# الفصل التاسع

أجهزة تبريد المحرك

Engine Cooling Systems

# الفصل التاسع
# Chapter 9

## أجهزة تبريد المحرك
## Engine Cooling Systems

### ❖ 9.1 المقدمة Introduction

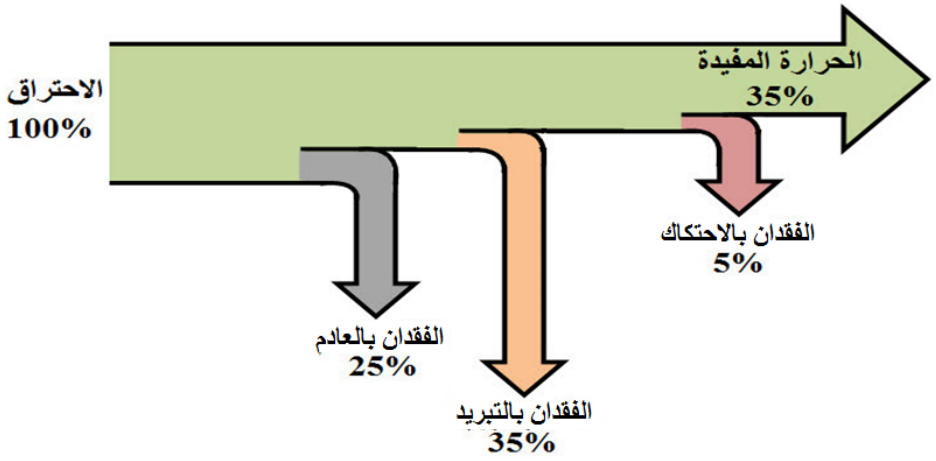
ترتفع درجة حرارة المحرك بعد التشغيل وتستمر بالارتفاع مع استمرار العمل نتيجة الحرارة العالية المنبعثة من احتراق الوقود والتي تصل بحدود ($2300-2500^oC$) لحظة الاحتراق في كثير من المحركات وعند السرع العالية. هذه الحرارة العالية جداً قد تؤدي الى حرق الزيت وذوبان تيجان المكابس pistons crowns وجدران الأسطوانات إذا لم تخفض عن طريق فقدان جزء منها. أن نزول المكبس إلى الأسفل بشوط القدرة وتمدد الغازات داخل الأسطوانة تخفض درجة الحرارة إلى ($1200^oC$) تقريباً. كما إن عملية طرد العادم والذي تبلغ درجة حرارته بحدود ($800^oC$) تقريباً (معدل) الى خفض درجة حرارة الأسطوانات ومن ثم المحرك. غير أن خروج العادم يسبب رفع درجة حرارة صمامات العادم وأنبوب إخراجه وكليهما يؤثران على حرارة المحرك. وللحفاظ على ديمومة عمل المحرك يجب تخفيض درجة حرارته الى ($150-200^oC$) وهي الدرجة المثلى لأدائه والتي عندها ترتفع كفاءته بشكل كبير. إن الحرارة العالية التي ينتجها المحرك من حرق الوقود لا يستغل منها إلا ربعها تقريبا ففي محركات البترين يستغل بحدود 25% تقريباً بينما في محركات الديزل يستغل بحدود 35% لهذا تعد محركات الديزل أكفاء من محركات البترين من حيث أستغلال الطاقة. أما الجزء الأعظم من الحرارة الناتجة من حرق الوقود (كمعدل 70-80%) تُفقد حفاظاً على استمرار عمل المحرك وإلا قد تذوب بعض أجزاءه وهذا يعني أن الجزء الأعظم من طاقة الوقود يخسرها المحرك بشكل حرارة مفقودة (شكل 9.1). ويزداد هذا الفقد كلما تقادم المحرك وقلة صيانته.

تُفقد الحرارة من المحركات بطرق عدة وتعتمد نسبة الفقدان في الحرارة على نوع هذه الطرق. ففي محركات البترين تبلغ نسبة فقدان الحرارة مع العادم (40%) ومع ماء التبريد بنسبة (30%) وعن طريق الاحتكاك بنسبة (5%) (شكل 9.1a). أما في محركات

الديزل تبلغ نسبة فقدان الحرارة مع العادم (25%) ومع ماء التبريد بنسبة (35%) وعن طريق الاحتكاك بنسبة (5%) (شكل 9.1b).

لهذا يعدّ جهاز التبريد من الأجهزة الضرورية التي تقوم بتخفيض حرارة المحرك إذ يقوم بتخليص المحرك من الحرارة وبنسبة تبلغ (30-40%) تقريباً من الحرارة الكلية له. ونظراً لأهمية أجهزة التبريد سوف نتعرض لها بالتفصيل. تُبرد المحركات وعلى أختلاف أنواعها بطريقتين هما التبريد الهوائي والتبريد المائي.

(a) : **مصادر فقدان الحرارة من محركات الاحتراق بالشرارة (البنزين)**



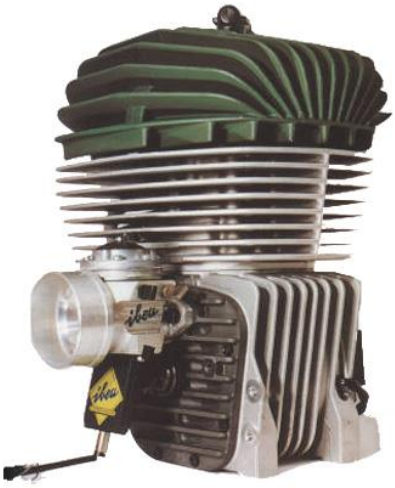

(b) : **مصادر فقد الحرارة من محركات الاحتراق بالانضغاط (بالضغط) (الديزل)**

**شكل (9.1) : الطرق المختلفة لفقدان الحرارة من المحركات**

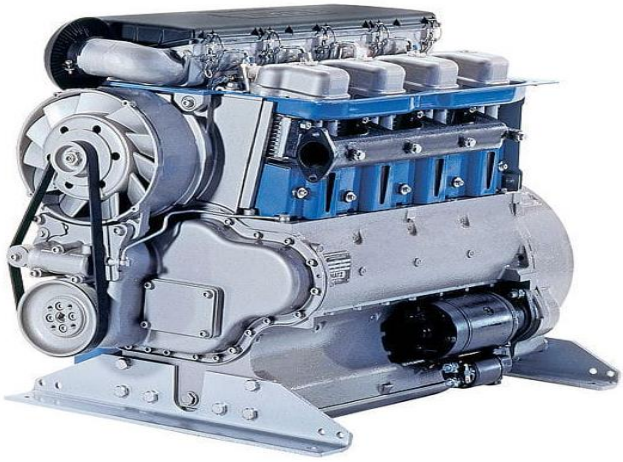
## ❖ 9.2 طريقة التبريد الهوائي Air Cooling System

تستخدم هذه الطريقة من التبريد في المحركات الصغيرة التي تبلغ قدرتها بحدود (15- 20kW) (شكل 9.2) ولكن في الآونة الأخيرة بدء استخدامها في المحركات الكبيرة الحجم التي تزود بها المعدات الثقيلة. تعتمد الحرارة المفقودة بهذه الطريقة على كمية الهواء المارة على المحرك والمساحة المعرضة للهواء وعلى طول الزعانف والمسافات البينية التي تفصلها. فضلاً عن ذلك تعتمد على التوصيل الحراري للمعادن المصنعة منها الزعانف وعلى الفرق بين درجة حرارة المحرك والجو الخارجي.

