وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

الجامعة التقنية الوسطى

معدات التصفية والمعالجة

كتاب منهجي لطلبة تقنيات مشاريع المياه

أعداد

أحلام عبد الرحيم فرحان	الدكتور عمر خليل أحمد	عيدان ابراهيم غضبان
أستاذ مساعد	أستاذ مساعد	مدرس
معهد التكنولوجيا / بغداد	المعهد التقني / الحويجة	المعهد التقني / الحويجة

2017

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

بتكليف من هيئة التعليم التقني بإعداد كتاب منهجي لتدريس مادة " معدات تصفية ومعالجة المياه" في معاهد الهيئة لفرع تقنيات تشغيل مشاريع المياه، تم إعداد هذا الكتاب.

لقد رتبت فصول الكتاب اذ تشمل المواضيع الخاصة بمعدات التصفية ومعالجة المياه وحسب المنهاج المقرر من قبل الهيئة مع مواضيع أخرى إضافية على المنهج لزيادة الفائدة العلمية نظراً لأهمية تلك المواضيع، وقد اعتمدت مصادر عربية وأجنبية في إعداد هذا الكتاب، مع الاستفادة مما نشر في شبكة المعلومات العالمية (الانترنيت) لزيادة الوعي العلمي لدى الطلبة .

اعُد الكتاب الحالي باستخدام النظام العالمي للوحدات ويمكن استخدام الكتاب مصدرا للمهندسين المختصين بحقل معالجة المياه في الجامعات العراقية كافة.

لقد جاء هذا الجهد المتواضع وفاءاً لهذا الوطن، نسأل الله عز وجل ان يوفقنا لخدمته وكما هو مطلوب منا. ولا يسعنا إلا إن نتقدم بشكرنا وتقديرنا لكل من ساهم في إعداد مسودة الكتاب،و نقدم هذا الجهد إلى الطلبة الأعزاء ليكون احد الأسس في رفع المستوى العلمي لهم لمواكبة التقدم العلمي والصناعي العالمي. اذ يقدم هذا الجهد المتواضع قربى إلى الله عز وجل، نسأله سبحانه أن ينفع به طلاب ومهندسي العراق، آملين إن يحقق الكتاب الغرض الذي إعُد من اجله، إلا وهو مرضاة الله. .... ومن الله التوفيق .

المؤلفون

2017/اب/1

المحتويات

الموضوع	الصفحة
الفصل الأول ــ المضخات	1
1.1 المقدمة	1
2.1 تصنيف المضخات	1
3.1 المصطلحات الخاصة بالمضخات	2
4.1 مضخات الطرد المركزي	7
1.4.1 أجزاء مضخة الطرد المركزي	8
2.4.1 ملحقات المضخة الطاردة المركزية	13
3.4.1 نصب وتشغيل مضخات الطرد المركزي	14
4.4.1 العوامل التي يجب أخذها بنظر الاعتبار عند نصب المضخات	16
5.4.1 تهيئة المضخة	17
6.4.1 الأعطال والظواهر المحتملة في مضخات الطرد المركزي	19
7.4.1 السرعة النوعية للمضخات	20
8.4.1 خصائص مضخات الطرد المركزي	22
9.4.1 التكهف	23
10.4.1 أرتفاع السحب الصافي الموجب	24
11.4.1 منع التكهف	28
12.4.1 الربط بين المضخات	31
13.4.1 طرق الربط بين المضخة ومصدر القدرة	34
5.1 الأستقامة	35
6.1 المضخة المحورية	39

7.1 مضخات الجريان المختلط 39
8.1 المضخات العزمية (التوربينية) 40
9.1 المضخات المكبسية 43
1.9.1 عمل المضخات الترددية 45
2.9.1 حساب تصريف وقدرة المضخة الترددية 47
3.9.1 انزلاق المضخة الترددية 47
4.9.1 الفرق بين المضخة الطاردة المركزية والمضخة الترددية 48
10.1 مضخات ذات غشاء 48
1.10.1 المضخات الغشائية المدارة ميكانيكياً 49
2.10.1 المضخات الغشائية المدارة هيدروليكياً 50
11.1 مضخات العجلات المسننة 51
12.1 مضخة الرفع بالهواء 53
أمثلة محلولة 54
أسئلة الفصل الأول 57
الفصل الثاني ــ الصمامات 59
1.2 استعمالات وتركيب الصمامات 59
2.2 أنواع الصمامات 60
1.2.2 الصمام ألبوابي 60
2.2.2 الصمام الكروي 61
3.2.2 الصمام ذو المنظم 63
4.2.2 صمام الكـــــرة 63
5.2.2 صمام الفراشة 65
6.2.2 صمام عدم الرجوع (صمام الاتجاه الواحد) 65
7.2.2 صمام تصريف الهواء 67

8.2.2 صمام الأمان 67
9.2.2 الصمام الغشائي 68
أسئلة الفصل الثاني 69
الفصل الثالث ــ الأنابيـــب 70
1.3 مقدمة 70
2.3 أنواع الأنابيب 71
1.2.3 أنابيب الفخار 71
2.2.3 أنابيب الخرسانة العادية والمسلحة 71
3.2.3 أنابيب الألياف الزجاجية (الفايبرجلاس) 71
4.2.3 الأنابيب الحديدية 73
5.2.3 أنابيب البلاستيك 76
3.3 طرق ربط الانابيب 77
4.3 الطرق المائي 81
1.4.3 مفهوم ظاهرة الطرق المائي 82
2.4.3 طرق الحماية من المطرقة المائية 83
أسئلة الفصل الثالث 88
الفصل الرابع ــ التخثير والتلبيد وعملية الترسيب 89
1.4 المقدمة 89
2.4 أنواع المخثرات 90
3.4 عملية التخثير 90
1.3.4 إضافة جرعات المخثر 90
2.3.4 الخلط السريع 92
4.4 التلبيـــد 96
5.4 عملية الترسيب 99

