الجزء (11)

المكثفات Condensers

المكثف هو تلك الجزء الذي يوجد في دائرة التبريد والذي فيه يتم تكثيف البخار المحمص الذي يتحرك عبر خط الطرد من الضاغط أو يتم تحويله إلى سائل. وفي داخل المكثف يتم تبريد بخار وسيط التبريد عندما تنتقل الحرارة عن طريق التوصيل من خلال جدران المعدن.

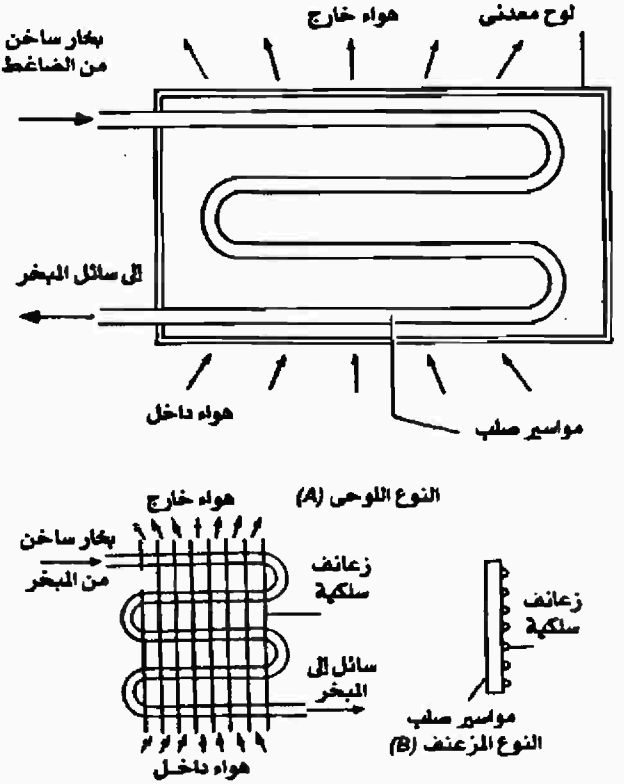
وخارج الجدران يتواجد وسيط التبريد والذي يمكن أن يكون هواء أو ماء. وتنقسم المكثفات إلى ثلاث مجموعات رئيسية هي تبريد هواء وتبريد مياه وتبخيرية. وفي الأنواع التي يتم تبريدها بالهواء يزيل وسيط التكثيف وهو الهواء الحرارة من خارج جدران المكثف بواسطة الحمل. وهذا الحمل إما أن يكون من النوع الطبيعي والذي فيه يتلامس الهواء مع الجدران التي تكون ساخنة ويرتفع هذا الهواء ويحل محل الهواء البارد أو الطريقة الأخرى وهي دفعه بواسطة مروحه.

- **المكثفات التي تبرد الهواء** Air Cooled Condensers

المكثفات التي تستخدم في الثلاجات المنزلية تعمل بالحمل العادي للحرارة وهي مثبتة خلف كابينة الثلاجة والتي لا يجب أن تكون لها معوقات بحيث أن الهواء يمكن تداوله بطريقة صحيحه. والمعدن المستخدم في التصنيع يكون عادة هو الصلب. ومكثفات الثلاجة المنزلية هي نوعان رئيسيان هما المكثفات اللوحية والمكثفات المزعنفة.

والمكثفات اللوحية تتكون من أنابيب من الصلب والتي فيها يثبت اللوح المعدني. واللوح المعدني يساعد في توصيل الحرارة بعيداً عن الأنابيب (المواسير). ويترك فراغ بين كابينة الثلاجة والمكثف من أجل تحقيق تيارات الحمل في الهواء.

والمكثفات المزعنفة تكون مجهزة بزعانف تبريد متباعده بإتساع وبذلك لا تتداخل مع حركة الهواء الذي ينتقل بالحمل فوق السطح. والزعانف تزيد من مساحة السطح التي تكون متلامسة مع الهواء وبذلك تزيد الحرارة الموصلة بعيداً من وسيط التبريد. وفي بعض الحالات مثل ما هو في الثلاجة المنزلية يتم لحام أسلاك من النحاس الأحمر لسطح المكثف لتعمل كزعانف بسيطة وشكل (39) يوضح المكثفات اللوحية والزعنفية.