في هذه الطريقة يصطدم الهواء بالمحرك الذي يتكون من أسطوانة أو أسطوانتين أو أكثر نتيجة الحركة الى الأمام كما هو الحال في محركات (الدراجات النارية) motorbike (شكل 9.2) أو يدفع الهواء بواسطة مروحة كبيرة الحجم وبكمية كبيرة وبسرعة عالية باتجاه المحرك لغرض امتصاص الحرارة ودفعها بعيداً عنه. يعتمد التبريد في هذه الطريقة على الإشعاع الذي يعتمد بدوره على المساحة المعرضة للهواء فضلاً عن الاختلاف بدرجة الحرارة بين المحرك والجو الخارجي فكلما زادت المساحة وزاد الاختلاف بدرجات الحرارة كلما زاد الفقدان بدرجة الحرارة. ولزيادة المساحة المعرضة للهواء ومن ثم الفقدان بالحرارة يزود المحرك بزعانف حول جسم الأسطوانات فضلاً عن ذلك تستخدم لتوجيه الهواء إلى الأجزاء البعيدة عن مصدره.



**شكل** (9.2) **: محرك يبرد بالهواء مزود بزعانف لزيادة المساحة المعرضة للهواء**



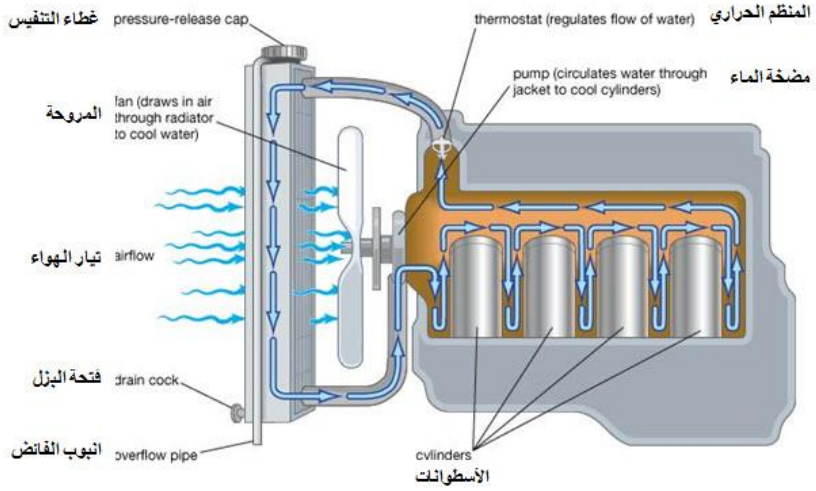
**شكل** (9.3) **: طريقة التبريد الهوائي باستخدام قناة الهواء المزودة بمروحة**

تتميز هذه الطريقة ببساطتها ولا تحتاج إلى مواد مانعة للانجماد ولا مواد لمنع الصدأ لهذا تستخدم في الأجواء الباردة إلا إن من عيوبها عدم تساوي درجة حرارة أجزاء المحرك المختلفة. إذ أن الأجزاء المواجهة للهواء أو القريبة من المروحة تفقد حرارتها بصورة أسرع وبمقدار أكبر. فضلاً عن ذلك يحتاج الجهاز إلى مروحة كبيرة لدفع كمية كبيرة من الهواء باتجاه المحرك وهذه المروحة تحتاج الى قدرة عالية لتشغيلها والتي تأخذها من المحرك كما أنها تشغل حيزاً كبيراً تعيق بعض الأحيان الوصول الى بعض أجزاء المحرك لغرض صيانتها. ولتقليل الاختلافات بدرجات الحرارة بين أجزاء المحرك المختلفة زودت المحركات الحديثة بقناة حديدية (air tunnel) توضع مروحة في بدايتها ليوزع الهواء على جميع أجزاء المحرك (شكل 9.3). وقد تزود بعض المحركات الكبيرة الحجم بقناتين واحدة لكل جهة من جهات المحرك. تعدّ هذه الطريقة كفوءة في الأجواء الباردة إلا إن كفاءتها تقل في الأجواء الحارة.

## ❖ 9.3 طريقة التبريد بالماء Water Cooling System

تعدّ طريقة التبريد المائي أفضل من الطريقة التبريد الهوائي من حيث كفاءة التبريد وتوزيع حرارة المحرك. يستخدم الماء في هذه الطريقة كمائع للتبريد بسبب وفرته ورخص ثمنه وارتفاع درجة حرارة غليانه وانخفاض مقدار حرارته النوعية. يتكون هذا الجهاز من الأجزاء الآتية (شكل 9.4):

(1) المشعة (radiator) أو مبردة الماء (water cooler) (2) مضخة الماء (water pump) (3) المروحة (fan) (4) أنابيب نقل الماء بين المشعة والمحرك (Hoses) (5) المنظم الحراري (الثرموستات) (thermostat) (6) حزام نقل القدرة الى مضخة الماء (belt).