6.4 أجزاء حوض الترسيب 99
1.6.4 المداخل والمخارج 99
2.6.4 القاشطات (الزحافات) 100
7.4 خزان تصريف الأطيان 103
8.4 الصيانة 103
أسئلة الفصل الرابع 104
الفصل الخامس ــ الترشيح 105
1.5 المقدمة 105
2.5 أنـــــواع المرشحـــات 105
3.5 مرشحات الجاذبية 106
1.3.5المرشح الرملي البطئ 106
2.3.5 المرشحات الرملية السريعة 107
3.3.5 تنظيف المرشحات الرملية السريعة 109
4.5 المرشحات الضغطية 111
5.5 الصيانة 112
أسئلة الفصل الخامس 113
الفصل السادس ــ التعقيم 114
1.6 التعقيم بالحرارة 114
2.6 التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية 114
3.6 التعقيم بالكلور 115
1.3.6 التعقيم بغاز الكلور 115
2.3.6 أجهزة أضافه الكلور 118
3.3.6 المخطط التكنولوجي لعملية التعقيم بالكلور 119
4.3.6 تعليمات للسلامة 121

4.6 التعقيم بالأوزون 122
أسئلة الفصل السادس 124
الفصل السابع ــ طبيعة الكهرباء 125
1.7 مكونات المادة 125
2.7 الشحنات الكهربائية 125
3.7 وحدات الشحنة 126
4.7 الخاصية الكهربائية للمواد 126
5.7 التيــار الكهربائــي 126
6.7 فرق الجهد 127
7.7 القوة الدافعة الكهربائية 127
8.7 القدرة الكهربائية 128
9.7 المقـاومـة الكهربائية وقـانـون أوم 129
10.7 ربــط المقـاومـات 131
1.10.7 ربــط المـقاومات عـلى الـتوالي 131
2.10.7 قانون تـقسـيم الفولتــية 132
3.10.7 ربــط المقاومات على التوازي 135
4.10.7 قانون تـقسـيم الـتيـار 137
5.10.7 الــربط المـركب للمقاومات 139
11.7 المتسعة Capacitor 140
1.11.7 أنواع المتسعات حسب نوع المادة العازلة 140
2.11.7 أنواع المتسعات المستخدمة عمليا 141
3.11.7 وحدات المتسعة 142
4.11.7 سعة المتسعة 142
5.11.7 العوامل المؤثرة على سعة المتسعة 142

6.11.7 استعمالات المتسعة في الدائرة إلكترونية 143
7.11.7 طرق ربط المتسعات 144
أسئلة الفصل السابع 146
الفصل الثامن ـ المولدات والمحركات الكهربائية 147
1.8 المقدمة 147
1.1.8 أنواع الموا د المغناطيسية 149
2.1.8 خواص المغناطيس 149
أولاً : المولدات 150
2.8 القوة الدافعة الكهربائية الحثيــة 150
1.2.8 قاعـدة اليـد اليمنـى (للمولـدات) 151
3.8 مولـدات التيار المستمر (DC) 152
1.3.8 مبدأ عمل مولد التيار المستمر (DC) 152
2.3.8 خواص مولدات التيار المستمر 153
3.3.8 أجزاء ماكنة التيار المستمر 153
4.3.8 أجزاء العضو الثابت 154
5.3.8 أجزاء العضو الدوار 159
4.8 مولـدات التيـار المتنـاوب (AC) 163
1.4.8 تـركيب مولدات التيار المتناوب 163
2.4.8 تصنف المولدات حسب الجزء الدوار 167
3.4.8 تحديد الخلل والتصليح في مولدات التيار المستمر 168
4.4.8 دوائر التيار المتناوب ثلاثية الأطــوار 169
5.4.8 تشغيل المولدات على التوازي 171
ثانياً : المحركات 173
5.8 المحركات الكهربائية 173

1.5.8 محركات التيار المستمر 173
2.5.8 نظرية عمل المحرك 174
3.5.8 أنواع المحركات 175
4.5.8 أعطال المحركات أحادية الطور 177
5.5.8 المحركات الحثية ثلاثية الطور 178
6.5.8 مميزات المحركات الحثية 182
7.5.8 أعطال المحرك الحثي ومعالجتها 183
أسئلة الفصل الثامن 185
الفصل التاسع ـ المحولات 186
1.9أجزاء المحولة 186
2.9 مبدأ عمل المحولة 187
3.9 الملفات 187
4.9 نظرية عمل المحولة 188
5.9 أنواع المحولات 192
6.9 الطاقة المفقودة في المحول وكيفية الحد منها 195
7.9 التبريد 195
8.9 زيت المحولة 196
أسئلة الفصل التاسع 197
الفصل العاشر ـ اللاقـــط 198
1.10 تركيب اللاقـــط 198
2.10 طريقة (مبدأ) عمل اللاقـــط المغناطيسى 200
3.10 أصناف اللاقـــط 200
4.10 أعطال اللاقـــط وعلاجها 201
أسئلة الفصل العاشر 202

