbSO_4 + 2H_2O$$

7.2.1.4 طريقة تحضير المحلول الحامضي

Method Of Electrolyte Preparation

لتحضير لتر واحد من المحلول الحامضي (electrolate) الذي يستخدم في بطارية الرصاص الحامضية يستخدم حامض الكبريتيك ذو العيارية (specific gravity) 1.835 والنقاوة 98% وماء مقطر. يضاف 36% من حامض الكبريتيك (340ml) الى (66%) من الماء المقطر (660ml) (لا يجوز إضافة الماء الى الحامض وإنما بالعكس وحسب قاعدة القوي على الضعيف). وعندما يراد مثلاً تحضير 5 لتر من الماء الحامضي تضاعف الكميات الى 5 مرات. تبلغ عيارية الماء الحامضي عندما تكون البطارية مشحونة بشكل كامل بحدود 1.27 وعندما تنخفض الى أقل من 1.25 يجب عندئذٍ شحنها. كما يجب أن يكون مستوى الماء الحامضي أعلى من الألواح وإلا أدى الى جفاف المادة الفعالة الموجودة عليها ومن ثم تلف البطارية. وعندما ينخفض مستوى الماء الحامضي نتيجة التبخر أو فقدان جزء منة لسبب ما يجب إضافة الماء المقطر.

66% (660ml) distilled water+ 36% (340ml) H_2SO_4⇒1 litter (1000ml) Acidic water

7.2.2 بطارية النيكل الكادميوم Nickel-Cadmium Battery

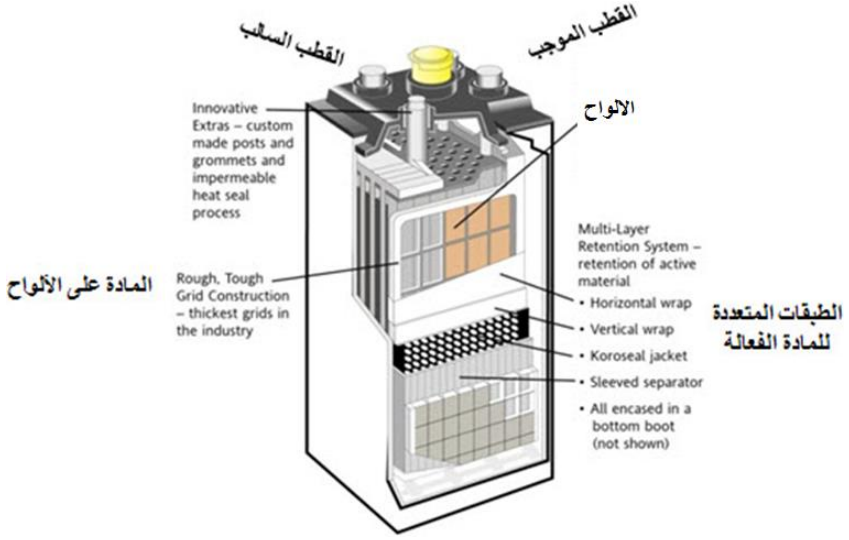
على الرغم من الاستخدام الواسع لبطارية الرصاص الحامضية إلا أنها تعاني من عدة مشاكل منها كبر حجمها وثقل وزنها وحاجتها الى الشحن المستمر وفقدها للمحلول الحامضي بسبب التبخر كما قد يسقط السائل الحامضي منها على معدن المحرك أو جسم المركبة مسبباً تلفاً له لهذا بدأ التحول الى بطارية النيكل- الكادميوم. يتميز هذا النوع من البطاريات بصغر حجمها وسهولة تخزينها وحاجتها الى شحن أقل من النوع الأول فضلاً عن أنها محكمة بصورة أفضل مما يقلل من تسرب السائل منها. إلا إن من عيوبها قصر فترة حياتها مقارنةً مع النوع الاول كما أن كهربائيتها أقل شدةً إلا أنها تبقى فترةً أطول. تزود هذه البطاريات بمادة هيدروكسيد البوتاسيوم السائلة وهي مادة تسبب حروق شديدة عند ملامستها الجسم فضلاً عن ذلك يعتبر عنصر الكادميوم والذي يدخل في تركيبها من العناصر الكيميائية غير الصديقة للبيئة.

7.2.2.1 تركيب خلية بطارية النيكل - الكادميوم
Construction Of The Cell Of a Nickel-Cadmium Battery

تتكون خلية بطارية النيكل- الكادميوم من ألواح موجبة وأخرى سالبة. تُفصل هذه الألواح بألواح عازلة (طبقات) (separator layers). إما المحلول المستخدم فيها هو هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) والذي تركيزه كوزن بحدود 31% إما وزنه النوعي النسبي Specific gravity بحدود 1.30 (أثقل من الماء بمقدار 30%). تربط الألواح الموجبة مع بعضها والألواح السالبة مع بعضها أيضاً. وتربط الألواح الموجبة في الخلية مع الألواح السالبة في الخلية المجاورة وهكذا بالنسبة للخلايا الأخرى. وتربط الألواح الموجبة للخلية الطرفية مع القطب الموجب والألواح السالبة للخلية الطرفية الأخرى مع القطب السالب (شكل 7.3).

تَحمل الألواح الموجبة المشحونة مادة هيدريت النيكل Nickel Hydrate (NiOOH) أما الألواح السالبة المشحونة فتحمل الكادميوم الإسفنجي (Cd). تختلف الألواح التي تثبت عليها المادتين الموجبة والسالبة بأختلاف نوع المادة الداخلة بتصنيعها وطريقة التصنيع. إن أكثر الألواح استخداماً هي ألواح النيكل الشبكية الشكل (perforated nickel foil) أو المتموجة. تنثر على هذه الألواح حبيبات النيكل الناعمة (Nickel powder). وقد تستخدم بعض الأحيان الألواح البوليرية المغطاة بالنيكل. توضع الخلية الواحدة بحاوية مصنعة من مادة النايلون (nylon) أو البوليأميد (polyamide) أو الحديد

(الفولاذ) (steel). والخلية الواحدة في البطارية أما مغلقة أو مفتوحة (تحتوي على منفذ صغير) أعتماداً على نوع المادة الفاصلة بين المادة الموجبة والسالبة. عندما تزود الخلايا بمنافذ عندها تزود بحواجز تمنع انتقال الغازات بين الالواح المتجاورة أما إذا كانت الخلايا مغلقة فتزود بحواجز ذات فراغات (أو مسامية) (porous separator) حتى تسمح بمرور الغازات بين الألواح.



شكل (7.3) **: مكونات بطارية النيكل- الكادميوم**

7.2.2.2 نظرية عمل بطارية النيكل- الكادميوم

Nickel-Cadmium Batteries Theory Of Operation

عندما تستخدم بطارية النيكل – الكادميوم تحدث فيها التفاعلات الكيميائية الآتية بينما تحدث التفاعلات العكسية عند شحنها.

الألواح الموجبة (القطب الموجب) (positive electrode)

$$2NiOOH + 2H_2O + 2e^- \leftrightarrows 2Ni(OH)_2 + 2(OH^-)$$

تظهر المعادلة الكيميائية أن خلية البطارية تعطي الكهربائية عندما يكون التفاعل الى اليمين أي عندما يتفاعل هايدريت النكيل مع الماء ليعطي الكترونين وهيدروكسيد ويتحول الى هيدروكسيد النيكل. وعندما تشحن الخلية تحدث التفاعلات الكيميائية الى اليسار.

الألواح السالبة (القطب السالب) (Negative electrode)

$$Cd + 2(OH) \leftrightarrows Cd(OH)_2 + 2e^-$$

الألواح السالبة التي تحتوي على الكادميوم الاسفنجي تتفاعل مع الهيدروكسيد المتحرر من تفاعل هايدريت النيكل مع الماء وهذا التفاعل يعطي هيدروكسيد الكادميوم ويحرر إلكترونين.

أما التفاعل الكلي الذي يحدث في الخلية يعبر عنة بالمعادلة الآتية:

$$2NiOOH + Cd + 2H_2O \leftrightarrows 2Ni(OH)_2 + 2Cd(OH)_2$$

7.2.2.3 شحن بطارية النيكل الكاديميوم

Charging Of a Nickel-Cadmium Battery

لغرض شحن بطارية النيكل- الكاديميوم يربط قطبها الموجب مع القطب الموجب لمصدر الكهرباء ويربط قطبها السالب مع القطب السالب للمصدر نفسة. وعند مرور الكهرباء بالاتجاه المعاكس لكهرباء البطارية تفقد الالواح السالبة الأوكسجين ويتحول هيدروكسيد الكادميوم ($Cd(OH)_2$) الى كادميوم إسفنجي. كما أن الألواح الموجبة تستمر بفقدانها للأوكسجين ويتحول هيدوكسيد النيكل الى هيدريت النيكل.

❖ 7.3 جهاز توليد الشرارة الاعتيادي

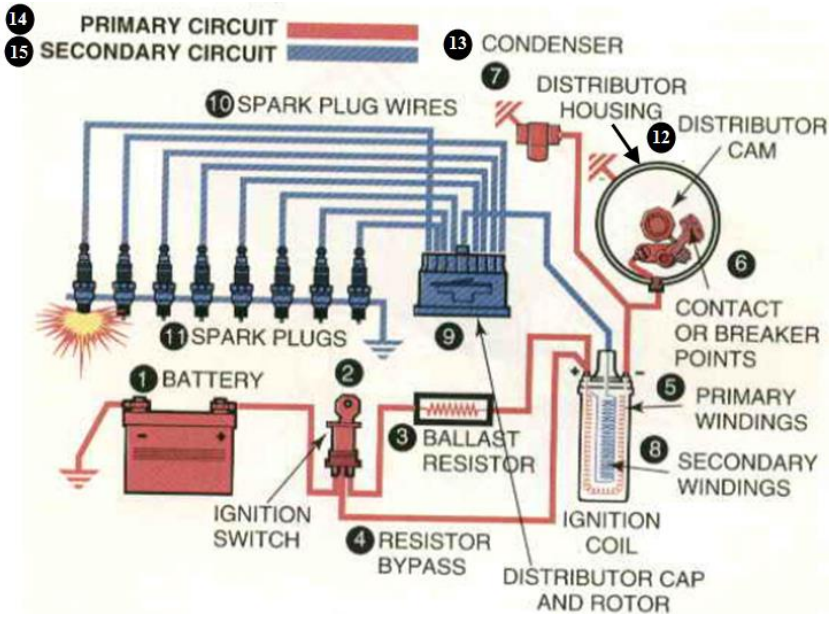
Conventional Spark Ignition System

يتميز هذا الجهاز بقابليته العالية على توليد الشرارة بوجود الضغط والحرارة العالتين في أسطوانة المحرك فضلا عن قابليته العالية على زيادة عدد الشرارات مع زيادة سرعة المحرك ومقاومته للظروف الخارجية كالرطوبة وغيرها. وفي ما يلي وصف لهذا الجهاز.