**شكل(9.4) : أجزاء جهاز التبريد المائي**

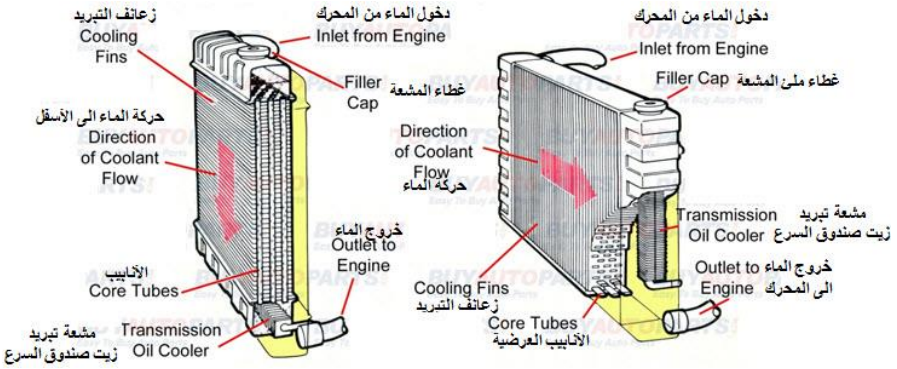
### 9.3.1 المشعة Radiator

تعدّ المشعة أحدى الأجزاء الرئيسية والمهمة بجهاز التبريد. تتكون من خزانين أحدهما في الأعلى والآخر في الأسفل. يربط الخزانان بأنابيب صغيرة دائرية المقطع (شكل 9.5a) أو طولية المقطع (شكل 9.6a) أو من النوع الخلوي (يشبه الخلايا) (cellular type) (شكل 9.6b). كما يوجد نوع أخرى من المشعات خزانيها يقعان بالجانبين ويربطان بأنابيب عرضية (9.5b). يتميز النوع الأول من المشعات بارتفاعها الكبير وعرضها الصغير لهذا تصلح للمحركات المفتوحة للفضاء الخارجي كالمحركات الثابتة والعجلات وغيرها. يستخدم هذا النوع من المشعات قوة الجذب الأرضي فضلاً عن قوة دفع مضخة الماء في إنزال الماء من الخزان العلوي الى الخزان السفلى. تتميز هذه المشعات عن غيرها بعدم ترسب المواد الغريبة داخل الأنابيب إلا نادراً لكونها عمودية والماء الذي يجري فيها سريعاً مما لا يعطي فرصة لترسيب المواد.

إما النوع الثاني من المشعات والذي تكون خزاناتها تقع في الجانب (عمودية) والأنابيب التي تربطهما أفقية (شكل 9.5b) تتميز بعرضه الكبير وصغر ارتفاعه. يساعد

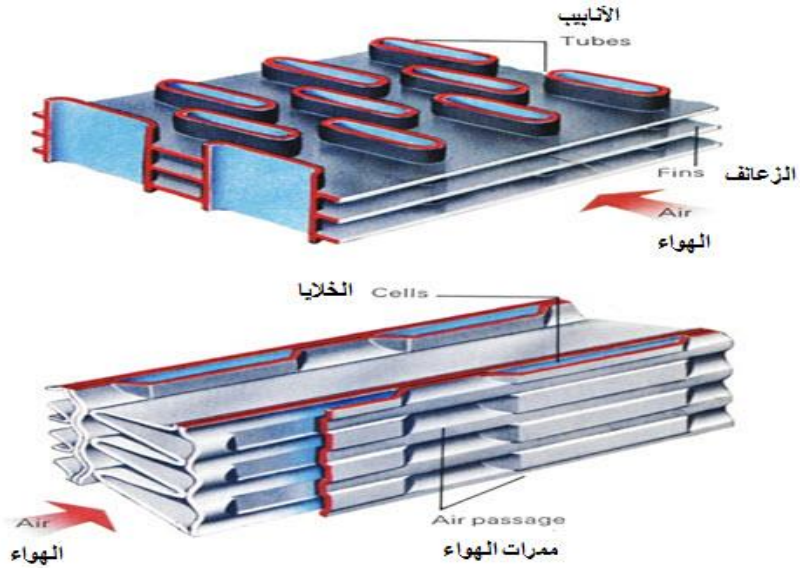
عرضها الكبير ووضع أنابيبها الأفقية الى تقليل سرعة الماء مقارنتاً مع الأنابيب العمودية بسبب عدم وجود تأثير الجاذبية الأرضية. أن انخفاض سرعة الماء داخل الأنابيب مقارنة بالنوع الأول من المشعات لا يعتبر عيباً وإنما ميزة لأنه يعطي فرصة أطول للماء لفقدان حرارته بسبب زيادة كمية الهواء المصطدمة بالأنابيب في وحدة الزمن. لهذا تزود محركات عجلات نقل الركاب السداسية الأسطوانات أو الثمانية بمشعات ذات أنابيب عرضية. إلا أن هذه المحركات تعاني بعض الأحيان انخفاض في درجات الحرارة في المناطق الباردة أو في الطقس البارد مما ينعكس سلباً على أداء المحرك خصوصاً استهلاك الوقود الذي يزداد بشكل كبير فضلاً عن حدوث ترسبات داخل الأنابيب بعض الأحيان. إن المساحة المعرضة الى الهواء في هذا النوع من المشعات يمكن تقليلها باستخدام بعض الحواجز (cartons).

ولزيادة قابلية المشعات على فقدان الحرارة تزود بزعانف أما طولية أو عرضية لزيادة المساحة المعرضة للهواء. تعمل المشعة على مبدأ فقدان الحرارة بالاشعاع أذ يترل الماء من الخزان العلوي إلى الخزان السفلي إذا كانت من النوع العمودي أو يتدفق من الخزان الايمن الى الخزان الايسر إذا كانت من النوع الافقي التي تثبت في جانب المحرك. ينقل جزء من حرارة الماء الى الزعانف والتي تفقدها بطريقة الإشعاع نتيجة اصطدام الهواء المسحوب من قبل المروحة بها والتي تقع خلف المشعة مباشرةً أو نتيجة اصطدام الهواء بالزعانف عندما يكون المحرك متنقلاً كما هو الحال في محركات العجلات أو الأثنين معاً.