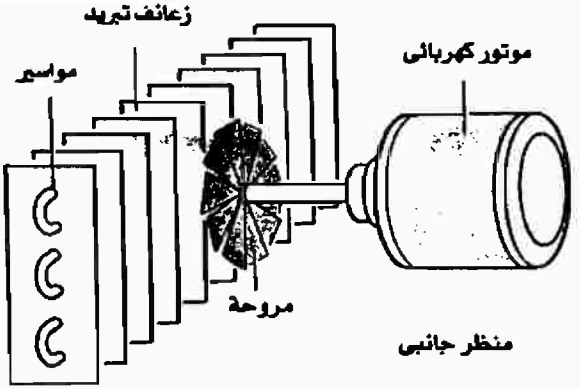
شكل (39) مكثفات توضح الإنتقال بالحمل (A) النوع اللوحى (b) النوع المزعنف

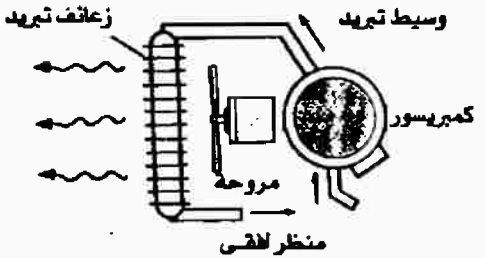
المكثفات التي من طراز إنتقال الحرارة بالحمل الجبري تنقسم إلى مجموعتين وهما الأنواع المركبة على قاعدة معدنية والأنواع التي تكون من بعد والأنواع التي تكون مركبة على قاعدة معدنية عادة تكون مثبتة على نفس القاعدة كما أن الكمبريسور والبند كله يعرف بوحدة التكثيف. والمروحه يكون موقعها متقارب مع ملفات المكثف ويلزم

أن يكون هناك موتور كهربائي لإدارة المروحة وشكل (40) يوضح ذلك.

والوحدة كلها تكون مثبتة مع قاعدة الثلاجة. والأنواع التي تكومن بعد تكون مثبتة بعيداً عن الضاغط والأجزاء الأخرى لدائرة الثلاجة إما أن تكون في الداخل أو الخارج والمكثفات الأكبر التي تكون من بعد يكون موقعها عادة على الجدران والأسطح وحتى على الأرض للوحدات الكبيرة جداً.

والمكثفات الأصغر هي فقط التي تكون ملائمة لأن تكون من الداخل لأنه من الداخل يكون إمداد الهواء محدود.





شكل (40) إنتقال الهواء بالحمل الجبرى

- **•المكثفات التي تبرد بالمياه** Water cooled condensers

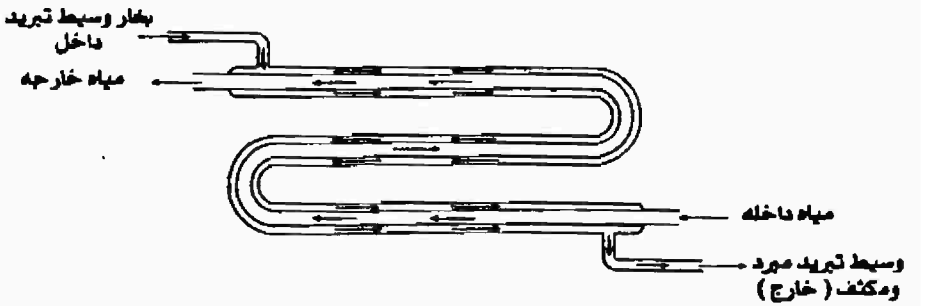
المكثفات التي يتم تبريدها بالمياه تنقسم إلى ثلاث تصنيفات هم الأبنوب المزدوج والجدار والملف والجدار والأبنوب. وفي جميع المكثفات التي تبريدها بالمياه يتم توصيل الحراره إلى داخل المياه والتي يتم ضخها بإستمرار بعيد لإستبدالها بمياه باردة.