يتكون جهاز توليد الشرارة الاعتيادي من دائرتين كهربائيتين هما الدائرة الابتدائية (Primary circuit) والدائرة الثانوية (Secondary circuit) (شكل 7.4). تتكون الدائرة الابتدائية من البطارية (Battery) ومفتاح التشغيل (Operating Switch) والمقاومة (Resistance) والملف الابتدائي (Primary Coil) ونقطة القطع (Contact Point) أو (Breaker Point) والمكثف (Capacitor) أو (Condenser). أما الدائرة الثانوية فتتكون من الملف الثانوي (secondary coil) والموزع (Distributor Rotor) وأسلاك نقل الكهرباء (Spark Plugs Wires) وشمعات القدح (Spark Plugs).

تقوم البطارية بتوليد الكهرباء والتي تبلغ 12V نتيجة التفاعلات الكيميائية بين مكوناتها والتي هي أوكسيد الرصاص (Pb_2O) والرصاص (Pb) ومحلول حامض الكبريتيك المخفف ذو الكثافة البالغة بحدود $1.25g/cm^3$.

يقوم مفتاح التشغيل بتمرير الكهرباء لجهاز توليد الشرارة فضلا عن الأجهزة الكهربائية الأخرى كجهاز تشغيل المحرك (starter) وغيرة. يزود الجهاز بمقاومة توضع بين مفتاح التشغيل والملف وظيفتها تقليل شدة التيار الذاهب الى الملف لحمايته من التلف فضلاً عن تقليل حرارته التي تنتج من مقاومته للتيار المار فيه. هذه المقاومة يتم تجاوزها عندما يستخدم جهاز تشغيل المحرك الذي يسبب إضعاف الكهربائية وذلك من خلال تزويد الجهاز بممر آخر للكهرباء خالي من المقاومة (Resistor bypass) لأن مرور الكهرباء من خلالها يسبب أضعاف التيار الكهربائي بصورة أكبر والذي هو ضعيف أساساً مما يسبب ضعف الشرارة التي تولدها شمعة القدح أو قد لا يستطيع الجهاز توليد شرارة لعدم كفاية التيار.



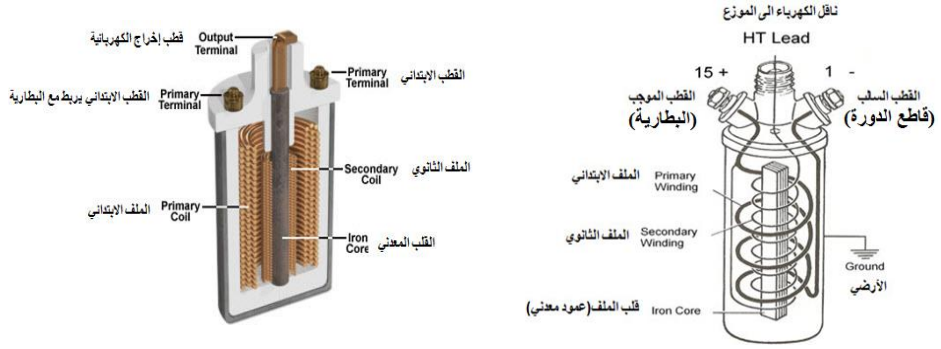
1. البطارية 2. مفتاح التشغيل 3. مقاومة التحميل 4. ممر عبور المقاومة 5. الملف الابتدائي 6. نقطة الفصل والايصال 7. غلاف الموزع 8. الملف الثانوي 9. الموزع وغطاءه 10. اسلاك شمعات القدح 11. شمعات القدح 12. كامة الموزع 13. المكثف 14. الدائرة الابتدائية 15. الدائرة الثانوية

شكل (7.4) **: جهاز توليد الشرارة الاعتيادي** (conventional spark ignition system)

7.3.1 الملف Coil

يتكون ملف الجهاز من ملفين هما الابتدائي والثانوي. الملف الابتدائي عبارة عن سلك سميك عدد لفاته أقل من عدد لفات الملف الثانوي. يحيط الملف الابتدائي بالملف

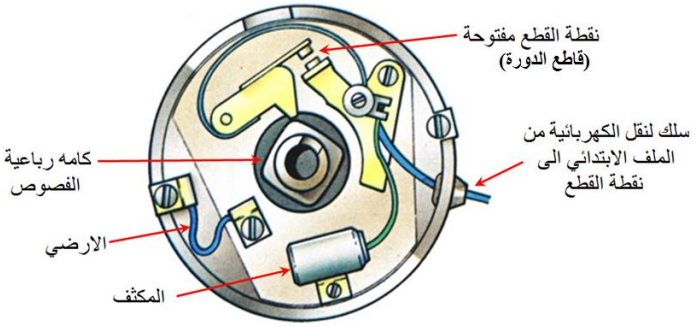
الثانوي. يزود الملف بقلب حديدي (Iron core) لزيادة المجال المغناطيسي الذي يتولد نتيجة مرور الكهرباء فيه (شكل 7.5). يربط الملف الابتدائي على التوالي مع البطارية. إما الملف الثانوي فعدد لفاته أضعاف عدد لفات الملف الابتدائي ويربط على التوالي مع الملف الابتدائي من جهة ومن الجهة الأخرى مع الموزع من خلال سلك سميك (HT lead).



شكل (7.5) : يوضح نوعين من الملفات جهاز توليد الشرارة

7.3.2 قاطع الدورة (التماس) Contact breaker

يقوم قاطع الدورة بغلق الدائرة الابتدائية وفتحها حسب توقيت الشرارة (شكل 7.6). يتكون قاطع الدورة من فكين أحداهما ثابت يربط الى القطب السالب الذي هو جسم المحرك أو المركبة (earth) والفك الأخر يربط مع الملف الابتدائي على التوالي.



شكل (7.6) : قاطع الدورة في حالة الفتح بواسطة الكامة رباعية الفصوص مع وجود المكثف (الاسطواني)

تفتح نقطة القطع بواسطة كامة عدد فصوصها مساوي لعدد أسطوانات المحرك. وهذه الكامة مثبتة على عمود يأخذ حركته من عمود الكامات من خلال مسننين أحدهما

مثبت على عمود الكامات والاخر على عمود جهاز توليد الشرارة (عمود توزيع الشرارة).

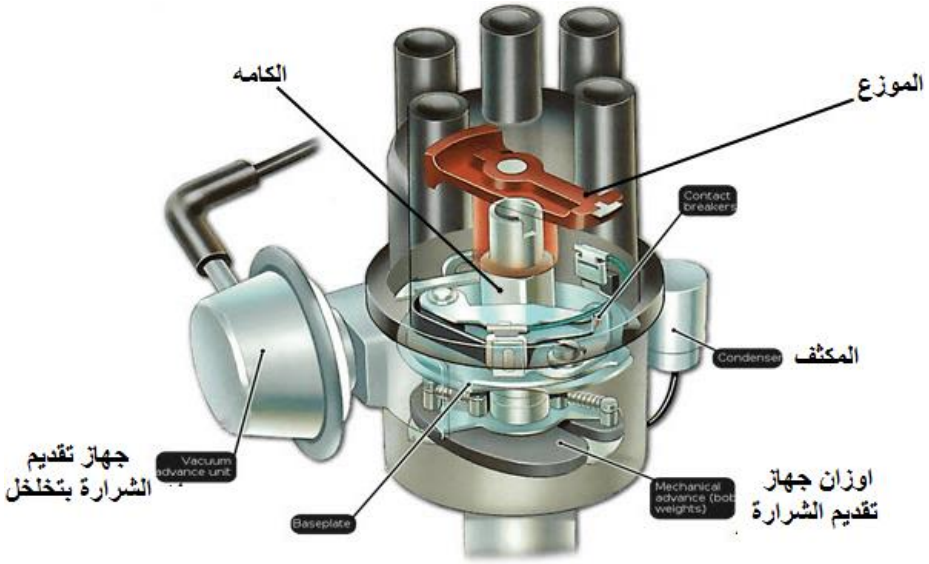
7.3.3 المكثف Condenser

يتكون المكثف من متسعة والتي تتكون من صفيحتين من المعدن الرقيق (foil) أو الورق الذي يحتوي على معدن. تُفصل الصفيحتان بمادة عازلة والتي هي عبارة عن ورق مغطى بالشمع. هاتان الصفيحتان ملفوفتان بشكل أسطوانة وموضوعتان بحاوية أسطوانية الشكل. تربط إحدى الصفيحتين الى الحاوية التي تمثل القطب السالب (الأرضي) وتربط الصفيحة الأخرى إلى الجزء الثابت من نقطة القطع والمربوط مع الملف الابتدائي (شكل 7.6). تقوم المتسعة بتخزين الكهربائية المحتثه في الملف الابتدائي لمنع قفزها بين فكي نقطة القطع فضلاً عن إنها تقوم بتحطيم المجال المغناطيسي في الملف الابتدائي الذي يتولد نتيجة أندفاع التيار الكهربائي الى المكثف وتتم هذه العملية كالآتي:

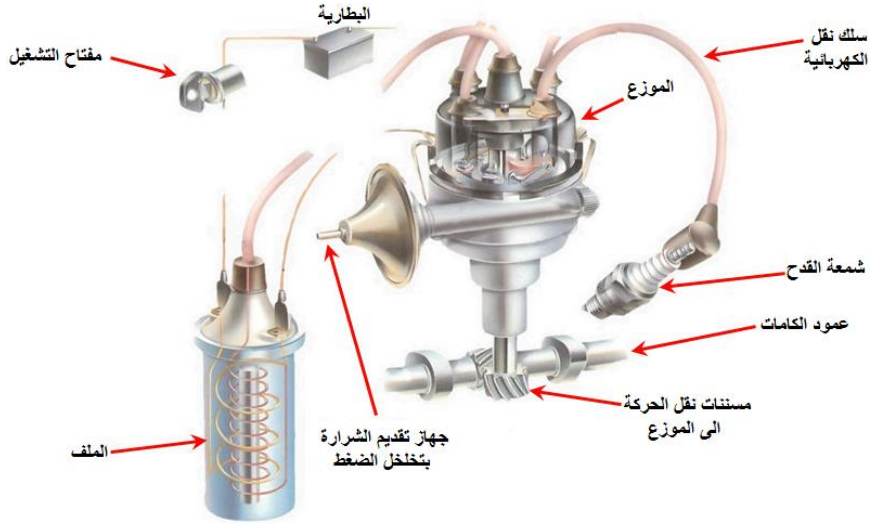
عندما تنفتح نقطة القطع بواسطة الكامة تنفتح الدائرة الابتدائية فيضمحل المجال المغناطيسي المحيط بكلا الملفين. يؤدي أضمحلال المجال المغناطيسي إلى حث فولتية بكليهما. تندفع الكهربائية المحتثة بالملف الابتدائي الى المكثف لحماية نقطة القطع من الاحتراق وفي حالة عدم وجود المكثف تقفز الكهربائية بين فكي نقطة القطع مسببة حرقها. إن عملية انتقال الكهربائية من الملف الابتدائي إلى المكثف يولد مجالاً مغناطيسياً بالملف نفسه غير أن المكثف يقوم بإرجاع الكهربائية التي أستوعبها إلى الملف الابتدائي من جديد وهذه العملية يصاحبها توليد مجال مغناطيسي جديد في الملف بأتجاه معاكس لاتجاه المجال المغناطسي الأول. يؤدي هذا التضاد في المجالين المغناطيسين الى تحطمهما مما يؤدي الى تنظيف الملف الابتدائي من المجال المغناطيسي وعندها يصبح جاهزاً للعملية الجديدة.

7.3.4 تركيب الموزع Distributor Construction

يتكون الموزع من عمود يثبت في نهايته مسنن عدد أسنانه مساوي لعدد أسنان المسنن المعشق به والمثبت على عمود الكامات. كلا المسننان أسنانهما مائلة (bevel gears) (شكلان 7.7 و 7.8). يحيط بالعمود رقيقة معدنية دائرية الشكل (bush) وظيفتها تسهيل دوران العمود ومنع حركته الجانبية. يثبت على نهاية العمود عتلة تشكل مع العمود ما يشبه الحرف الانكليزي T (اللون الجوزي في الشكل 7.7). هذه العتلة مصنعة من الكاربون المحمل بنابض (spring loaded carbon) تُغذى بالكهرباء العالية الفولتية من خلال سلك سميك متصل مع الملف الثانوي من أحد طرفيه أما طرفه الآخر فيلامس العتلة من خلال نقطة نابضية لضمان الاتصال المحكم بين العتلة والسلك. تقوم هذه العتلة بتوزيع الكهرباء على أربع أو ست نقاط أو حسب عدد أسطوانات المحرك. توجد هذه النقاط داخل غطاء الموزع تُنقل إليها الكهرباء عندما تلامسها عتلة الموزع. ثم تنقل الكهربائية إلى شمعة القدح من خلال سلك سميك. يزود غطاء الموزع بفتحة تهوية لتقليل الحرارة الناتجة من تلامس العتلة مع نقاط الاتصال (شكل 7.8).



شكل (7.7) : موزع الكهربائية في جهاز توليد الشرارة



شكل (7.8) **: شكل مجسم لجهاز توليد الشرارة يبين أجزاء الموزع ومسننا عمود الموزع**

7.3.5 طريقة عمل جهاز توليد الشرارة

Operation Of The Spark Ignition System

تمر الكهربائية من البطارية الى مفتاح التشغيل (شكلان 7.4 و 7.8) من خلال سلك كهربائي الى المقاومة (resistor). تقوم المقاومة بتقليل شدة التيار الكهربائي للحفاظ على الملف الابتدائي من التلف وأرتفاع درجة الحرارة. تمر الكهربائية بالملف الابتدائي الذي يحيط بالملف الثانوي وكلاهما يحيطان بالقلب الحديدي. ثم تمر من خلال نقطة قطع التماس (contact breaker) الى القطب الأرضي (earth) ومنه الى البطارية. يؤدي مرور التيار الكهربائي في الملف الابتدائي الى ظهور مجال مغناطيسي شدة فيضه (كثافة المجال) يعتمد على عدد لفات الملف الابتدائي وشدة التيار الكهربائي المار فيه فكلما زادا زادت كثافة الفيض المغناطيسي. وعند دوران عمود الموزع الذي يأخذ حركته من عمود الكامات في المحرك عبر مسننين تدور معه الكامة المثبتة عليه والتي عدد فصوصها مساوي لعدد أسطوانات المحرك عندها تنفتح نقطة القطع فيضمحل المجال المغناطيسي المحيط بالملفين الابتدائي والثانوي. يؤدي أضمحلال المجال المغناطيسي الى حث فولتية في الملفين الابتدائي والثانوي عندها ينتهي عمل الدائرة الابتدائية. تندفع الفولتية المحثة بالملف الابتدائي والتي هي أقل من تلك المحثة بالملف الثانوي بسبب قلة عدد لفاته بأتجاه نقطة القطع فتمتص من قبل المكثف وبذلك يمنع قفزها بين قطبي نقطة القطع مما يحافظ عليها من التلف (الاحتراق). لهذا عند حدوث خلل في المكثف يستمر

قفز الكهربائية بين الفكين مسببة ظهور شرارة والتي قد تؤدي الى حرق النقطة ومن ثم تلفها عند أستمرار قفزها. إن مرور الكهربائية المحتثة في الملف الابتدائي الى المكثف يسبب ظهور مجال مغناطيسي في الملف مرة أخرى يُحدد أتجاه هذا المجال بواسطة قاعدة اليد اليمنى. يقوم المكثف بأرجاع الكهربائية الى الملف من جديد مما يسبب ظهور مجال مغناطيسي جديد في الملف أتجاهه معاكس لأتجاه المجال المنغناطيسي الأول وهذا يؤدي الى إنهاء بعضهم البعض ومن ثم تأثيرهما عندها يصبح الملف الابتدائي نظيفاً من المجال المغناطيسي وجاهزاً لتوليد شرارة من جديد.

تبلغ الفولتية المحتثة في الملف الثانوي وبسبب عدد لفاته الكبيرة بحدود 10000- 20000V. وإن مقدار هذه الفولتية تحددها قوة البطارية وعدد لفات الملفين الابتدائي والثانوي فضلاً عن جودتهما إذ ترتفع بأتجاه 20000V عند توفر هذه العوامل. تندفع الكهربائية من الملف الثانوي الى الموزع distributor عبر سلك سميك لتقليل مقاومته فضلاً عن تحمله للحرارة العالية (شكل 7.8 السلك الوسط).

ثم تنقل الكهربائية منه الى أحد الأقطاب الموجودة داخل الموزع والذي يرتبط مع شمعة القدح الموجودة في الأسطوانة التي فيها شوط الضغط عند نهايته. عندما تقفز الكهربائية ذات الفولتية العالية بين قطبي شمعة القدح تسبب تأين الهواء داخل غرفة الاحتراق في الأسطوانة فتظهر شرارة حجمها يعتمد على مقدار الفولتية في الملف الثانوي.

7.3.6 جهاز توليد الشرارة ذو الأرضية المعزولة (القطب السالب)

Insulated-Return System

يختلف هذا النوع من أجهزة توليد الشرارة عن النوع الاعتيادي بنوع الملف المستخدم فيه. إذ أن القطب السالب للملف الثانوي معزول Insulated Return(IR) عن القطب السالب للجهاز. في هذا النوع يربط أحد أطراف الملف الثانوي مع الموزع من جهة كما هو الحال في الجهاز الاعتيادي بينما يربط الطرف الآخر مع جسم الملف (الحاوية). بينما في النوع الاعتيادي يتصل الملف الثانوي مع الملف الابتدائي الذي يتصل بدوره مع نقطة القطع التي تتصل مع القطب السالب للجهاز (earth). ولإكمال دائرة الملف الثانوي يجب إن تلامس حاوية الملف جسم المحرك الذي يربط أليه القطب السالب للبطارية. يمكن استخدام هذا الملف على النوع الاعتيادي الذي قطبة السالب يمثل القطب السالب للجهاز بأكمله والذي يطلق Earth –Return system (ER).

بينما ملف (coil) جهاز النوع الاعتيادي (ER) لا يمكن استخدامه على النوع المعزول(IR).

7.3.7 إنتاجية ملف جهاز توليد الشرارة Ignition Coil Out Put

للحصول على شرارة كبيرة يجب أن تكون الفولتية الواصلة الى شمعة القدح عالية جداً خصوصاً عندما يكون الضغط داخل الاسطوانة عالياً أو خليط الهواء والوقود ضعيفاً. ولتوفير ما تحتاجه شمعة القدح من فولتية عالية في المحركات الحديثة أجريت على الملف التحويرات الآتية:

1. يُستخدم زيت داخل الملف (oil- filled coil) هذا الزيت يغمر الملفين الابتدائي والثانوي الموجودين داخل الملف مما يؤدي الى تحسين الأمور الآتية:
   1.1. الحصول على عزل عالي ومقاومة ممتازة للرطوبة.
   1.2. خفض حرارة الملف الابتدائي مما يقلل من مقاومته للتيار الكهربائي المار فية ومن ثم زيادة المجال المغناطيسي الذي يزيد من الفولتية المحتثة بالملف الثانوي.
   1.3. يقلل التوهج (corona) في الملفين مما يقلل من مقاومتيهما للتيار الكهربائي المار بهما فضلاً عن ذلك يؤدي الى زيادة المجال المغناطيسي حول الملف الابتدائي.

2. مقاومة التحميل Ballast Resistor

تنخفض الإنتاجية القصوى في الملف الاعتيادي (conventional coil) كلما زادت سرعة المحرك. وللحصول على إنتاجية ثابتة مع تغيير السرعة توضع مقاومة في دائرة الملف الابتدائي. هذه المقاومة تختلف عن تلك التي تستخدم لتشغيل المحرك البارد. فعند السرعة البطيئة للمحرك يزداد التيار المار بالدائرة مما يؤدي إلى رفع درجة الحرارة التي بدورها ترفع المقاومة للتيار المار بالملف الابتدائي فتقل شدته. إما عند السرعة العالية للمحرك تنخفض هذه المقاومة مما يسمح بمرور كهربائية عالية بالدائرة الابتدائية والتي ربما تؤدي الى تلفها إلا أن وجود هذه المقاومة تقلل من ارتفاع درجة الحرارة في كلتا الحالتين لكونها تبقي التيار ثابتاً لهذا تمنع تلف الدائرة الابتدائية خصوصاً الملف الابتدائي.