الفصل الحادي عشر ـ نظام السيطرة 203
1.11 أجزاء منظومة السيطرة 203
2.11 وحدة التحسس 204
3.11 جهاز تحسس الضغط 205
1.3.11 أنبوب بوردون 205
2.3.11 أنبوب بوردون ألزنبركي المتعدد اللفات ، والحلزوني 207
3.3.11 أجهزة قياس الضغط الغشائية 207
4.3.11 أجهزة قياس الضغط المنفاخية 208
4.11 أجهزة قياس منسوب (مستوى) السوائل 209
1.4.11 الاجهزة المرئية لقياس مستوى السائل 209
2.4.11 قياس المنسوب بوسائل الطفو 211
3.4.11 قياس المنسوب بالأجهزة الصوتية 214
5.11 أجهزة قياس تدفق السوائل 214
1. 5.11 عدادت الازاحة الموجبة 215
2. 5.11 العدادات التوربينية 217
3. 5.11 عدادات الكهرومغناطسية 217
4. 5.11 فينشوري 218
5. 5.11 صفيحة التضييق 219
6. 5.11 مقياس التدفق الاسطواني 219
6.11 لوحات السيطرة 220
1.6.11 السيطرة بالمرحلات (الريليات) 221
2.6.11 السيطرة بدوائر المنطق 223
3.6.11 السيطرة بالمسيطر المبرمج 223
7.11 أجهزة التنفيذ 225

8.11 اللاقـــط والمرحل الحراري 227
9.11 الـصيـــانة الوقائيـــة 229
أسئلة الفصل الحادي عشر 230
الفصل الثاني عشـر ـ القابولات الكهربائية 231
1.12مقدمة 231
2.12 تركيب الكابلات الكهربائية 232
3.12 تصنيف الكيابل الأرضية 236
4.12 طرق مد الكيابل الأرضية 237
5.12 صيانـــة الكيابل الأرضية 238
1.5.12 تحديد الأعطال في الكيابل الأرضية 239
2.5.12 إجراءات الصيانة للكيابل الأرضية 239
أسئلة الفصل الثاني عشر 240
الفصل الثالث عشـر ـ ضواغط الهواء 241
1.13 مقدمة 241
2.13 تركيب وانواع ضاغطات الهواء 241
1.2.13 الضواغط الحجمية أو ذات الإزاحة الموجب 242
2.2.13 الضواغط الحركية 246
3.13 الصيانـــــة 249
أسئلة الفصل الثالث عشر 250
الملحقات 251
المصادر 254

الفصل الأول

1. المضخات (pumps)

1.1 المقدمة Introduction:

المضخة (Pump) يمكن أن تعرف بأنها آلة ميكانيكية تستخدم لرفع السائل من منسوب منخفض إلى منسوب مرتفع، إذ أن المضخة تقوم بتحويل الطاقة الميكانيكية من مصدر خارجي إلى طاقة حركية للمائع الذي يجري في الأنبوب، ويمكن تعريف عملية الضخ بأنها إضافة طاقة إلى السائل كي يتحرك من موضع الى آخر اذ أن الطاقة هي القدرة على انجاز شغل. إن أول استخدام للمضخات كان من أجل رفع المياه من منسوب إلى آخر لاستخدامها في عمليات الري. ظهرت المضخة في بلاد الرافدين على شكل نقوش أكادية للشادوف الذي كان يتألف من محور خشبي طويل يعلق هذا المحور على هيكل خشبي في نقطة ارتكاز تقع في خمس هذا المحور. يعلق في الطرف الأطول دلو و في الطرف الأقصر ثقل من الحجارة. وهكذا ينزل مستخدم الشادوف الدلو إلى الساقية لملأه بالماء ليقوم الثقل الموازن برفعه و إفراغه في المكان المناسب. وكذلك هناك صور اخرى للضخ ظهرت في حضارات وادي النيل والهند وغيرها .

2.1 تصنيف المضخات Classification of Pumps :

المضخات بجميع أنواعها تصنف ضمن مجموعتين رئيستين:

1. **المضخات الدورانية** Rotary pumps وتشمل:
   1. المضخات الطاردة المركزية (الانتباذية) Centrifugal pumps
   2. المضخات المحورية Axial flow pumps
   3. مضخات الجريان المختلط Mixed flow pumps
   4. المضخات العزمية Turbine pumps
2. **المضخات ذات الإزاحة الإيجابية(الموجبة)** Positive displacement pumps وتشمل:
   1. المضخات الترددية Reciprocating pumps وتشمل :
      أ. المضخات ذات المكبس (Piston) أو غطاس(Plunger).

ب. المضخات ذات الغشاء (Diaphragm).

2. المضخات الدوارة وتشمل :

أ. الترسية Gear pump.

ب. مكبسية Piston .

ت. حلزونية Screw .

ث. ذات الريش المنزلقة Sliding vane rotary pump

والفرق الرئيس بين المضخات ذات الإزاحة الموجبة والمضخات الدورانية يكمن في إن الأولى ترفع حجما معينا خلال مدة معينة ثم يتوقف رفع السائل لمدة أخرى أثناء دورة تشغيل واحدة، بينما ترفع المضخات الدورانية تدفقا حجميا مستمرا للسائل.سوف نتناول في هذا الكتاب بعض من هذه المضخات التي غالبا ما تستخدم في محطات التصفية والمعالجة .