- **•المكثفات ذات الأبنوب المزدوج** Double-tube Condensers

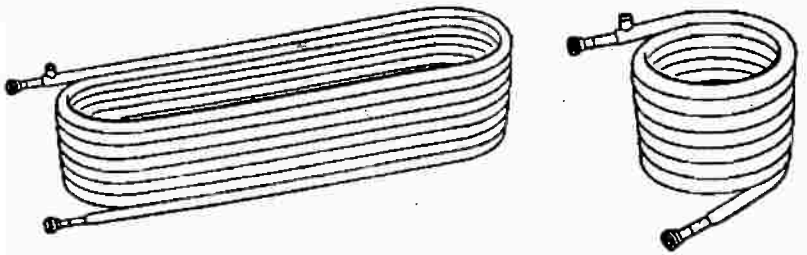
المكثفات ذات الأنبوب المزدوج تتكون من أنبوب ضيق داخل أنبوب أكثر إتساعاً عنه. تسري مياه التبريد عبر الأنبوب الداخلي الضيق بينما وسيط التبريد يسري في الفراغ الذي بين الأنابيب (المواسير) والماتعين الأثنين يتحركان في إتجاهات متضادة لتحقيق الحد الأقصى من إنتقال الحرارة. وبسبب أن وسيط التبريد تواجده يكون في الأنبوب الخارجي فيكون هناك بعض التبريد نتيجة للهواء. وشكل (41) ، (42) يوضحان المكثفات ذات الأنبوب المزدوج.

- *مكثفات الغلاف والملف Shell-and –coil condensers

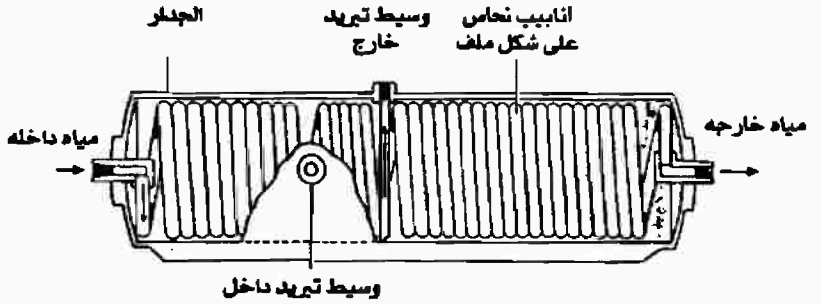
مكثفات الغلاف أو الجدار والملف تتكون من الأنبوب النحاس وملفوف على شكل ملف والذي من خلاله يسري الماء وغالباً يتم إضافة الزعانف إلى الملف الذي يكون محاط بواسطة غطاء صلب مجوف يعرف بالجدار. وشكل (43) يوضح وسيط التبريد في الجدار. ومكثفات الجدار والملف تستخدم في دوائر التبريد الأصغر.



شكل (41) رسم تخطيطي لمكثف ذات الأنبوب المزدوج



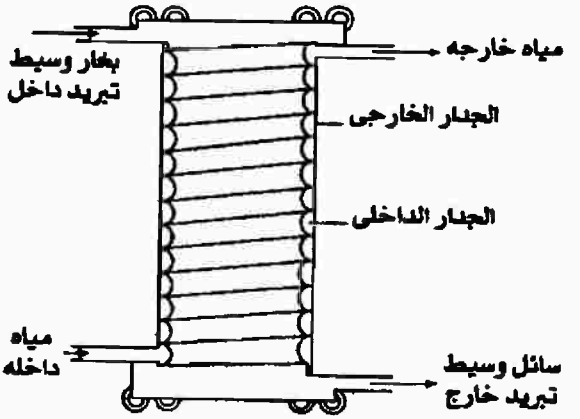
شكل (42) مكثف ذات أنبوب مزدوج (A) شكل متردد (B) شكل لولبى



شكل (43) مكثف الجدار والملف

- *مكثفات الجدار والأنبوب Shell-and tube condensers

مكثفات الجدار والأنبوب تكون مماثلة لأنواع الجدار والملف ما عدا بعض الأنواع التي تكون فيها الأنابيب النحاس مرتبة بالتوازي مع بعضها. تسري المياه من خلال الأنابيب ويسري وسيط التبريد في الحيز بين الأنابيب والجدار وشكل (44) يوضح ذلك.