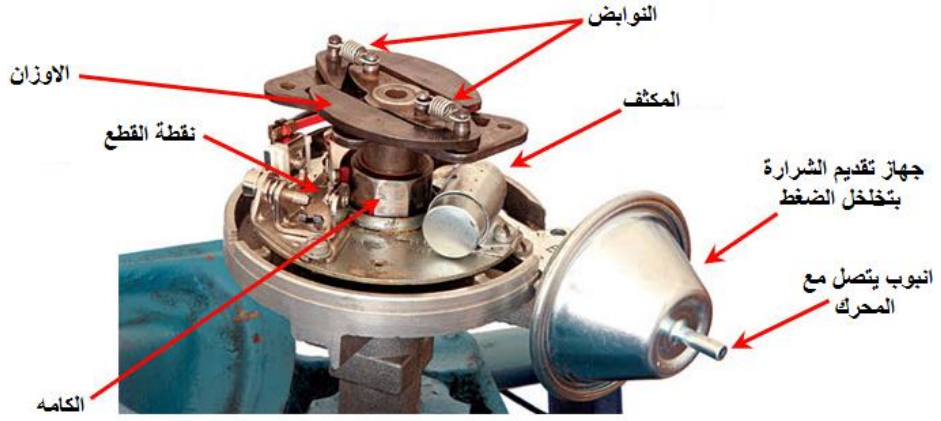
7.3.8 تقديم الشرارة ذاتياً Automatic Advance

تتولد الشرارة في الأسطوانة في نهاية شوط الضغط وقبل وصول المكبس الى النقطة الميتة العليا وذلك للحصول على أعلى ضغط ممكن والذي يحدث عادةً بعد النقطة الميتة العليا مباشرةً وهذا الضغط يُنتج أعلى قوة دفع مؤثرة على المكبس مسبباً زيادة سرعتة نحو الأسفل. وللحصول على هذا الضغط يجب تقديم أو تأخير الشرارة حسب سرعة المحرك لتوفير الوقت الكافي لحرق الوقود الذي يأخذ فترة زمنية معينة. هذه الفترة الزمنية تقل كلما زادت سرعة المحرك لذلك يجب تقديم الشرارة مع زيادة السرعة لزيادة طول هذه الفترة. يتم تقديم الشرارة بفتح نقطة القطع مبكراً وذلك من خلال تقديم كامة الفتح. تتم هذه العملية إما بالطريقة الميكانيكية وذلك بتزويد الجهاز بوزنين (شكل 7.9a) يثبتان تحت عتلة توزيع الفولتية distributor وبشكل مفصلي من أحدى جهتيهما. وتربط النهايتان الحّرتان للوزنين بنابضين بينما تربط نهايتا النابضين الآخرتين مع عتلة مربوطة الى الشكل البيضوي. يضم الشكل البيضوي بداخله كامة الفتح (toggle). فعندما تزداد سرعة المحرك يندفع الوزنان إلى الخارج ومقدار أندفاعهما يعتمد على سرعة المحرك وقوة النابض. يؤدي أندفاع الوزنان الى الخارج إلى تدوير الشكل البيضوي وبدورة يُدور الكامة (تقديم الكامة الى الأمام) مما يؤدي الى التبكر بفتح نقطة القطع. وعندما تنخفض سرعة المحرك يقوم النابضان بإرجاع الأوزان إلى الداخل وبمقدار يتناسب مع الانخفاض بالسرعة وهذا يقلل من التبكير بفتح نقطة القطع ومن ثم يقلل التبكير بتوليد الشرارة.

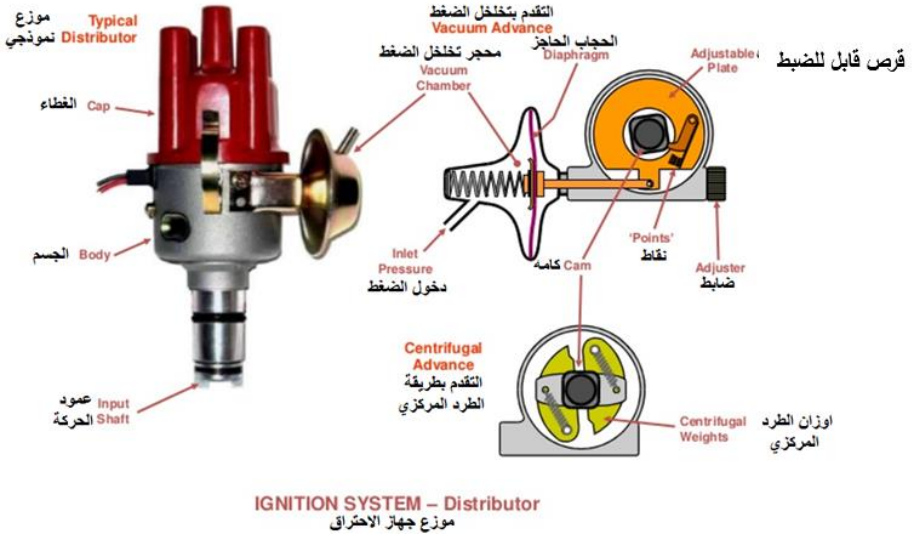
7.3.9 تقديم الشرارة بطريقة تخفيض الضغط Vacuum Timing Control

تعتمد الطريقة الميكانيكية في تقدم الشرارة على عملية الطرد المركزي للأوزان وهي طريقة حساسة لسرع المحرك المختلفة إلا أنها غير حساسة للتغيير في الحمل المؤثر على المحرك فضلاً عن ذلك لا تتحسس الخليط الضعيف (نسبة الهواء الى الوقود الأكبر من النسبة الصحيحة 15:1) والذي يحتاج الى فترة زمنية طويله لإتمام حرقه لهذا يجب تقديم الشرارة بما يضمن أعلى ضغط بعد النقطة الميتة العليا. وللتغلب على هذه المشاكل يستخدم نظام يعمل بتخلل الضغط (vacuum method). يظهر انخفاض الضغط في جهاز الوقود عند عمل المحرك وهذا الضغط يتغير مع تغير سرعته ومع تغير الحمل المؤثر عليه (شكل 7.9b). يتكون هذا الجهاز من حجاب حاجز يثبت نابض أمامه ومن جهة

الأنبوب الذي يتصل مع جهاز وقود المحرك. يتصل الحجاب الحاجز من الخلف مع عتلة تتصل مع الكامة التي تفتح نقطة قطع التماس(نقطة القطع). فعندما تزداد سرعة المحرك



(a) : **طرق تقديم الشرارة باستخدام الأوزان**



(b) : **تقديم الشرارة باستخدام طريقة التخلخل بالضغط**

شكل (7.9) : **طرق تقديم الشرارة باستخدام الأوزان وتخلخل الضغط**

يتخلل الضغط الذي يقع أما الحجاب الحاجز نتيجة سحب المحرك للهواء الموجود في الحيز الذي يقع أمامه (vacuum pressure) (شكل 7.9b). يؤدي الانخفاض في الضغط الى سحب الحجاب الحاجز الى الأمام فينكبس النابض الذي يقع أمامه

وتُسحب العتلة التي تتصل بكامة فتح وغلق نقطة القطع الى الأمام مسببةً فتح نقطة القطع مبكراً. وعند زيادة الحمل تنخفض سرعة المحرك عندها يرتفع الضغط أمام الحجاب الحاجز فيرجع الى الوراء نتيجة قوة النابض دافعاً الكامة الى الوراء مما يقلل من مقدار تقدم فتح نقطة القطع ومن ثم يقلل من تقديم الشرارة. كما تحدث عملية تقديم الشرارة عند الانتقال من السرعة البطيئة إلى العليا لأن الضغط أمام الحجاب الحاجز ينخفض أيضاً مسبباً تقديم الإشارة (شكل 7.9b).

7.3.10 مشاكل بداية التشغيل Starting Problems

تعدّ مشاكل بداية التشغيل في المحركات الحديثة نادرة وحتى عند حدوثها ربما يرجع إلى الإهمال وقلة صيانة المحرك ومن أهم هذه المشاكل هي الرطوبة (dampness) وانخفاض كهربائية البطارية وفي ما يلي وصف لكل منها.

1. الرطوبة Moisture

تعدّ الرطوبة من المشاكل الرئيسية التي تواجه جهاز توليد الشرارة خصوصاً في المناطق الرطبة وخلال موسم الشتاء. تؤثر الرطوبة من خلال تكاثفها على أسلاك الضغط العالي للجهاز وكذلك مواقع الاتصال وعلى قطبي البطارية فضلاً عن تسرب الرطوبة الى داخل جهاز التوزيع وتزداد المشكلة سوءاً عند ملامسة الماء لهذه المواقع بصورة مباشرة. تسبب الرطوبة تسرب الكهربائية العالية إلى الأرض (جسم المحرك أو غيره) فتتوقف عملية توليد الشرارة. ولإنهاء هذه المشكلة يرش جهاز توليد الشرارة بمادة مانع الضباب (aerosol) وتجفف المنطقة الرطبة بهواء ساخن أو مسحاً بواسطة قطعة قماش جافة.