3.1 المصطلحات الخاصة بالمضخات Pumps terminology :

1. معدل تصريف المضخة Pump volume flow rate (Discharge) :

يعرف بأنه حجم السائل الذي تدفعه المضخة في وحدة الزمن ويمكن تقديره عملياً بقياس الزمن اللازم لملئ حجم معين بالسائل الخارج من المضخة ثم قسمة الحجم على الزمن ووحداته هي متر مكعب لكل ثانية (م^3 / ثا) أو لتر لكل ثانية.

$$\mathbf{Q} = \frac{\boldsymbol{V}}{\boldsymbol{t}} \qquad \ldots\ldots(1\text{-}1)$$

Q : معدل التصريف m^3 / sec

V : حجم السائل بوحدة المتر مكعب (m^3).

t : الزمن بالثانية (s).

2. السرعة Velocity **:**

هي المسافة التي تقطعها كتلة متناهية الصغر من السائل خلال مدة زمنية معينة وتقاس بوحدة متر لكل ثانية (m/s) يمكن حسابها كما يأتي :

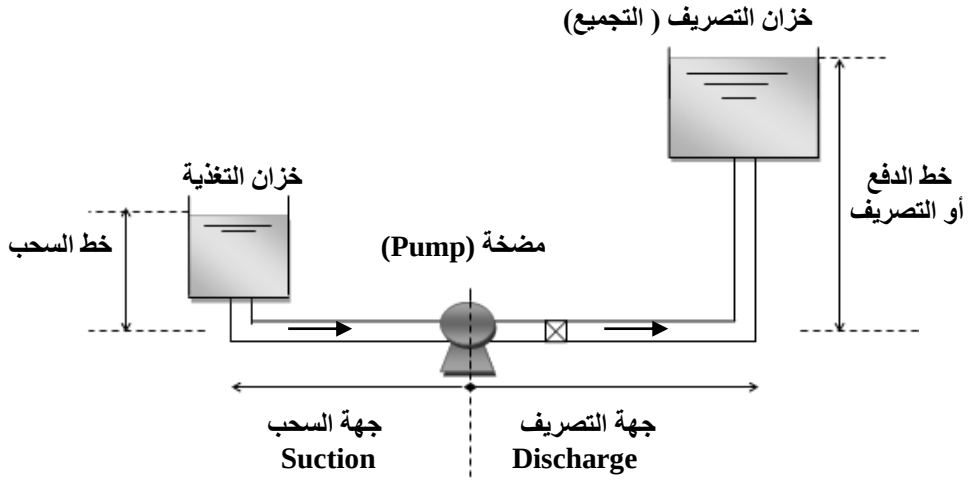
$$v = \frac{Q}{A} \qquad \ldots\ldots (2\text{-}1)$$

v : السرعة (m/s)

Q : تدفق السائل بوحدة المتر مكعب في الثانية (m^3 / sec) .

A : مساحة المقطع العرضي للأنبوب الناقل للسائل بالمتر المربع m^2 .

3. **الشحنة** Head **:** هو العلو الذي ينبغي للمضخة أن تعمل لبلوغه وقد يؤدي عدم تحديد الشحنة (Head) بصورة صحيحة إلى الحصول على وحدة ضخ غير مناسبة في خصائصها للتطبيق. إن الشحنة الكلية التي تحققها المضخة تتضمن مكونات عدة وهي تمثل ظروف السحب والتصريف .ويوضح الشكل (1.1) منظومة ضخ مبسطة