**(b) : المشعة ذات الخزانين الجانبين والأنابيب العرضية (a) : المشعة ذات الخزانين العلويين والأنابيب العمودية**

**شكل (9.5) : (a) نوعان من المشعات ذات الأنابيب العمودية (b) وذات الأنابيب العرضية**



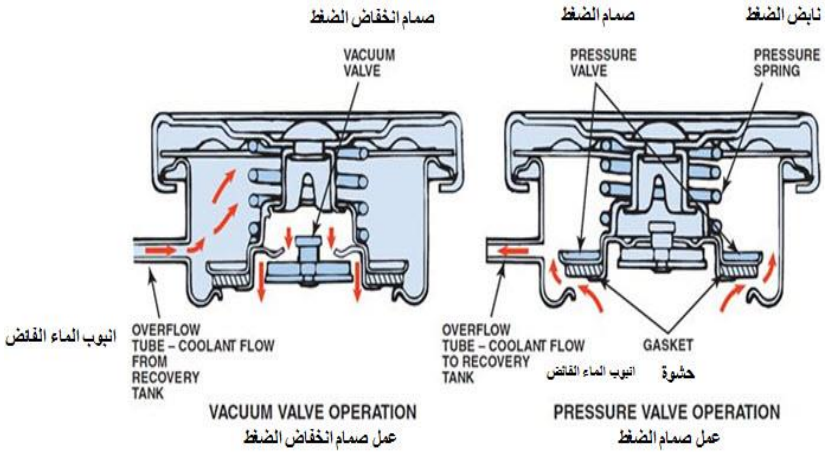

**شكل** (9.6) : (a) **الأنابيب ذات المقطع الطولي (الأعلى)** (b) **والأنابيب من نوع ذو الخلايا (الأسفل)**

كما تلعب أنواع الأنابيب دوراً كبيراً بفقدان الحرارة. فالأنابيب ذات المقطع الطولي تتميز بمساحتها الكبيرة فيزداد فقدانها للحرارة أما الأنابيب المتعرجة المقطع (شكل 9.6b) فأن سرعة الماء فيها منخفضة مما يساعد على زيادة الفقدان بالحرارة بسبب بقاء الماء فترة أطول في الأنابيب كما أنها تزود بمحاجر تشبه خلية النحل تساعد على توجيه الهواء باتجاه الأنابيب مما يزيد من الحرارة المفقودة. وعلى الرغم من هذه المميزات إلا أن الأنابيب ذات المقطع الدائري أسهل صيانة أذ يمكن أن تستخدم في صيانتها قضبان حديد لإزاحة الترسبات والصدأ إن وجدت. بينما الأنابيب ذات المقطع الطولي والمتعرج يصعب صيانتها وخصوصاً المتعرج منها بسبب الأنحناءات التي تتجمع بها المواد الغريبة.

### 9.3.2 غطاء المشعة Radiator Cap

يلعب الغطاء دوراً كبير بتحديد أداء المشعة من خلال صمامين أحدهما يطلق علية صمام تخلخل الضغط (Vacuum valve) وصمام الضغط (pressure valve) (شكل 9.7). يزود الغطاء بنوابض وفتحة لإخراج وإدخال الماء الى المشعة (overflow tube). عندما تفقد المشعة جزءاً من مائها بشكل بخار أو بشكل ماء واللذان يخرجان من خلال

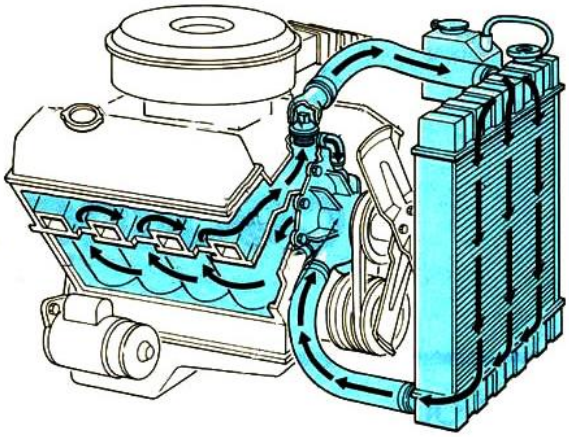
أنبوب الغطاء يحدث انخفاض بالضغط داخل خزانها العلوي. كما يحدث هذا الانخفاض أيضاً حينما يتوقف المحرك عن العمل وتنخفض درجة حرارة الماء ويتكاثف البخار داخل الخزان العلوي للمشعة مسبباً فراغاً في الخزان. عندها يتغلب الضغط الجوي على الضغط داخل المشعة فينفتح صمام تخلخل الضغط (شكل 9.7a) فيتدفق ماء من الخزان الاحتياط المزودة به المشعة الى الخزان العلوي (شكل 9.8). إما إذا كان الخزان جافاً أو كمية الماء التي فيه غير كافية يندفع هواء داخل المشعة لملأ الفراغ. إما أذا أرتفع الضغط داخل المشعة نتيجة تبخر الماء بسبب ارتفاع درجة حرارته عندها يرتفع صمام الضغط الى الأعلى مسبباً تسرب البخار أو الماء الفائض الى خزان الماء الاحتياط (شكل 9.7b). وعندما ينخفض الضغط داخل خزان المشعة يقوم النابض بغلق الصمام.




**(b) : صمام الضغط مفتوح والماء يخرج من المشعة (اليمين)** (a) **: صمام تخلخل الضغط مفتوح والماء يدخل من الخزان الاحتياط الى المشعة (اليسار)**

**شكل** (9.7) **: غطاء المشعة المزود بصمام ضغط وصمام تخلخل الضغط**

كما أن وجود الغطاء يمنع غليان الماء بدرجة حرارته الاعتيادية ($100^oC$) مما يقلل من تبخره. تتم هذا العملية نتيجة زيادة الضغط داخل الجهاز وعندما يصل الضغط ما بين 1.3-1.4 bar ترتفع درجة غليان الماء الى ($104-110^oC$).



**(شكل 9.8) : جهاز تبريد محرك ديزل مزود بمشعة من النوع الأنابيب العمودية وخزان ماء احتياط**

تزود بعض المشعات في الوقت الحاضر بغطاء مزود بمؤشرين أحدهما لقياس درجة حرارة ماء المشعة والآخر لقياس الضغط داخلها فضلاً عن الصمامين اللذين ذكرا سابقاً (شكل 9.9). يوضح مؤشر الحرارة درجة الحرارة التي وصل إليها ماء المحرك أما مؤشر الضغط فيوضح الضغط داخل المشعة وهذا يساعد على تحديد إداء المحرك فإذا كان الحرارة أعلى من الدرجة المثلى لعمل المحرك عندها تعالج المشكلة قبل أن يحدث للمحرك ما يوقف عملة أو ما يسبب له ضرراَ. أما إذا كان الضغط أعلى من الحد الأعتيادي فهذا ربما مؤشر لعدم عمل صمامات الغطاء بصورة صحيحة.