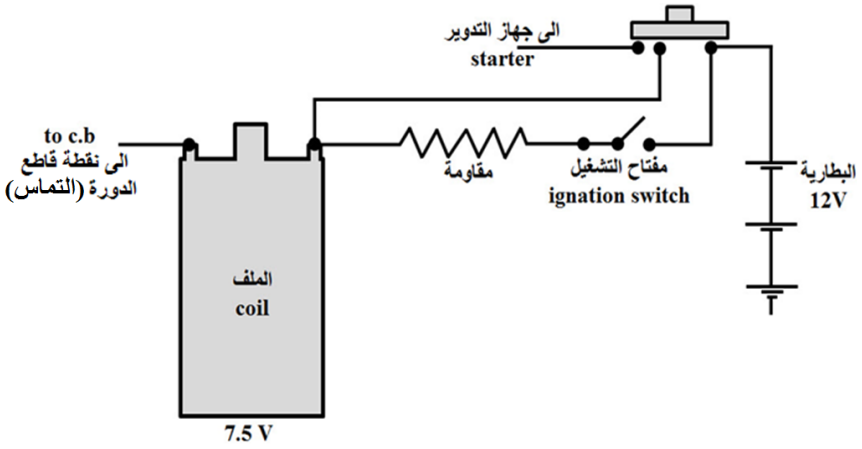
2. انخفاض كهربائية البطارية Low Battery Voltage

يعدّ انخفاض كهربائية البطارية من المشاكل الشائعة والتي تؤدي إلى عدم إمكانية تشغيل المحرك خصوصاً في الاجواء الباردة. تحدث هذه المشكلة عندما تتقادم البطارية في العمر (أنتهاء الصلاحية) أو عندما تترك دون إعادة شحن لفترة طويلة. وتزداد هذه المشكلة سوءاً عند تشغيل المحرك إذ يستهلك جهاز التدوير (starter) معظم الكهربائية فتنخفض الكهربائية الذاهبة إلى جهاز توليد الشرارة وقد تصل بعض الاحيان الى أقل

من 9V. عند انخفاض الفولتية الى 9V يعجز الجهاز عن توليد الشرارة وتزداد هذه المشكلة عندما يترك جهاز تدوير المحرك يعمل لفترة طويلة دون إيقافه لإعطاء البطارية وقت لإعادة نشاطها. إلا أن هذه المشكلة قُلل تأثيرها من خلال تحوير جهاز توليد الشرارة وهذه التحويرات تضمنت الآتي:

1. المقاومة الإضافية Ballast Resistor –Ignition System

في هذه الطريقة تضاف مقاومة للدائرة توضع قبل الملف كما هو في الشكل (7.10). تعمل هذه المقاومة على تخفيض فولتية الملف من 12V إلى 7.5V لهذا يجب استخدام ملف فولتيته 7.5. فعندما يكون المحرك مستمراً في العمل تُخفض المقاومة المضافة (ballast resistor) فولتية البطارية الذاهبة الى جهاز توليد الشرارة من 12V إلى 7.5V. أما عند تشغيل المحرك المتوقف عن العمل تذهب معظم الكهربائية الى جهاز



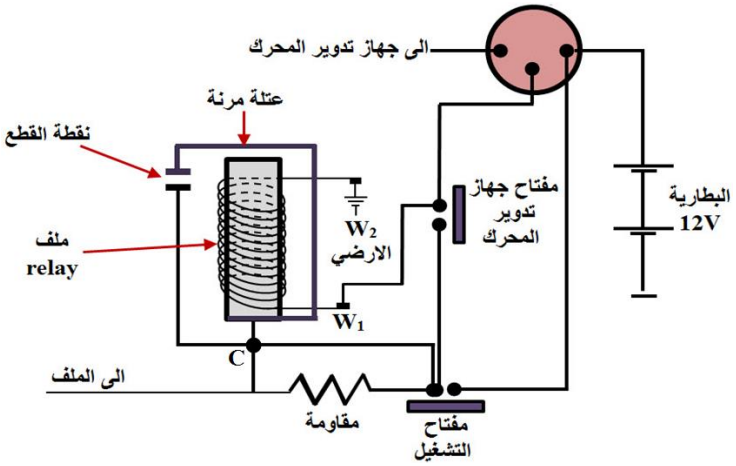
شكل (7.10) **: المقاومة الأضافية لحفظ الملف من الكهربائية العالية**

بادئ الحركة إما الكهربائية الذاهبة الى جهاز توليد الشرارة فتُنقل الى الملف الابتدائي بواسطة سلك خاص لهذا الغرض دون المرور بالمقاومة حتى لا تسبب إضعاف الكهربائية بصورة أكبر وهذه يؤدي الى إلغاء تأثير المقاومة.

2. طريقة الملف والمقاومة Ballast Relay- Unit Ignition System

يستخدم في هذه الطريقة ملف يطلق عليه (relay) لإيقاف عمل المقاومة عند فترة تشغيل المحرك (شكل 7.11). تمر الكهربائية خلال ملف relay عند استخدام مفتاح

تشغيل جهاز تدوير المحرك مما يسبب سحب العتلة الموجودة فوقه (العتلة المرنة) الى الأسفل فتُغلق نقطة القطع فتمر الكهربائية عبر العتلة المرنة ثم تمر عبر النقطة (C) إلى



شكل (7.11) : طريقة الملف والمقاومة لتجاوز المقاومة العالية أثناء التشغيل

الملف وبذلك يتوقف عمل المقاومة. وبعد تشغيل المحرك يُعاد مفتاح تشغيل جهاز التدوير الى وضعة الأصلي (وضع الفتح) عندها يتوقف وصول الكهربائية إلى ملف (relay) فيضمحل المجال المغناطيسي المحيط بالملف فتنفصل العتلة المرنة الموجودة فوق (relay) وعندها يتوقف مرور الكهربائية إلى ملف جهاز توليد الشرارة عبر النقطة C. ثم يعود مرور الكهربائية عبر المقاومة التي تقوم بتخفيضها للحفاظ على الملف الابتدائي من التلف.

7.3.11 توقيت الشرارة Ignition Timing

تضع الشركات المنتجة علامات توقيت الشرارة على المحرك. إما في حالة عدم وجودها تُتبع الخطوات الآتية لتحديدها:

1. يوضع مكبس الاسطوانة رقم (1) عند النقطة الميتة العليا وفي شوط الضغط ويمكن الاستدلال على ذلك من انغلاق الصمامين بعد انفتاح صمام السحب بشوط السحب فضلاً عن ذلك يدفع الهواء الموجود في الأسطوانة الإبهام الذي يوضع على فتحة شمعة القدح أو الحاقنة لغرض تحسس الضغط داخل الأسطوانة.
2. يثبت الموزع بحيث أن نقطة القطع بدأت تنفتح وعتلة توزيع الكهربائية (rotor)

تؤشر على القطب الذي يتصل بالسلك الذي يتصل بشمعة القدح الموجودة في الأسطوانة رقم (1).

3. تربط أسلاك توزيع الكهرباء بشمعات القدح الباقية وحسب تتابع توزيع الشرارة في المحرك. فمثلا أذا كان توزيع الشرارة 1342 تربط الأسلاك الى شمعات قدح الأسطوانات (1) ثم (3) ثم (4) ثم (2). وعند أجراء عملية التوقيت يجب التأكد من أتجاه دوران عتلة توزيع الشرارة والتي هي مع عقرب الساعة عادةً.
4. يتم تشغيل المحرك وإجراء الضبط النهائي.

7.3.12 مشاكل الملف الاعتيادي Drawbacks of Conventional Coil

بسبب العدد الكبير للفات الملف الابتدائي تُحتث فيه كهربائية عالية عند اضمحلال المجال المغناطيسي لحظة فتح نقطة القطع. إن هذا المجال المغناطسي ليس من السهولة التخلص منه بصورة تامة مما يضعف مرور الكهربائية في الملف في الدورة الثانية للجهاز. ولتقليل تأثير هذه المشكلة يفضل استخدام ملف (coil) عدد لفات ملفه الابتدائي محدود إلا إن هذا النوع من الملفات الابتدائية لا يمكن أن يعمل بصورة جيدة إلا مع جهاز توليد الشرارة الإلكتروني (شكل 7.5). وبسبب قلة لفات الملف الابتدائي يتضاعف التيار الكهربائي المار فيه فتزداد كثافة الفيض المغناطيسي الذي يغطي كلا الملفين. وعند اضمحلال هذا المجال المغناطيسي يحث فولتية عالية في الملف الثانوي مسببة زيادة حجم الشرارة داخل غرفة الاحتراق. إما الفولتية المحتثة في الملف الابتدائي فقيمتها منخفضة بسبب قله عدد لفاته. إلا إن هذا النوع من الملفات لا يصلح مع جهاز توليد الشرارة الاعتيادي.

❖ 7.4 أجهزة توليد الشرارة الإلكترونية

Electronic Ignition System

على الرغم من أن جهاز توليد الشرارة الاعتيادي يعطي خدمة عالية الجودة خصوصاً في سرع المحرك البطيئة والمتوسطة إلا أن كفاءته تنخفض مع سرع المحرك العالية. فضلاً عن ذلك يعاني من مشكلتين إضافيتين هما تلويث البيئة وعدم الأقتصاد في الوقود. وللحد من هذه المشاكل أو لأنهائها تم تطوير جهاز توليد الشرارة الإلكتروني. من أهم الأجزاء التي شملها التطور هو التخلص من نقطة قطع التماس (contact breaker) التي تعتبر من أكثر الأجزاء تعرضاً للمشاكل كالتأكل وتجميع الكاربون.

يحدث التآكل وتجمع الكاربون نتيجة قفز الكهرباء بين قطبي نقطة القطع والتي تسبب ظهور شرارة ينتج منها التآكل وتجمع الكاربون. فضلاً عن المشاكل السابقة هناك مشاكل أخرى هي:

1. التغيير في توقيت الشرارة ويحدث للأسباب التالية.
   1.1. تآكل كامة فتح وغلق نقطة القطع (التماس) وتآكل نقطة القطع والعمود المثبتة عليه الكامة.
   1.2. قفز نقطة القطع (لا تثبت حين غلقها) عند السرع العالية لهذا لا تستطيع متابعة حركة الكامة.
2. تتغير الزاوية التي تتقدم بها الشرارة مع سرع المحرك.
3. يجب صيانة الجهاز باستمرار للحصول على الأداء الأفضل منة.
4. لا يستطيع الجهاز السيطرة على الكهربائية التي تيارها (أمبيريتها) أكثر من 3A.