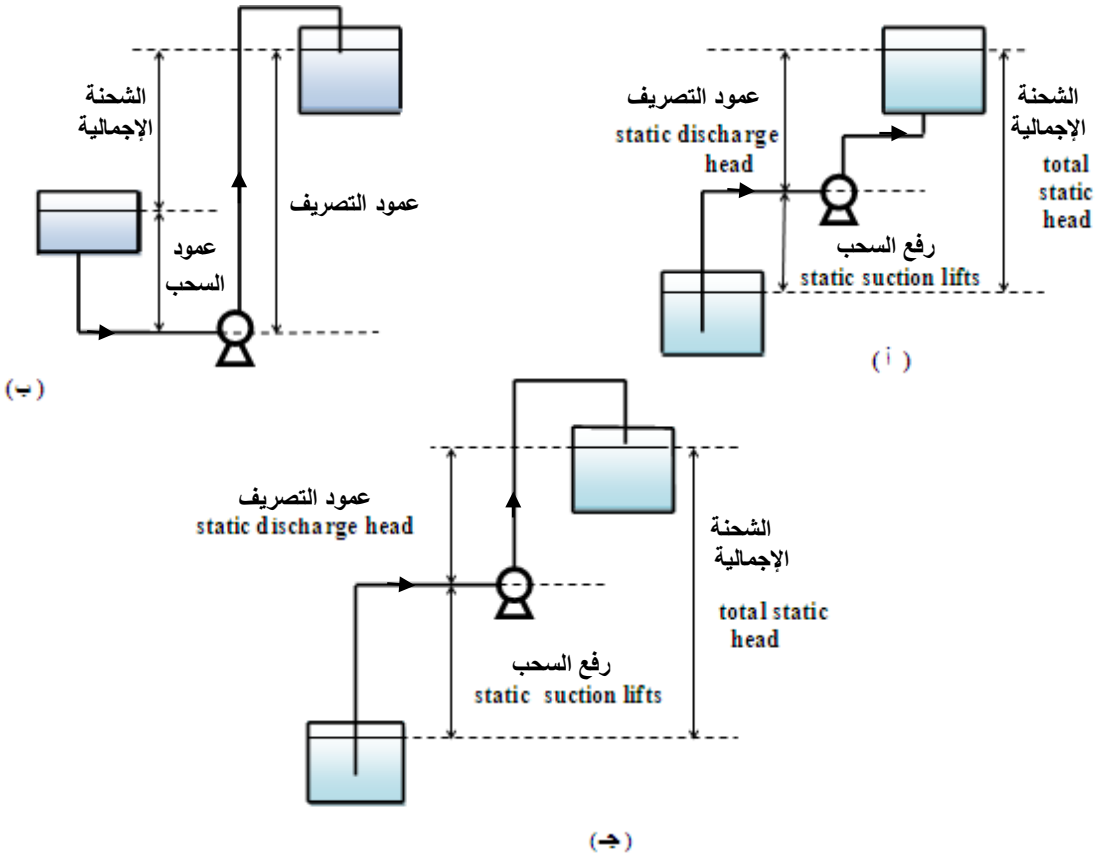
شكل (1.1) منظومة ضخ مبسطة

4. **عمود السحب الاستاتيكي** Static Suction Head **(h_s) :** هو المسافة الرأسية بين خط مركز المضخة وبين السطح الحر للسائل في خزان التغذية ، ويحدث عندما يقع مصدر التغذية فوق خط مركز المضخة

5. **رفع السحب الاستاتيكي** Static Suction lift **(h_{ss}) :** يعرف بأنه علو السحب السالب الاستاتيكي ، اذ يكون مصدر التغذية تحت خط مركز المضخة (كما في حالة رفع ماء البئر اذ تكون المضخة أعلى من منسوب الماء) ويتكون من المسافة الرأسية بين السطح الحر للسائل في مصدر التغذية وبين مركز المضخة الشكل (2.1 أ ، جـ) .

6. **عمود التصريف الاستاتيكي** Static Discharge Head **(h_{sd}) :** يتكون من المسافة الرأسية بين خط مركز المضخة وبين السطح الحر للسائل في خزان التصريف (خزان الدفع)أو إلى نقطة التصريف الحر .

7. **الشحنة الكلية الاستاتيكية** Total Static Head **:** ويتكون من المسافة الرأسية بين مصدر التغذية وبين السطح الحر للسائل في خزان التصريف أو إلى نقطة التصريف الحر عند أنبوبة التصريف. وعندما يكون مصدر التغذية له سطح كبير مثل البحيرة أو النهر يكون مستوى ثابتاً عند بدء عمل المضخة وعند توقفها، أما في الصهاريج العميقة فسوف يتغير سطح السائل والمنسوب عند نهاية التشغيل عما كان عليه قبل بدء التشغيل لذلك ينبغي أن تكون المضخة مصممة اذ تسحب الماء حتى عندما ينخفض المنسوب إلى أقل مدى ممكن . يوضح الشكل (2.1) أوضاع عمود السحب والتصريف وكيفية حساب الشحنة الإجمالية



شكل (2.1) الأوضاع المختلفة لموقع جزء السحب والتصريف

8. شحنة السرعة Velocity head**:** وهو العمود المناظر للضغط الذي يتحول إلى سرعة اندفاع الماء داخل الأنابيب أو نهاية الأنبوب وتعتمد قيمته على سرعة الماء في الأنبوب.

9 . فقد الاحتكاك أو شحنة الاحتكاك Friction head **:** هو الفقدان في الشحنة نتيجة الاحتكاك خلال سريان السائل أوالماء في المضخة والأنابيب الملحقة بها في خطي السحب والدفع ويمكن حسابه من المعادلة الآتية :

$$H_f = f \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \qquad \ldots\ldots (3\text{-}1)$$

H_f : الفقد بالشحنة نتيجة الأحتكاك

f : معامل الاحتكاك ويعتمد على نوع الجريان وخشونة السطح الداخلي للأنبوب.

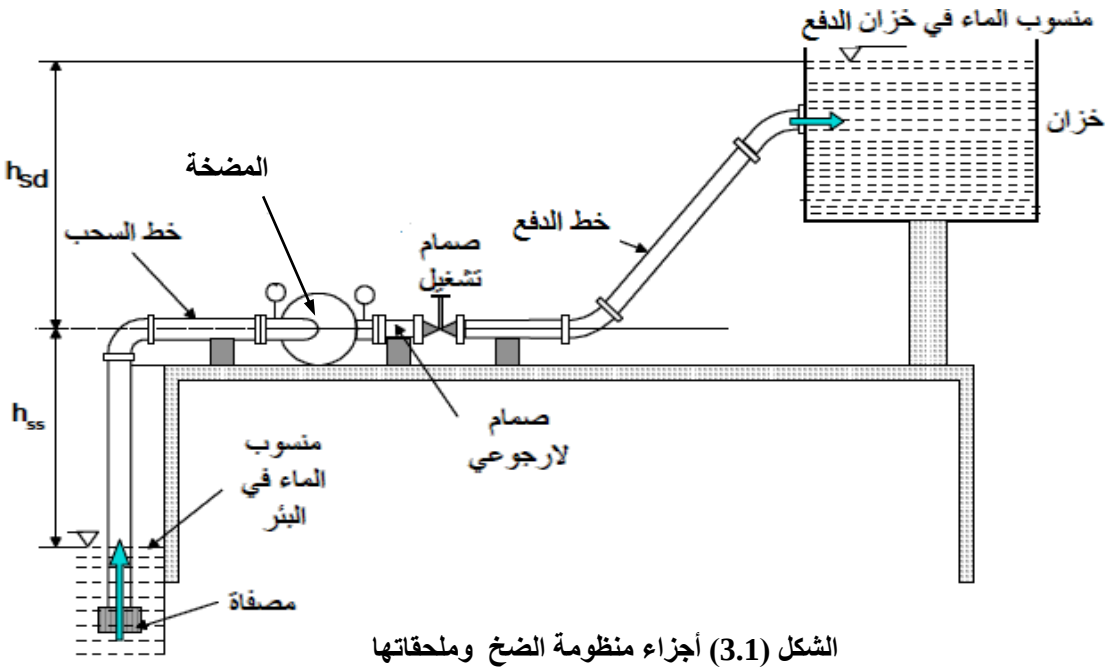
L : طول الأنبوب m.