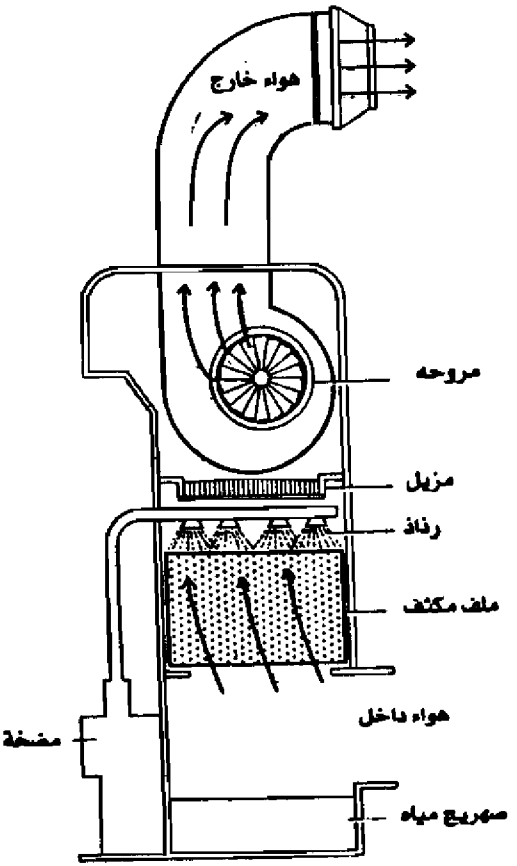
شكل (44) مكثف الجدار والملف

- *المكثفات التبخيرية Evaporative Condensers

المكثفاتالتبخيرية تستخدم كلا الهواء والماء كوسيط تكثيف وشكل (45) يوضح ذلك. يتم ضخ الماء إلى أعلى من الصهريج إلى داخل مجموعات من الرشاشات توجد أعلى ملف المكثف والرذاذ الدقيق من القطيرات يبرد الملف. وفي نفس الوقت يتم سحب الهواء بواسطة مروحه وهذا يمر حول المكثف ويستخلص حرارة إضافية. والهواء الساخن المحتوي على بخار مياه من سطح المكثف تكون مغادرته من خلال فتحة تهوية من أعلى. والمزيل الذي هو عبارة عن لوح يحتوي على ثقوب صغيرة وموقعه يكون أعلى الرشاشات ويمنع هروب قطيرات الماء.

والعيب المتواجد في المكثف التبخيري هو الصيانة وهناك مشكلة واحدة هي أن

هناك قابلية لتكون طبقات جيرية أو قشور على سطح المكثف إذا كان الماء العسير هو المستخدم والماء العسير يتواجد في أنحاء عديدة من العالم والذي يكون سببه هو مياه الأمطار التي تمتص ثاني أكسيد الكربون عندما تتساقط من خلال الجو الخارجي. يتحد الماء مع ثاني أكسيد الكربون ثم يمر من خلال الأرض ويتفاعل مع الخامات المعدنية ويتسبب في ذوبان بعضها.



شكل (45) مكثف تبخيري

وعندما يتم بعد ذلك استخدام هذا الماء ويتم تسخينه تأتي الخامات إلى خارج المحلول وكربونات الكالسيوم على سبيل المثال تكون مترسبة وهذه هي الطبقة الجيرية وبالإضافة إلى ذلك فإن الهواء يحمل الشوائب والأتربة وهذا يكون له قابلية الترسب على المكثف وتتكون القشور الصلدة. وهذه المترسبات تعتبر موصلات ضعيفة للحرارة وبذلك تقلل من كفاءة المكثف وأكثر من ذلك أنها تكون صعبة في إزالتها.