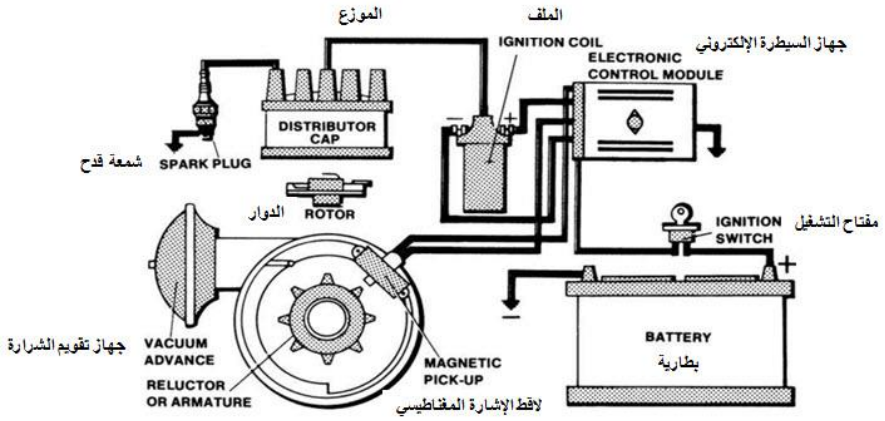
يتكون جهاز توليد الشرارة الإلكتروني من الأجزاء الآتية:

7.4.1 جهاز التحفيز Trigger System

هناك عدة أنواع من أجهزة التحفيز هي:

1. جهاز التحفيز المغناطيسي Magnetic System

هو عبارة عن ملف كهربائي يقوم بأنتاج نبضات كهربائية تحفز الجهاز على توليد الشرارة وهو على أشكال متعددة (شكل 7.12). تتولد النبضات عندما يدور الشكل النجمي (Reluctor or Armature) وتقترب أحد أجنحته أو نتوءاته من الملف

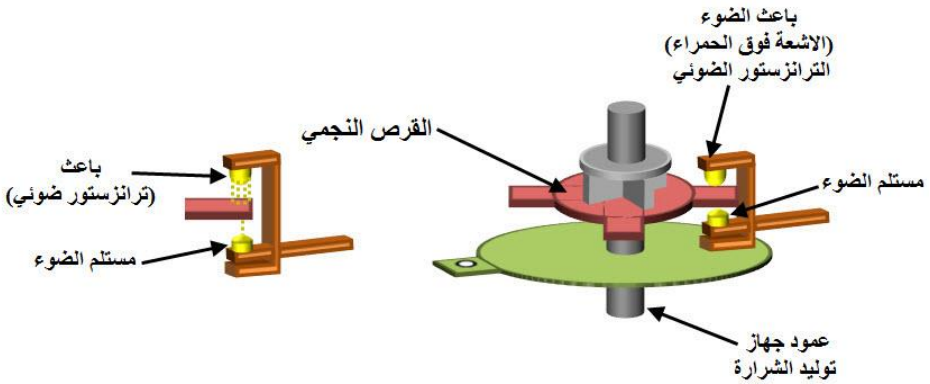


شكل (7.12) جهاز توليد الشرارة ذو جهاز التحفيز المنغناطيسي

المغناطيسي (اللاقط المغناطيسي) (Magnetic pick-up) عندها تتغير كثافة الفيض المغناطيسي لهذا الملف فتتولد قوة دافعة كهربائية (فولتية). هذه الفولتية والتي يطلق عليها أشاره تحفز جهاز السيطرة الإلكترونية (electronic control module) تقوم بتشغيل جهاز توليد الشرارة (شكل 7.12).

2. الجهاز الضوئي (ذو العدسة) **Optical System**

يتكون هذا الجهاز من شكل نجمي (ذو أجنحة) مثبت على عمود الموزع الذي يأخذ حركته من عمود الكامات ومن دايود باعث للضوئي (أشعة فوق الحمراء) (Light-emitting diode) (LED) ومن ترانزستر من النوع السلكون الضوئي (Silicon Phototransistor) (ترانزسزتر تُحفز قاعدته بالكهرباء التي تنتج من الضوء) هذا الترانزستر يحتوي على عدسة لتركيز الضوء (شكل 7.13). فعندما يكون أحد أجنحة القرص بين الدايود الضوئي والترانزستر الضوئي ويصبح ما بين الأثنين تُقطع حزمة الأشعة تحت الحمراء (Infra-red light) المنبعثة من الدايود الضوئي. وعندما يتجاوز الجناح الفسحة مابين الأثنين تسقط الأشعة تحت الحمراء على الترانزستر الضوئي فيقوم بتحويلها الى كهرباء ويمررها الى جهاز السيطرة الإلكترونية (electronic control module) ومنة الى قاعدة ترانزستر القدرة (شكل 7.14) عندها يتحفز الجهاز فيولد شرارة.



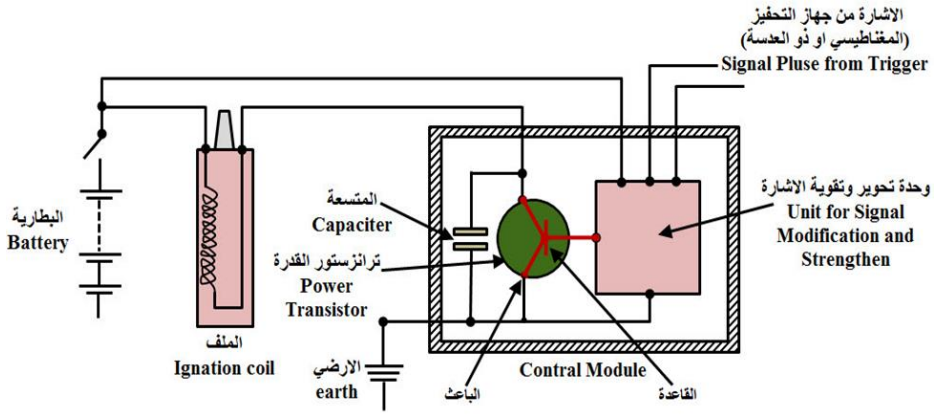
شكل (7.13) **: جهاز التحفيز الضوئي ذو العدسة الضوئية** optical trigger system

7.4.2 جهاز السيطرة Control Modules

هو جهاز يقوم بفتح دائرة الملف الابتدائي وغلقها حسب الإشارة الواردة إليه من جهاز التحفيز وهو على نوعين:

1. جهاز التخزين بالحث Inductive Storage

يستخدم في هذا النوع من الأجهزة ملف ابتدائي مماثل للنوع الاعتيادي ماعدا وجود ترانزستر (transistor) في جهاز السيطرة. يقوم الترانزستر بفتح الدائرة الابتدائية وغلقها بدلاً من نقطة القطع (التماس) (contact breaker) الموجودة بجهاز توليد الشرارة الاعتيادي والتي تُفتح وتُغلق بواسطة كامة. عندما تُنشط قاعدة الترانزستر بواسطة جهاز السيطرة تمر كهربائية البطارية عبر الملف الابتدائي ثم الى المجمع (collector) في الترانزستر ومنة الى القاعدة base ثم الى الباعث (emitter) ومنة الى الأرضي (earth) لتعود الى البطارية (شكلان 7.13و 7.14). يؤدي مرور الكهربائية في الملف الابتدائي الى توليد مجال مغناطيسي. هذا المجال المغناطيسي يغطي كلا الملفين. وعندما تصل إشارة من جهاز التحفيز وبعد تنقيتها من الإشارات الغريبة تبعث الى قاعدة الترانزستر عندها يتوقف نشاطها فتغلق مرور الكهربائية عبر الترانزستر (وهذا يعني فتح الدائرة الابتدائية) عندها يضمحل المجال المغناطيسي المحيط بالملفين الابتدائي والثانوي فتحتث فولتية في كلا الملفين. الفولتية المحتثة بالملف الابتدائي تمتص من قبل المتسعة لحماية الترانزستر ثم تعاد الى الملف من جديد لأنهاء المجال المغناطيسي الموجود حولة كما ذكرنا سابقاً. إما الفولتية المحتثة بالملف الثانوي تندفع الى الموزع ومن ثم الى شمعة القدح. يعمل الترانزستر في هذا الجهاز عمل نقطة القطع (التماس) إذ يقوم بغلق وفتح الدائرة الابتدائية.

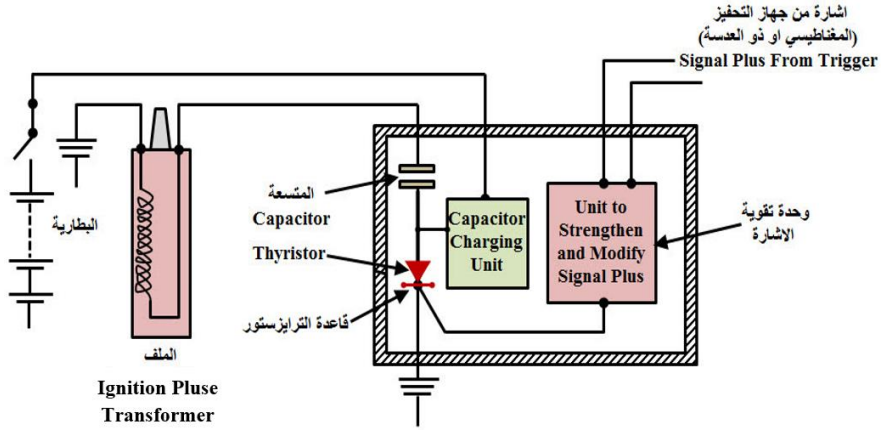


شكل (7.14) **: جهاز توليد الشرارة الإلكتروني من نوع جهاز السيطرة ذو التخزين الحثي** Inductive storage control module

2. الجهاز ذو المتسعة المشحونة Capacity Discharge

يتكون هذا الجهاز من متسعة (capacitor) ومن وحدة شحن المتسعة (capacitor charging unit) وثايرزستر (thyristor) ووحدة تحوير وتقوية الإشارة (unit strengthen and modify signal plus) (شكل 7.15). الـــ(thyristor) هو نوع من أنواع الترانزستر عندما تحفز قاعدته يسمح للكهربائية بالمرور حتى عندما تتوقف الإشارة القادمة من جهاز التحفيز.