D : قطر الأنبوب m.

V : سرعة الماء داخل الأنبوب m / sec .

g : التعجيل الأرضي $9.81\ m/sec^2$.

يوضح الشكل (3.1) مضخة وملحقاتها ابتداءاً من سحب الماء من النهر الى خزان التجميع .



الشكل (3.1) أجزاء منظومة الضخ وملحقاتها

10. قـدرة ضـخ الماء Water pumping power **:**

وهي الطاقة التي يكتسبها الماء نتيجة دفعه إلى مسافة معينة وتحسب من المعادلة الآتية:

$$P = \gamma\ Q\ H \qquad \ldots\ldots\ldots\ (4\text{-}1)$$

P : قدرة المضخة ($\frac{N.m}{\sec}$) ، watt (W) ، (KW) كيلوواط أو قدرة حصانية HP

γ : الكثافة الوزنية للسائل ($\rho . g$) وتساوي $9810\ N/m^3$ للماء.

Q : التدفق ألحجمي للسائل (m^3/s).

H : الشحنة الساكنة الكلية m.

اذ : $1\ kW = 1.341\ HP$

11. قدرة المضخة الفرملية Pump brake power :

هي القدرة اللازمة لتشغيل المضخة ، وهي تزيد عن قدرة ضخ الماء بمقدار الاحتكاك داخل الأجزاء المتحركة بالمضخة.

12. كفاءة المضخة Pump efficiency **:**

وهي نسبة قدرة السائل (القدرة الخارجة) إلى القدرة الفرملية (القدرة الداخلة)، أي إنها تساوي:

$$\eta_{pump} = \frac{\gamma\ Q\ H}{P_b} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ (5\text{-}1)$$

أذ أن P_b (القدرة الفرملية) القدرة الداخلة للمضخة وهي القدرة اللازمة لتشغيل المضخة وتزيد عن قدرة ضخ الماء بمقدار القدرة اللازمة لمقاومة الاحتكاك داخل منظومة الضخ.

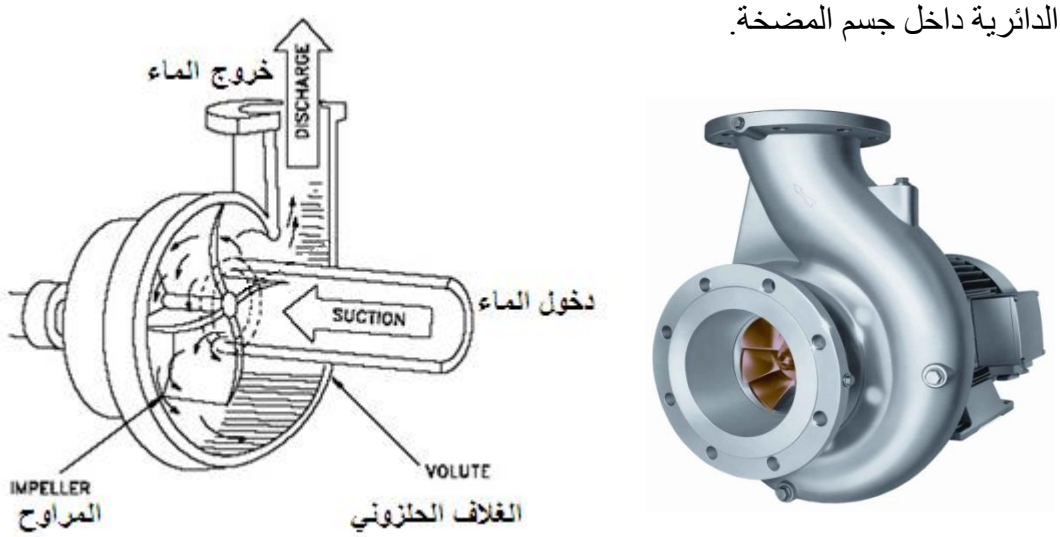
- **المضخـــات الدورانيـــــة Rotary pumps وتشمـل** :

4.1 مضخات الطرد المركزي Centrifugal pumps :

تعد مضخات الطرد المركزي أو الأنتباذية من أكثر أنواع المضخات انتشاراً في العالم لما لها من مزايا وهي أيضاً أكثر الأنواع انتشاراً في بلدنا تصنع محلياً ،أدواتها الاحتياطيـة متوافرة وسهلة التشغيل ومن أهم مزاياها :

1. سهولة تركيبها و صيانتها.
2. تصريفها العالي .
3. تتجاوب مع السرع العالية .
4. كفاءتها عالية .
5. يمكن استخدامها للمياه العكرة (المياه الخابطة).

تعتمد فكرة عمل المضخة الطاردة المركزية والموضحة بالشكل (4.1) على أن جزيئات الماء تكتسب طاقة في صورة ضاغط سرعة نتيجة لقوى الطرد المركزي المتوالدة عن الحركة الدائرية داخل جسم المضخة.