وبسبب هذا العيب لا تستخدم المكثفات التبخيرية بكثرة مثل الأنواع الأخرى ويكون هناك أفضلية للمكثفات ذات تبريد المياه المشتركة مع أبراج التبريد. وهذه المعدات مع بعضها مع المكثف تشغل حيز أكثر من المكثف التبخيري وتستخدم قدره أكبر. ومع ذلك فإنها تكون أقل في مشاكل الصيانة.

- *أبراج التبريد Cooling towers

تستخدم أبرج التبريد من أجل توفير إمداد مستمر لمياه التبريد للمكثفات ذات تبريد المياه. والبديل هو إمداد مياه التبريد بإستمرار بطريقة مباشرة من مصدر المياه الرئيسي وبعد ذلك عندما تسخن يتخلص منها بواسطة طردها إلى المصارف. وبرج التبريد هو الأداه التي توفر المياه بواسطة إعادة تداولها بصفة مستمرة. وأبراج التبريد يمكن تصنيفها إلى مجموعتين هم سحب طبيعي أو سحب ميكانيكي.

- *أبراج تبريد سحب طبيعي (الجو الخارجي):

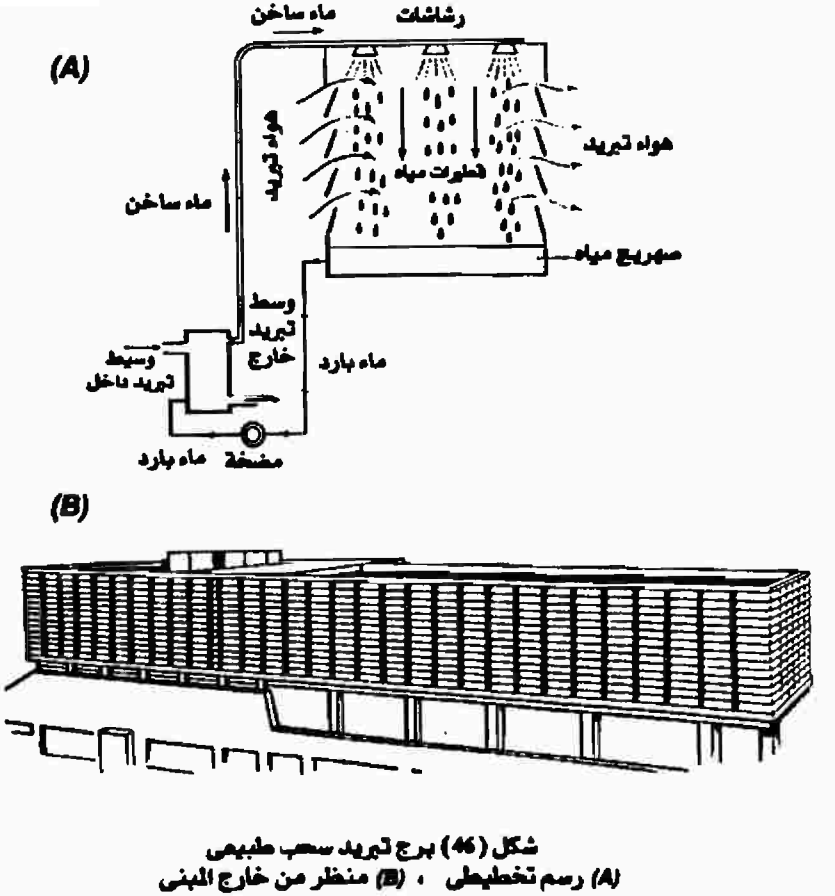
يمر الماء الساخن القادم من المكثف خلال فواني الرذاذ ثم يتحول إلى قطيرات دقيقة والتي تسقط بعد ذلك إلى قاع البرج وشكل (46) يوضح ذلك وعندما تسقط

القطيرات يتم تبريدها بواسطة الحركة الطبيعية للهواء من خلال الفراغات التي في جوانب البرج. والماء البارد يتم تصريفه من القاع.