**شكل (9.9) : غطاء مشعة مزود بمؤشرين للحرارة والضغط**

## ❖ 9.4 المواد المانعة لانجماد الماء Antifreeze Material

يعدّ الماء من أكثر الموائع استخداماً في تبريد المحركات بسبب وفرته ورخص ثمنه وارتفاع درجة حرارة غليانه ($100^oC$) وانخفاض درجة انجماده ($0^oC$) مقارنةً بالموائع الأخرى. فضلاً عن ذلك قابليته العالية على امتصاص الحرارة وهي أكبر من الزيت بمقدار 1.5 (مرة ونصف). إلا أنه ينجمد في المناطق التي تنخفض فيها درجة الحرارة الى ما تحت الصفر. يسبب انجماد الماء في حالة حدوثه مشاكل في المحرك من بينها التأخير بتشغيله وأطاله الوقت الذي يحتاجه المحرك لإيصال حرارة ماء التبريد الى ($80\text{-}90^oC$) والتي تعني وصول المحرك الى درجة الحرارة المثلى للشغل. فضلاً عن ذلك يتمدد الماء عند الانجماد مما قد يسبب تكسر أنابيب المشعة التي تصنع عادةً من معادن قليلة الصلابة أو غيرها من أجزاء المحرك. لهذا يضاف الى الماء مواد مانعة للانجماد إلا أن هذه المواد يجب أن تتوفر فيها المواصفات الآتية:

1. أن تكون سريعة الذوبان في الماء.
2. أن لا تتبخر بدرجة حرارة الغرفة ولا بالحرارة العالية.
3. لا تخّلف مواد غريبة داخل جهاز التبريد.
4. ليس لها تأثير ضار على أجزاء جهاز التبريد.
5. أن تكون رخيصة الثمن ولا تُصدأ جهاز التبريد.

مانعات الانجماد هي خليط من مواد عدة ومن أكثرها استخداماً هي:

1. مثيل وأثيل وأيزوبروبيل الكحول Methyl, Ethel and Isopropyl alcohols
2. محلول الكحول والماء a solution of alcohol and water
3. أثيلين الكلايكول Ethylene glycol
4. محلول الماء وأثيلين الكلاكول a solution of water and Ethylene Glycol
5. محلول الكليسرين والماء Glycerin and water

من أكثر موانع الانجماد استخداما مع ماء المحرك هو أثيلين الكلايكول (ethylene glycol) والذي رمزه الكيميائي $C_2H_6O_2$. فعندما يضاف الى الماء تتحسن درجة حرارة انجماده وغليانه وحسب كمية المادة المضافة منه الى الماء والجدول (9.1) يوضح تغيير درجة حرارة انجماد وغليان الماء بإضافة أثلين الكلايكول.

يبين الجدول (9.1) زيادة درجة غليان ماء التبريد وانخفاض درجة انجماده مع زيادة نسبة مادة مانعة الانجماد في الماء. فعند استخدام 70% إثيلين كلايكول و 30% ماء تنخفض درجة حرارة انجماد الماء من صفر الى $-55^oC$ وترتفع درجة غليانه من $100^oC$

الى 113°C. يضاف الى مواد مانعة للانجماد مواد مقاومة للصدأ أيضاً. يتميز ماء التبريد المضاف له مواد مانعة للانجماد ومانع الصدأ عن الماء الأعتيادي بلونه الأزرق الفاتح.

**جدول** (9.1) **: جدول يبين نسب خلط الماء ومادة مانعة الانجماد**

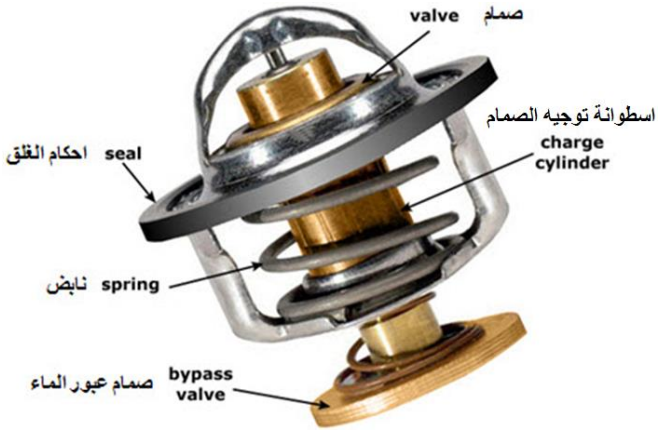
| | ماء/أثيلين الكلايكول (70/30) $C_2H_6O_2$/water | ماء/أثيلين الكلايكول (50/50) $C_2H_6O_2$/water | الماء pure water |
|---|---|---|---|
| نقطة الانجماد Freezing point | -55°C/-67°F | -37°C/-35°F | 0°C/32°F |
| درجة الغليان Boiling point | 113°C/235°F | 106°C/223°F | 100°C/212°F |

## ❖ 9.5 أنواع المنظمات الحرارية Thermostat Types

يزود جهاز التبريد المائي بمنظم حراري (شكل 9.10). يقوم المنظم الحراري بغلق ممر انتقال الماء من المحرك الى المشعة ويسمح بمروره الى المشعة عند بلوغ حرارته حداً معيناً. تعتمد درجة الحرارة على نوع المحرك والمنظم الحراري المزود به. يوجد نوعان من المنظمات الحرارية هاذان النوعان صنفا على أساس درجة الحرارة التي ينفتحان عندها وهما A وB. النوع (A) يبدأ بالانفتاح عند بلوغ درجة حرارة ماء المحرك 82°C ويصل الى أقصى فتحة له عند درجة حرارة 95°C إما النوع الثاني (B) يبدأ بالانفتاح عند درجة حرارة 88°C ويصل الى أقصى فتحة له عند درجة حرارة 100°C. يبلغ حجم الفتحة لكلا النوعين 8mm.

إن غلق المنظم الحراري لدائرة الماء هو لإيصال درجة حرارة المحرك إلى الدرجة المثلى للتشغيل لغرض حرق الوقود بصورة تامة فضلاً عن تقليل تجمع الكاربون داخل الأسطوانات. يتكون المنظم الحراري بصورة عامة من صمامين هما صمام إرجاع الماء الى المشعة (Valve) وصمام تدوير الماء داخل المحرك (by valve) والأسطوانة البرونزية (charge cylinder) التي يحيط بها النابض (spring) (شكل 9.10). هذه الأسطوانة وظيفتها الأساسية هو لمنع الحركة الجانبية للصمام عند صعوده الى الأعلى أي أنها تعمل كدليل لساق الصمام. ينفتح الصمام (valve) (يصعد الى الأعلى) عند ما تصل درجة حرارة الماء الى الحدود التي ذكرت سابقاً عندها يسمح للماء بالتدفق الى المشعة وعندما

تنخفض درجة حرارة الماء الى ما دون الحد المسموح به للانفتاح يقوم النابض بغلق الصمام. أما صمام تدوير الماء داخل المحرك يبقى مفتوحاً عندما تكون درجة حرارة الماء أقل من الحد المسموح به لتدفقه الى المشعة أي أقل من 82 أو $88^{o}C$. فضلاً عن التقسم السابق تقسم المنظمات الحرارية على أساس المادة التي تستخدم في تشغيلها (عملية فتحها وغلقها) الى:




**شكل** (9.10) **: أجزاء المنظم الحراري.**

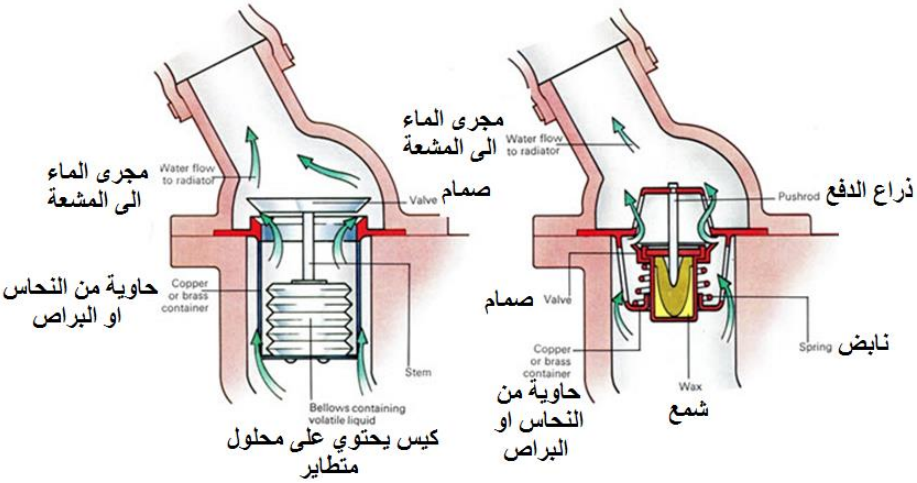
### 1. المنظم الحراري ذو الكيس المنكمش Bellow Type Thermostat

يتكون هذا النوع من المنظمات الحرارية من كيس متعدد الطيات يشبه الوسادة مصنوع من مادة البرونز. يملأ الكيس بمحلول الكحول الأثيلي الذي درجة حرارة غليانه أقل من درجة حرارة الماء وفي بعض الأحيان يملأ بمادة الأسيتون (شكل 9.11a). وعند ارتفاع درجة حرارة ماء المحرك الى $82^{o}C$ يتمدد السائل ويبدأ بالتبخر عندها يتمدد الكيس فيندفع الساق (stem) الذي يتصل بالكيس الى الأعلى دافعاً الغطاء (الصمام) إلى الأعلى عندها ينفتح ممر تدفق ماء المحرك إلى المشعة. وعندما تنخفض درجة حرارة ماء المحرك نتيجة انخفاض درجة حرارته يتكثف المحلول ويتقلص الكيس مسبباً رجوع صمام المنظم الى وضع الغلق.

### 2. المنظم الحراري ذو العنصر الشمعي Wax Element Type Thermostat

يتكون هذا النوع من المنظمات الحرارية من خزان يحتوي على شمع Wax جاف بدرجات الحرارة الأعتيادية وحاوية من النحاس أو البراص (Copper or Brass Container) وعمود (Pushrod) لتوجيه خزان الشمع ونابض spring. عندما ترتفع

درجه حرارة ماء المحرك يذوب الشمع فيندفع الخزان الموجود فيه الشمع إلى الأسفل عندها ينفتح الممر لماء المحرك ليتدفق الى المشعة وفي نفس الوقت ينكبس النابض (شكل 9.11b). وعندما تنخفض درجه حرارة ماء المحرك يبدأ الشمع بالانجماد مرة أخرى فيقل حجمه عندها يقوم النابض بإرجاع المنظم الحراري الى وضع الغلق وعندها يتوقف تدفق الماء الى المشعة إلا أن عملية تدوير الماء داخل المحرك تستمر مع استمرار عمله.

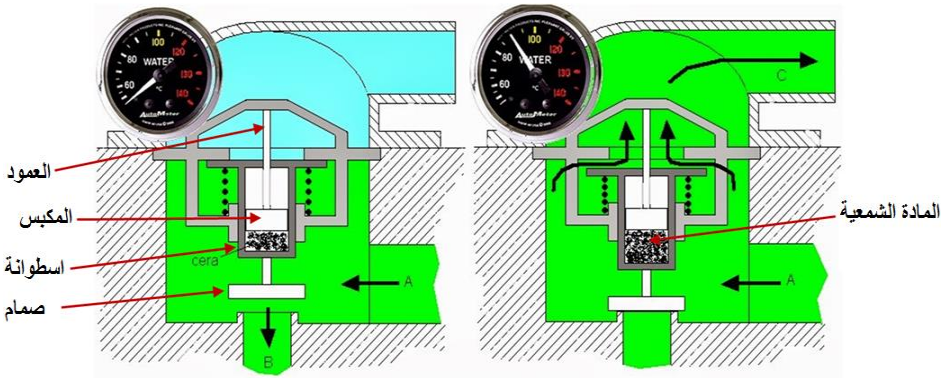



**(b) : المنظم الحراري ذو العنصر الشمعي (a) : المنظم الحراري ذو الكيس المنكمش**

**شكل (9.11) : أنواع المضخات المنظمات الحرارية**

وهناك نوع أخر من المنظمات الحرارية ذات العنصر الشمعي والموضح في الشكل (9.12). يماثل هذا النوع من حيث التركيب النوع الموضح في الشكل (9.11b) مع بعض الاختلافات. يوضع الشمع في حاوية تشبه الأسطوانة لها قاعدة عريضة من الأعلى. تحتوي الحاوية على المادة الشمعية ومكبس وعمود مثبت على المكبس. هذا العمود يمر من ثقب موجود في القاعدة العليا ويستند من الأعلى على سقف حديدي يمنعه من الاندفاع الى الأعلى. تحتوي الحاوية من الأسفل على صمام لغلق وفتح الدائرة الداخلية للماء في المحرك. عندما تكون درجة حرارة الماء منخفضة فإن الصمام يبقى مفتوحاً وحركة الماء داخل جيوب المحرك مستمرة لغرض سحب حرارة المحرك. وعندما ترتفع درجة حرارة ماء المحرك يبدأ الشمع بالذوبان وعندها يتمدد فيولد ضغطاً على

المكبس داخل الحاوية وبما أن المكبس لا يستطيع الصعود الى الأعلى بسبب وجود العمود يتحول الضغط على الحاوية فتندفع الى الأسفل فاتحة ممر الماء من المحرك الى المشعة ويبدأ الصمام الموجود في الأسفل بسد الممر الداخلي تدريجياً وعند بلوغ درجة حرارة الماء 82-88°C ينفتح الممر الأعلى الى أقصاه يغلق الممر الداخلي. وعند انخفاض درجة حرارة الماء يبدأ الشمع بالانجماد ويبدأ بغلق مرر الماء الى المشعة وينفتح الممر الداخلي.