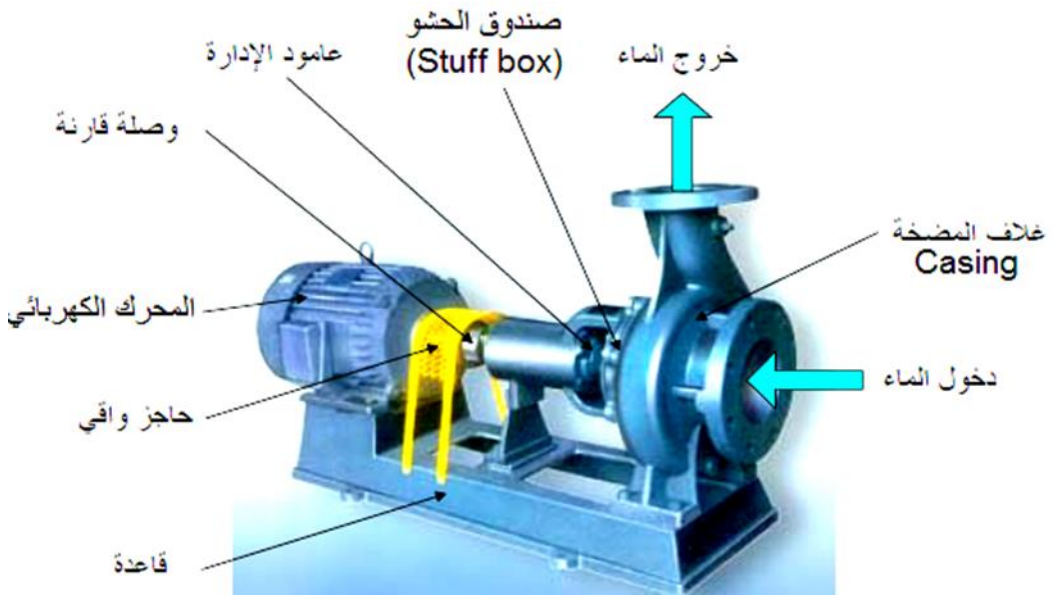
شكل (4.1) الجريان في المضخة الطاردة المركزية

عند تشغيل المضخة (بعد تهيئتها) تعمل الريش المربوطة مع عمود الإدارة على طرد الماء نحو الخارج (بالاعتماد على ظاهرة الطرد المركزي) باتجاه غلاف المضخة وان طرد الماء من فتحة

الخروج سوف يؤدي إلى تخلخل الضغط داخل جسم المضخة ومن ثم إلى سحب دفعات أخرى من الماء وإدخاله داخل جسم المضخة وهكذا تستمر العملية في سحب ودفع للماء إلى الخارج.

1.4.1 أجزاء مضخة الطرد المركزي Parts Centrifugal Pump :

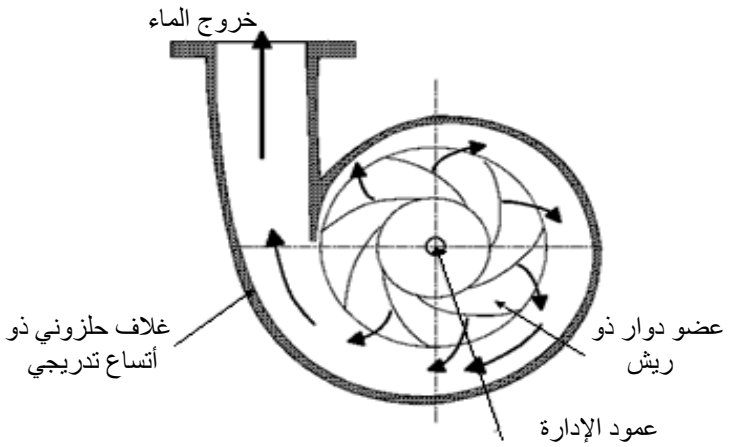
إن أهم أجزاء المضخة الطاردة المركزية البسيطة والموضحة بالشكل(5.1) هي :



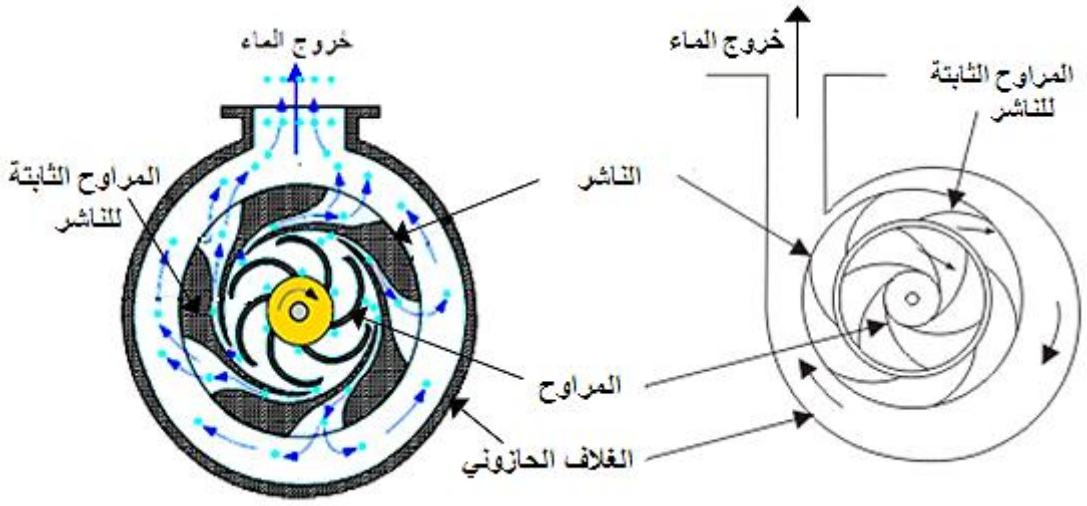
الشكل (5.1) شكل للمضخة الطاردة المركزية وملحقاتها