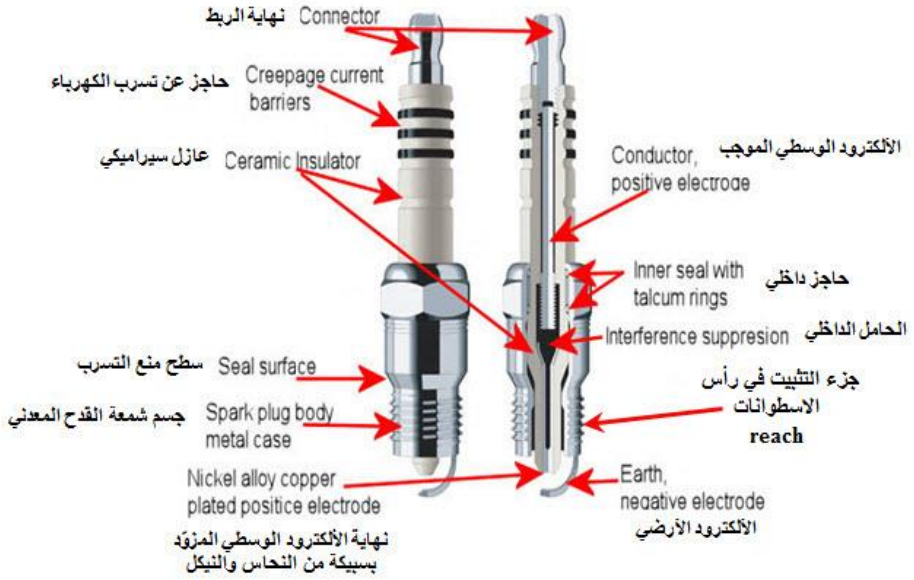
تقوم وحدة شحن المتسعة (capacitor charging unit) بشحن الجزء الاسفل من المتسعة بكهربائية عالية موجبة الشحنة لأنها تتصل بالقطب الموجب للبطارية أما الجزء العلوي بشحنة سالبة. وعند وصول إشارة من جهاز التحفيز (trigger) تمر أشاره الى قاعدة الثايرزستر عندها تُفرغ الشحنة الموجبة في المتسعة عبر الثايرزستر الى الأرض ومنها الى البطارية أما الشحنة السالبة في المتسعة فتفرغ عبر الملف الابتدائي الى الأرض (earth). وهذا يعني أن الملف الابتدائي تحول الى محول نبضات (pulse transformer) وليس خازن للطاقة كما هو الحال بالأجهزة الأخرى. عندما تمر الكهربائية عبر الملف الابتدائي يتولد مجال مغناطيسي هذا المجال يحث فولتية في كلا الملفين ، الفولتية المحتثة في الملف الابتدائي تهرب من خلال الأرضي بينما الفولتية المحتثة بالملف الثانوي والتي تبلغ بحدود 40kV تذهب للموزع ومنة الى أحد شمعات القدح لتوليد الشرارة. تشحن المتسعة بفولتية تصل إلى 400V ويتم ذلك بتحويل كهربائية البطارية من كهربائية مستمرة إلى كهربائية متناوبة بواسطة (inverter) أولاً ثم تمرر الى المحول (transistor) لغرض تضخيمها وتحويلها الى كهربائية مستمرة قبل ذهابها الى المتسعة.



شكل (7.15) **: جهاز توليد الشرارة ذو المتسعة المشحونة وباستخدام ثايرسزتر** Thyristor

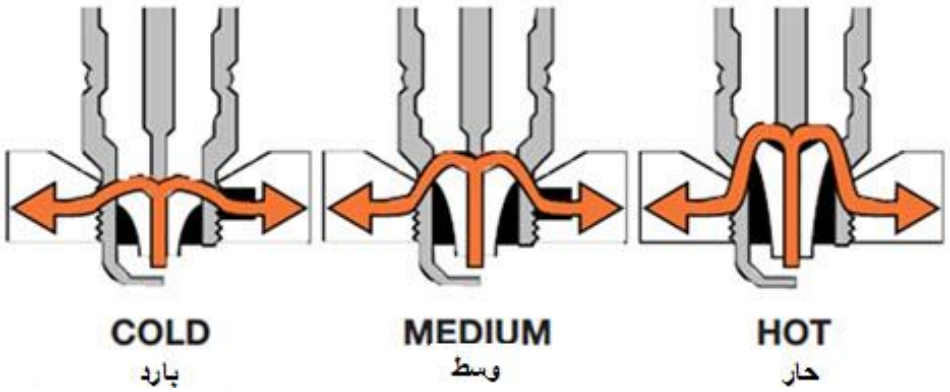
❖ 7.5 شمعات القدح Sparking Plugs

تستخدم شمعات القدح لتوليد شرارة داخل الأسطوانة لحرق الوقود في محركات البترين (شكل 7.16). تتكون شمعة القدح من ألكترود وسطي (middle electrode) وآخر أرضي (earth electrode) ومن مادة عازلة (السيراميك) ونهاية حديدية يطلق علية منطقة الوصول (reach) وهي منطقة تحتوي على أسنان تستخدم لتثبيت شمعة القدح في رأس الأسطوانات. تزود شمعة القدح بفسحه بين نهاية الألكترود الوسطي والأرضي مقدارها mm1.0–0.45. تصنف شمعات القدح حسب قطر منطقة الوصول (reach) لهذا توجد ثلاثة أقطار هي 10 و14 وmm18 ومن أكثر الأنواع استخداما هو القطرmm14. إما شمعات القدح ذات القطرين 10 و 18mm فأن استخدامهما محدود في المحركات. منطقة الوصول (reach) هي المسافة بين نهاية الألكترود الوسطي ومنطقة فقدان الحرارة (heat transfer). فعندما تكون هذه المسافة قصيرة تُفقد الحرارة بسرعة مما يجعل شمعة القدح أقل حرارة فيطلق على هذا النوع بشمعات القدح الباردة (cold plugs) وعندما تكون المسافة طويلة فان الفقدان بالحرارة يصبح أبطأ فترتفع درجة حرارة شمعة القدح فيطلق على هذا النوع من شمعات القدح بالساخنة (hot plugs) وهناك نوع من شمعات القدح وسط ما بين الاثنين (شكل 7.17).



شكل (7.16) **: أجزاء شمعة القدح**

أما في بعض أنواع شمعات القدح فأن طول منطقة الوصول أو الاتصال (reach) (منطقة تثبيت شمعة القدح في رأس الاسطوانات) متساوية للأنواع الباردة والوسط والحارة (شكل 7.18). يعتمد تصنيف هذا النوع من شمعات القدح على طول المادة العازلة للحرارة فتعدّ شمعة القدح من النوع البارد (cold plug) إذا كان طول العازل قصيراً إذ يقترب موقع فقدان الحرارة من نهاية شمعة القدح. وعندما يكون العازل متوسط الطول يطلق عليها شمعة القدح المتوسطة (medium plug) أما إذا كان العازل طويلاً يطلق عليها شمعة القدح الساخنة (الحارة) (hot plug).



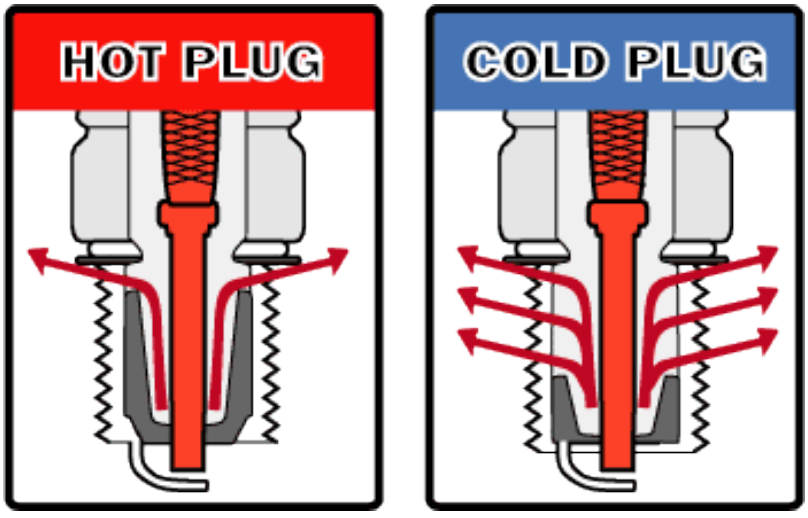
شكل (7.17) **: أنواع شمعات القدح على أساس طول منطقة الوصل** (reach)

تستخدم شمعة القدح من النوع الحار في المحركات التي تبرد بالماء أما النوع البارد فتستخدم في المحركات التي تبرد بالهواء ولايجوز استخدام الواحدة بدل الأخرى. فعندما يستخدم النوع البارد في المحركات التي تبرد بالماء والتي تعتبر محركات باردة فان شمعة القدح لا تصل الى درجة الحرارة المثلى للشغل لذلك يتجمع عليها الكاربون فضلاً عن توليدها شرارة ضعيفة. وعندما يستخدم النوع الساخن في المحركات التي تبرد بالهواء والتي تعتبر ساخنة فأن شمعة القدح قد تعمل عند درجات حرارة تتجاوز المدى الذي تعمل ضمنه عندها قد يحترق الخليط مبكراً وقد يتمزق العازل الموجود حولها وهو السيراميك (Ceramic) وعندئذ قد يحدث تسرب للكهربائية.

ولتحسين أداء شمعات القدح يجب أن تكون حرارتها مناسبة. فعندما تكون حرارتها واطئة يتجمع الكاربون والزيت على العازل مما يؤدي الى تسرب الكهربائية منها وهذا يجعلها تولد شرارة متقطعة أو تتوقف نهائياً عن توليد الشرارة. إما إذا ارتفعت درجة حرارتها عن المدى الذي تعمل ضمنه ترتفع درجة حرارة الألكترود الوسطي مسببة أحراق الخليط مبكراً.