وأبراج التبريد من الجو الخارجي يكون أفضل موقع لها على سطح المبنى أو على الأقل يكون في مكان مفتوح. وسعة برج التبريد تعتمد على سرعة الرياح. وأي مياه يتم فقدها في عملية التبريد بواسطة التبخير أو بواسطة القطيرات التي يتم تصريفها إلى الخارج يتم تعويضها من المصدر الرئيسي.

- **أبراج السحب الميكانيكي** Mechanical draught towers

أبراج السحب الميكانيكي توفر السحب الضروري للهواء بواسطة المروحة والهواء يمكن سحبه مثل ما في نوع السحب المستحث أو المنصرف كما في أنواع السحب الجبري. وفي كلا النوعين نجد أن الهواء الذي يغادر يكون ساخن وتقريباً يكون مشبع ومياه المكثف التي تعطي حرارتها إلى الهواء تكون مبرده. وبسبب السحب الميكانيكي تتجه قطيرات الماء للإندفاع خارج البرج ولذلك يجب تركيب مزيل رذاذ، وأبراج السحب الميكانيكي موضحة في شكل (46) ، (47). هذه الأبراج تكون أصغر من أنواع السحب الطبيعي ويمكن إستخدامها في الداخل مثل ما تستخدم في الخارج. ويمكن استخدامها للدوائر الأكبر بكثير.



شكل (46) برج تبريد سحب طبيعي
(A) رسم تخطيطي ، (B) منظر من خارج المبنى

• سعة المكثف Condenser Capacity

عندما يقوم الصانع بتصميم المكثف فإنه يجب أن يعمل على الوصول إلى المبادئ العلمية الفعلية. ومهندس الخدمة يجب أن يكون على دراية بتلك الأساسيات العلمية إذا كان يرغب في الدراية الشاملة بالتبريد. وسعة المكثف (Q) وهي المعدل بالوات والتي تكون عندها الطاقة الحرارية الموصلة خلال جدران المعدن للمكثف هي إعتبار

هام في تصميم المكثف مثل الذي يكون في المبخر. والفرق بين الحالتين الذي يكون في المكثف هو أن الحرارة تنتقل إلى الخارج من وسيط التبريد بينما مع المبخر فهي تنتقل في الإتجاه المضاد. ومع ذلك فإن هذا يجعل عدم وجود فرق لإنتقاء المادة والتي غالباً تكون نحاس أو صلب في كلا الحالتين بالرغم من أن الألومنيوم المستخدم للمبخرات في الثلاجات المنزلية. وسعة المكثف Q لها إرتباط بخصائص المكثف بالمعادلة الآتية:

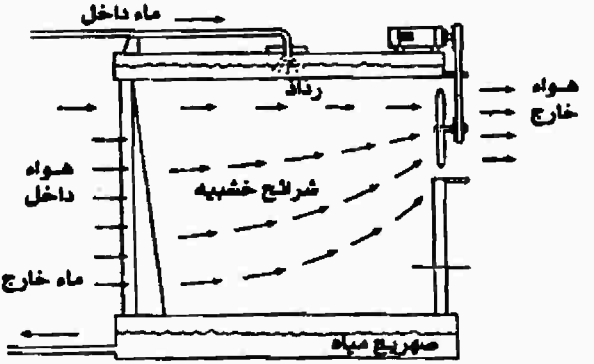
$$Q = A \times U \times TD$$

حيث أن:

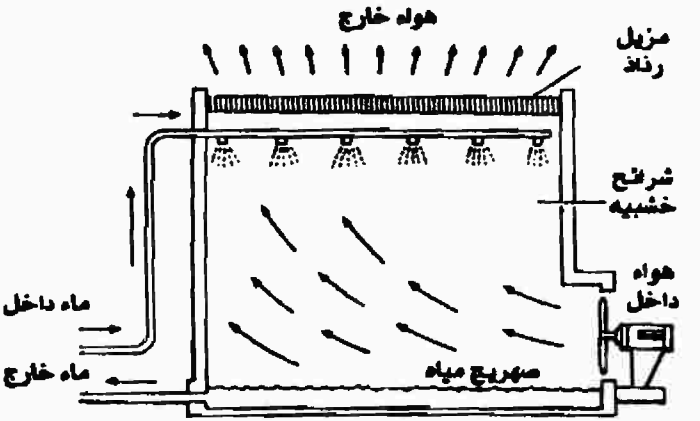
A = مساحة سطح المكثف الذي يتلامس مع وسيط التكثيف وتقاس بالمتر المربع m2.

U = معامل الموصلية الكلية (W/m2.K). ويعتمد على المعدن المستخدم للإنشاء وحالة وسيط التبريد (سائل أو بخار) ووسيط التكثيف (هواء أو ماء) وسرعة حركته.

TD = فرق درجة الحرارة المتوسطة الفعال بين وسيط التبريد في المكثف ووسيط التكثيف.



شكل (47) برج تبريد سحب مستحث



شكل (48) برج تبريد السحب الجبرى

- صيانة المكثف Condenser maintenance

المكثفات التي تبريدها بالهواء والتي تعمل بالحمل الطبيعي يلزم لها صيانة بسيطه ولكن تلك التي لها أسطح خارجية مزعنفة يلزم لها عمل فحص دوري من حيث تراكمات الشحم والأتربة. والشحم والأتربة لهم تأثيران هما: لا يستطيع الهواء أن يتحرك بحرية لفترة طويلة حول السطح المزعنف بحيث أن الحرارة لا تنتقل بالحمل بطريقة صحيحة وينخفض التوصيل من خلال جدار المكثف لأن الأتربة والشحم تعتبر موصلات ضعيفة.

وتراكمات الشحم والأتربة يمكن إزالتها عن طريق التنظيف بواسطة موائع التنظيف وعلى سبيل المثال هي الكيروسين والبرافين والكيروسين يذيب الشحم الذي ممسك في الأتربة في مكانه ولكن له عيب وهو أنه يترك خلفه طبقة رقيقة على سطح المكثف.وهذا أيضاً يجب تنظيفه.

والمكثفات ذات الحمل الجبري يتم صيانتها بنفس الطريقة التي في أنواع الحمل الطبيعي ما عدا التي لها ريش زعنفيه يجب تنظيفها بالطريقة المشروحه أعلاه. وبالإضافة إلى ذلك يجب التزليق لمحامل الموتور الذي يدير المروحة وبصفة دورية.

- **ملخص ما سبق:**

(1) المكثف هو جزء من دائرة التبريد والذي فيه يتم تكثيف بخار وسيط التبريد.

(2) المكثفات التي تبرد بالهواء يمكن تبريدها إما طبيعياً أوبواسطة مروحه وهناك أنواع لوحية ومزعنفة.

(3) المكثفات التي تبرد بالماء يمكن أن تكون ذات أنبوب مزدوج أو جدار مع ملف

أو جدار مع أنبوب.

(4) المكثفات التبخيرية تستخدم كل من الهواء والماء من أجل تكثيف وسيط التبريد.

(5) أبراج التبريد تحافظ على إمداد ثابت من الماء البارد للمكثفات المبرده بالماء وهناك تصنيفين: هما السحب الطبيعي والسحب الميكانيكي.

$$Q = A \times U \times TD \quad (6)$$

حيث أن:

Q = سعة المكثف بالوات (W)

A = مساحة بالمتر المربع.

U = معامل الموصلية (W/m^2K)

TD = درجة الحرارة المتوسطة الفعالة م°.

(7) بالنسبة للصيانة فإن المكثفات يجب أن تبقى نظيفه للتأكيد على التوصيل الحراري الجيد كما يجب إزالة الطبقات الجيرية أيضاً.