**(b) صمام المنظم مفتوح (الدورة الخارجية) والدورة الداخلية مغلق (a) : الصمام الداخلي مفتوح والدورة الداخلية) والدورة الخارجية مغلق** bypass valve

**شكل (9.12) المنظم الحراري من النوع الشمعي ذو الصمام الداخلي (أتجاه الأسهم تمثل حركة الماء)**

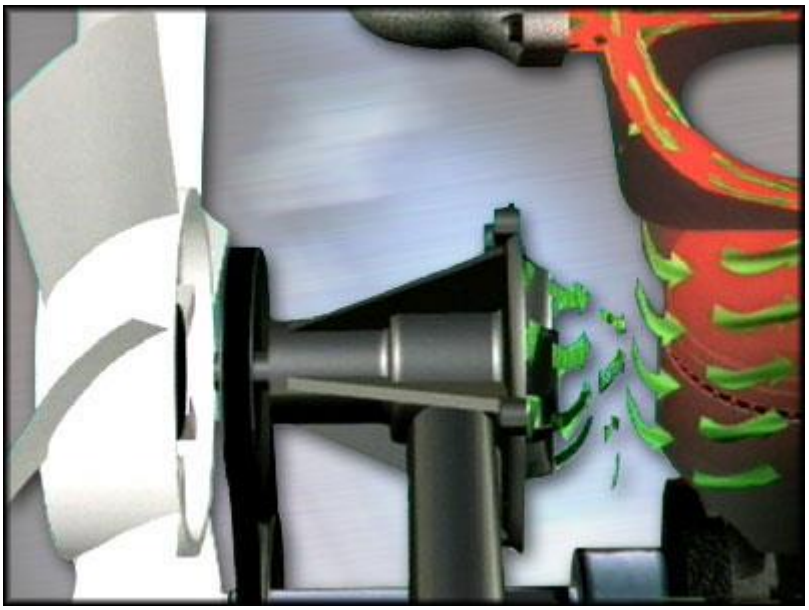
## ❖ 9.6 مضخة الماء Water Pump

يزود جهاز التبريد بمضخة لتدوير الماء داخل الجيوب الموجودة في المحرك لغرض امتصاص حرارته فضلاً عن تدوير الماء بين المشعة والمحرك. تتكون مضخة الماء من زعانف الدفع (impeller) (الرفاس) التي تثبت على قرص والذي بدوره يثبت على عمود (shaft) (شكل 9.13a) هذا العمود يدور داخل كرسي (bearing assembly) (شكل 9.13b). تزود نهاية العمود بقرص (Hub) تثبت عليه المروحة (fan) (شكل 9.14). كما تزود المضخة بحلقة بلاستيكية (water seal) لمنع تسرب الماء منها لهذا عندما تتلف يتسرب الماء من المضخة. تزود المضخة بحافظة (Housing) تضم أجزاء المضخة في داخلها. تحتوي الحافظة على فتحات تمر من خلالها لوالب التثبيت. تأخذ المضخة والمروحة حركتيهما من عمود المرفق بواسطة حزام وبكرات.

تدور مضخة الماء بسرعة عالية لغرض تدوير الماء داخل المحرك بسرعة كبيرة لامتصاص الحرارة بسرعة فضلاً عن إبقاء حرارة الماء منتظمة ومتساوية داخل المحرك. يتراوح تصريف المضخة بين 400 الى 430L/min إلا أن هذه الكمية تقل كلما قلت سرعة المحرك لإبقاء حرارته ضمن الحدود المثلى لأدائه.

(a) : **مضخة الماء الكاملة.** (b) : **مقطع في مضخة الماء يوضح أجزائها المختلفة.**

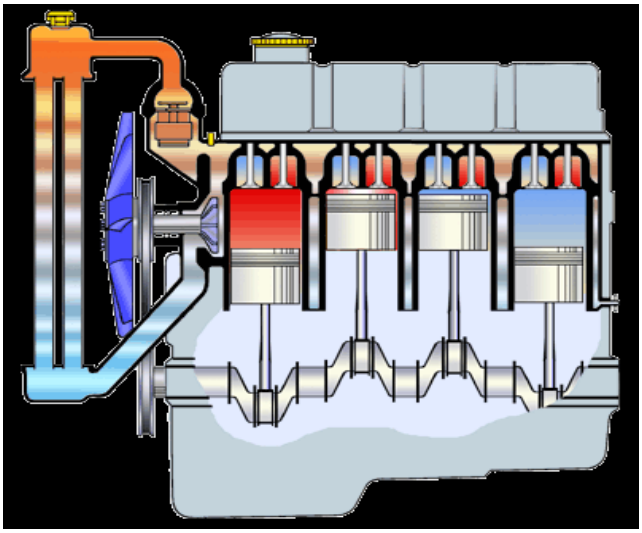
**شكل** (9. 13) : **مضخة الماء في جهاز تبريد المحرك**



**شكل** (9.14) : **مضخة الماء مع مرحة الهواء البلاستيكية وطريقة دفع الماء.**

## ❖ 9.7 المروحة Fan

توضع المروحة أمام المحرك وخلف المشعة مباشرةً. تثبت المروحة على القرص المعدني الموجود في بداية عمود مضخة الماء (Hub) (شكل 9.14) لهذا فأن سرعة المروحة مماثله لسرعة مضخة الماء. تصنع المروحة إما من الألمنيوم أو البلاستك. ويفضل البلاستك لخفة وزنه ورخص ثمنه وانخفاض قوة الطرد المركزي التي تصاحبها عند الدوران. فضلاً عن عدم تمزيقها للمشعة عند انكسار أحد زعانفها كما يحدث مع النوع المعدني. والمراوح على نوعين أما ميكانيكي أو إلكتروني. يستمر النوع الميكانيكي بالدوران سوى كانت درجة حرارة المحرك والماء في المشعة مرتفعة أو منخفضة وهذا يؤثر على أداء المحرك إذ بقيت درجة حرارته منخفضة مما يؤدي الى زيادة استهلاكه للوقود وتجمع الكاربون داخل الأسطوانات وزيادة تلوث الهواء بالعادم. إما النوع الإلكتروني فهي تعمل كلما زادت درجة حرارة ماء المشعة وحرارة المحرك. إذ يزود جهاز التبريد بمتحسس يتصل مع جهاز السيطرة الإلكترونية فعندما ترتفع درجة حرارة المحرك ومن ثم ماء التبريد تصل إشارة الى جهاز السيطرة عندها تُوصل الكهرباء الى المروحة فيبدأ عملها. وعندما تنخفض درجة حرارة الماء تفصل المروحة لأنها مزودة بجهاز فاصل clutch لغرض إيقافها عن الدوران. كما إن المروحة تُفصل عندما تزداد سرعة الهواء المصطدمة بالمحرك كما هي الحالة بالعجلات فعندما تسير عكس حركة الرياح وتصبح سرعتها كافية لتخفيض حرارة ماء المشعة وحرارة المحرك تُفصل المروحة عن المحرك.