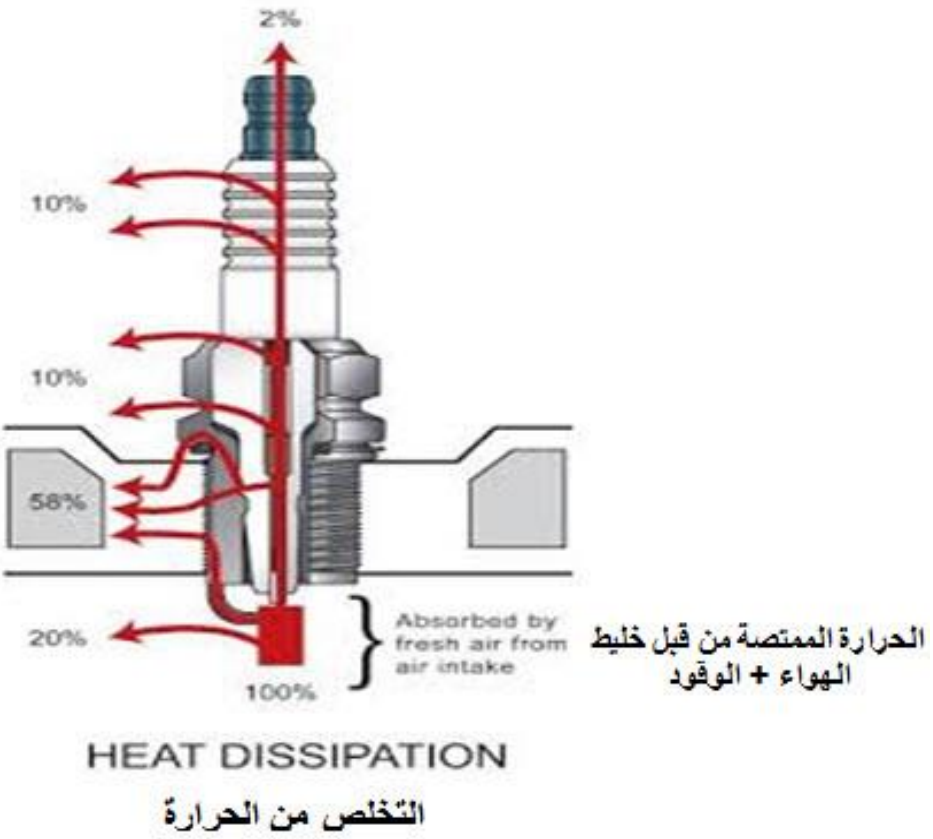
7.5.1 المواقع الرئيسية لفقدان الحرارة من شمعات القدح

كما ذُكر سابقاً تلعب حرارة شمعة القدح دوراً كبيراً بتحديد أدائها لهذا يجب الحفاظ على حرارتها ضمن المدى الذي تعطي فيه أفضل شرارة لحرق الوقود. وللحفاظ على حرارتها ضمن المدى الموصى به يجب التخلص من حرارتها الزائدة ويتم ذلك من خلال المواقع الموضحة في شكل (7.19). تفقد شمعة القدح 20% من حرارتها تقريباً الى خليط الهواء والوقود الداخل الى الأسطوانة والذي درجة حرارته مقاربة الى درجة حرارة هواء الجو الخارجي (شكل 7.19). يفقد الجزء الأعظم من الحرارة والذي يبلغ تقريباً 58% من خلال منطقة الوصول (reach). إذ تفقد هذه الحرارة الى رأس الأسطوانات ومنة الى جيوب الماء الموجودة فيه.



شمعة القدح الباردة شمعة القدح الساخنة

شكل (7.18) : أنواع شمعات القدح على أساس درجة الحرارة



شكل (7.19) **: مواقع ونسب فقدان الحرارة من شمعة القدح**

كما تفقد شمعة القدح بحدود 10% من حرارتها من خلال المنطقة السداسية الشكل التي تستخدم أثناء تركيبها باستخدام عدة الشد والفتح spanner. فضلاً عن ذلك تفقد 10% من حرارتها تقريباً الى الجو الخارجي من خلال العازل (Ceramic). كما تفقد 2% من حرارتها من نهايتها العليا التي تتصل مع سلك نقل الكهرباء إليها من الموزع.

❖ 7.6 جهاز توليد الشرارة المغناطيسي Magneto Spark Ignition System

أُستخدم جهاز توليد الشرارة المغناطيسي (magneto) لتوليد الشرارة في المحركات قبل جهاز توليد الشرارة الاعتيادي (conventional spark ignition system) بفترة طويلة. يستخدم بصورة واسعة في المحركات الصغيرة وفي الطائرات بسبب عدم أمكانية استخدام البطاريات فيها لكبر حجمها فضلاً عن انخفاض قابليتها على توليد الكهرباء

مع مرور الزمن. بالاضافة الى أن المحلول الحامضي الموجود في بطارية الرصاص الحامضية (Lead-Acid battery) يُفقد جزء منه عن طريق التبخر لهذا لا تصلح في بعض الأغراض. إلا أن جهاز توليد الشرارة الاعتيادي يعطي كهربائية ثابتة تقريبا في السرع البطيئة والمتوسطة للمحرك مما يجعله يعطي شرارة كبيرة تساعد على حرق الخليط إلا أن قابليته على توليد الشرارة تقل مع زيادة سرعة المحرك وخصوصاً في المحركات التي عدد أسطواناتها ستة أو أكثر. والسبب هو انخفاض قابليته الملف الابتدائي على التخلص من المجال المغناطيسي المحتث فيه. إن بقاء هذا المجال سوى كان ضعيفاً أو قوياً يبدي مقاومة للكهربائية عند توليد الشرارة لاحقاً إلا أن هذه المشكلة غير موجودة بالنوع المغناطيسي (magneto) ولكنه يولد شرارة ضعيفة مع سرع المحرك المنخفضة. والسبب هو ضعف المجال المغناطيسي نتيجة انخفاض السرعة الدورانية لقلب المغناطيس والذي تعتمد عليه الفولتية المحتثة. لكن هذه المشكلة تختفي مع زيادة سرعة المحرك والتي تسبب زيادة سرعة القلب ومن ثم كثافة المجال المغناطيسي.

7.6.1 أجزاء جهاز توليد الشرارة المغناطيسي
Magneto Spark Ignition System

يتكون الجهاز من دائرتين وهما الدائرة الابتدائية (primary circuit) والدائرة الثانوية (secondary circuit). هاتان الدائرتان مماثلتان للدائرتين في جهاز توليد الشرارة الاعتيادي إلا أنهما يختلفان عنهما بعدم وجود البطارية في هذا الجهاز (شكل 7.20). تعوض البطارية بمجموعة من الملفات وقلب دوار يطلق علية (magneto). وهذا يعني أن توليد الكهرباء ليس بالتفاعلات الكيميائية لبعض العناصر كما هي الحالة ببطارية الرصاص الحامضية وبطارية النيكل–الكاديوم القلوية بل تُولد بأستخدم المغناطيس والملفات الكهربائية (coils and magnet).

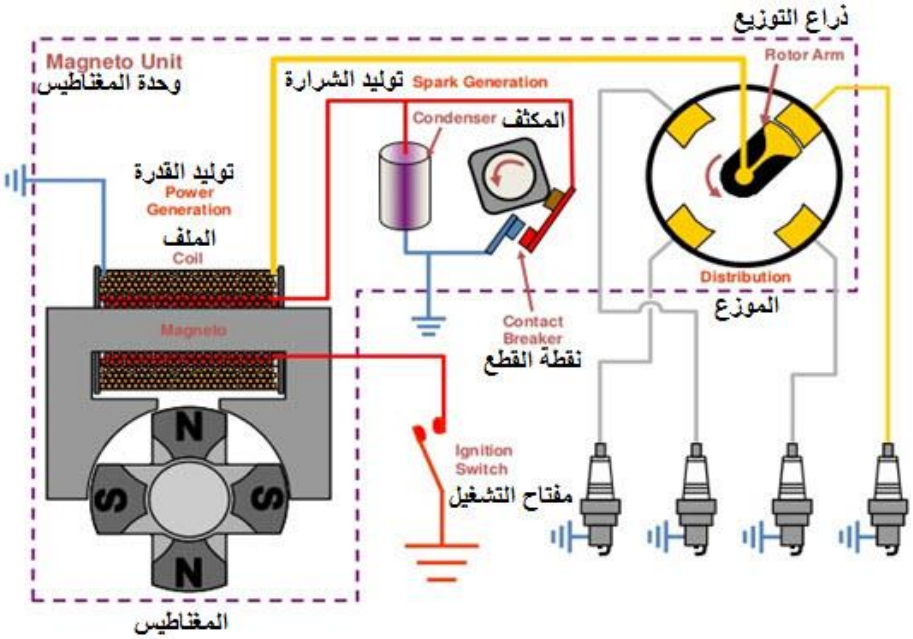
تتكون الدائرة الابتدائية من مفتاح التشغيل (ignition switch) وملفات توليد القدرة (power generation) والمغناطيس متعددة الأقطاب (رباعية الأقطاب أو أكثر). يطلق على الملفات والمغناطيس بالـــ(magneto). يزود الجهاز بنقطة قطع التماس (contact breaker) وكامة عدد فصوصها مساوية لعدد أسطوانات المحرك ومكثف (condenser). أما الدائرة الثانوية فتتكون من الملف الثانوي والموزع (rotor arm) وأسلاك نقل الكهربائية من الموزع الى شمعات القدح وشمعات القدح (spark plugs).

يتميز هذا الجهاز بعدم أحتوائه على ملف (coil) لأن ملفاته تقوم بوظيفة الملف الموجود في جهاز توليد الشرارة الاعتيادي (conventional spark ignition system) فضلاً عن قيامها بتوليد الكهرباء.

7.6.2 طريقة عمل جهاز توليد الشرارة المغناطيسي
Method Of Magneto Ignition System Operation

عندما يُدور المحرك بواسطة جهاز التدوير starter لغرض تشغيله تدور معه المغناطيس (القلب) المثبتة على عمود سرعته مساوية لسرعة عمود الكامات لكونه يأخذ حركته من عمود الكامات. وعند دوران القلب يقطع فيضه المغناطيسي سرعته (magnetic flux) والذي يخرج من قطبة الشمالي ويدخل من قطبه الجنوبي ملفات الجهاز (coils). عندها تتولد قوة دافعة كهربائية (فولتية محتثة) بالملف الابتدائي.

عندما تكون نقطة القطع مغلقة يمر التيار الى الأرض (earth) (شكل 7.20). وعندما تدور الكامة وتُفتح نقطة القطع (التماس) يضمحل المجال المغناطيسي الذي يحيط بكلا الملفين الابتدائي والثانوي. هذا الاضمحلال يحث فولتية بكلى الملفين. تمتص فولتية الملف الابتدائي من قبل المكثف بينما الفولتية المتولدة بالملف الثانوي والتي قيمتها أضعاف تلك المحتثه في الملف الابتدائي تندفع الى الموزع ومنه الى أحدى شمعات القدح الموجودة في أحدى الأسطوانات التي فيها شوط ضغط عند نهايته. وعندما تُغلق نقطة قطع التماس مرة آخرى لتوليد شرارة جديدة تفرغ الفولتية المحتثة بالملف الابتدائي الى الأرض ويصبح الجهاز مستعداً لتوليد الشرارة من جديد.



شكل (7.20) **: جهاز توليد الشرارة المغناطيسي**