**شكل** (9.15) **: طريقة نقل الحركة الى مضخة الماء والمروحة البلاستيكية باستخدام الحزام والبكرات**

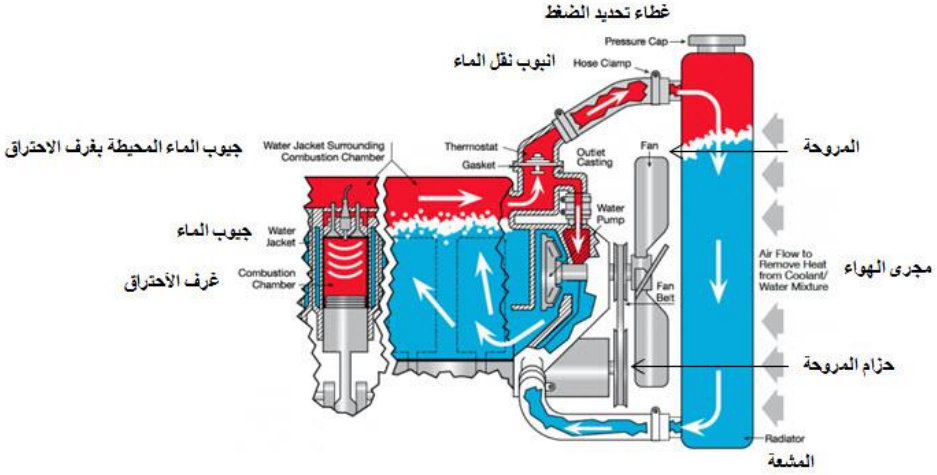
إن الوظيفة الأساسية للمروحة هي سحب الهواء من خلال المشعة لزيادة سرعة وحجم الهواء المار بين أنابيبها لغرض زيادة فقدان الماء للحرارة. كما أنها تدفع الهواء باتجاه المحرك مما يزيد الفقدان بحرارته عن طريق الإشعاع. تنقل الحركة الى المروحة ومضخة الماء من عمود المرفق بواسطة حزام وبكرات. ولتقليل الانزلاق بين الحزام والبكرات يجب إن يكون الشد في الحزام عالياً. إلا أن هذا الشد يجب ألا يتجاوز حداً معيناً حتى لا يزداد تآكل الحزام وعمود مضخة الماء (شكل 9.15). يتم شد الحزام عادةً بواسطة بكرة خاصة تسمى بكرة الشد (tension pulley).

## ❖ 9.8 طريقة عمل جهاز التبريد

عند تشغيل المحرك تدور المضخة والمروحة معاً إذا كانت من النوع الميكانيكي. تقوم المضخة بتدوير الماء داخل جيوب ماء المحرك فقط أما المنظم الحراري يبقى مغلقاً ويمنع تدفق ماء المحرك إلى المشعة (شكل 9.16). وعندما ترتفع درجة حرارة ماء المحرك إلى 82-85$^0$C كما في بعض أنواع المحركات يتمدد المنظم الحراري ويبدأ بالانفتاح. عندها يندفع الماء الساخن إلى الخزان العلوي للمشعة عبر أنبوب مطاطي (plastic tube) يتصل مع الخزان العلوي للمشعة من جهة وجسم المحرك من الجهة الأخرى. تعتمد كمية الماء المتدفقة الى المشعة على حجم فتحة المنظم الحراري. يترل الماء الساخن من الخزان العلوي إلى الخزان السفلي عبر أنابيب عديدة ذات مقطع عرضي صغير ليفقد حرارته أو جزء منها من خلال الهواء المار بين الأنابيب. يسحب الماء من الخزان الاسفل والذي فقد الجزء الاعظم من حرارته الى المحرك عبر أنبوب بلاستيكي. تستمر هذه العملية ما دام المحرك يعمل ودرجة حرارة الماء ضمن الحدود الذي يبقى عندها المنظم الحراري مفتوحاً.

وعندما تقل درجة حرارة المحرك يبدأ المنظم الحراري بتقليل الفتحة فتنخفض معه كمية الماء المتدفقة الى المشعة. وعندما تنخفض درجة حرارة الماء الى ما دون المدى الذي ينفتح ضمنه المنظم الحراري يغلق الممر بصورة تامة لحين ارتفاع درجة حرارة ماء المحرك من جديد عندها ينفتح المنظم الحراري. ولزيادة كمية الماء المتدفقة بين المحرك والمشعة وكمية الهواء المارة بالمشعة يجب أن يكون الحزام الناقل للقدرة ذو شد عالي لمنع الانزلاق. يعدّ المنظم الحراري من الأجزاء المهمة في جهاز التبريد لأنه ينظم حرارة المحرك الذي يعتمد عليها أداءه. لهذا يجب أن لايزال من المحرك اطلاقاً وأن يفحص بين فترة وأخرى لتحديد مدى صلاحيته.

ومن الأمور المهمة التي يجب مراعاتها لأطاله فترة حياة جهاز التبريد هو استخدام الماء الخال من الأملاح (ماء (Reverse Osmotic pressure (R.O.) أو الماء المقطر ولا يفضل الماء ذو الملوحة العالية لأنه قد يسبب توقف المنظم الحراري عن العمل فإذا بقية مغلقاً يسبب ارتفاعا كبيراً بدرجة حرارة المحرك والتي قد تسبب مشاكل له كاحتراق الحشوة (gasket) بين رأس وجسد الأسطوانات أو ذوبان تيجان المكابس أو غيرها من الأجزاء وإذا بقية مفتوحاً ربما لا يصل المحرك الى درجة الحرارة المثلى للعمل.




**شكل** (9.16) **: طريقة عمل جهاز التبريد المائي ذو المروحة من النوع المعدني والتوزيع الحراري لماء التبريد (اللون الأحمر الماء ساخن) (اللون الأزرق الماء بارد)**