1. الغـلاف Casing

يتكون الغلاف من قطعتين من حديد الزهر يربطان ببعضهما بوساطة براغي وفائدة ذلك تسهيل إخراج البشارة لغرض صيانتها أو أستبدالها عند الحاجة. ويحتوي على حشوه بين القطعتين لإتمام غلق الغلاف بشكل محكم. وعند تصميم المضخة يجب الأخذ بنظر الاعتبار توازن المضخة وذلك لاختلاف الضغط عند دخول الماء وخروجه من المضخة. قد يكون شكل الغلاف حلزوني Volute أو ناشر Turbine . يكون الغلاف الحلزوني (شكل6.1) بشكل حلزوني ويبدأ بمسافة مقطع عرض صغير قرب محيط البشارة وتزداد الفتحة تدريجياً إلى فتحة التصريف والغرض من ذلك هو تقليل سرعة الماء وزيادة الضغط . أما النوع الناشرdiffuser فتحاط البشارة بريش شعاعيه لها فتحات صغيرة قرب البشارة وتكبر تدريجياً نحو الخارج اذ تدفع السائل إلى الغلاف إلى حين خروجه من فتحة التصريف كما في الشكل (7.1) .



الشكل (6.1) النوع الحلزوني للغلاف



الشكل (7.1) غلاف من النوع الناشر

2. البشارة أو المراوح Impeller

تصمم البشارات في الوقت الحاضر بأنواع وإحجام مختلفة وحسب الغرض من الاستعمال وان تصميم البشارة هو من الأمور المهمة للحصول على إنتاج مرضٍ واقتصادي. وعلى العموم فأن هناك ثلاث أنواع من البشارات كما في الشكل (8.1) .

أ. البشارات المفتوحة Open impellers **:**

تتلاءم هذه البشارات مع المياه التي تحتوي على دقائق غرين أو أية عوالق أخرى . ويمكن الحصول على كفاءة عالية لهـذه البشارات تحت ظروف خاصة وذلك عن طريق عمـــل

انحناءات مناسبة لزعانف البشارة وتقليل المسافة الجانبيـــة للبشارة مـــع الغلاف. وان استعمالات البشارة المفتوحة هو للحصول على كمية ماء كبيرة لارتفاعات منخفضة.

الشكل (8.1) أنواع البشارات

ب. البشارات شبة المفتوحة Semi open impellers **:**

تمتاز البشارات شبه المفتوحة باحتوائها على غطاءٍ أو جدارٍ جانبي من جهة واحدة فقط. تستعمل البشارة شبه المفتوحة في المياه الصافية والمياه التي تحتوي على عوالق قليلة .

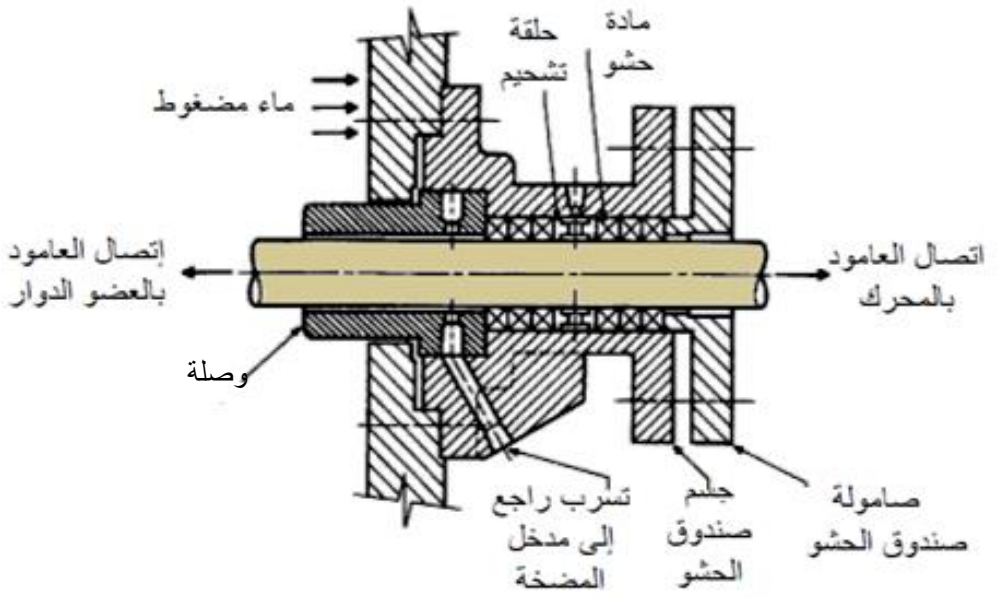
ج. البشارة المغلقة Closed impeller **:**

تكون البشارة مغلقة بين غلافين ولا يمكن مشاهدة الريش من الجوانب وهذه تستخدم في المياه الصافية وتكون كفاءة هذه المضخة عالية ولكن كلفتها الابتدائية عالية أيضاً.

فضلاً عن ذلك فأن تصميم البشارات يختلف من حيث عدد الريش اذ إن البشارات تحتوي على 1- 8 ريش. وعدد الريش يختلف بإختلاف تصميم المضخـة والغـرض منها، فمثلاً في حالة السوائل المحتوية على عوالق كثيرة والمستخدمة في المعامل الصناعية تحتوي على ريشة واحدة.

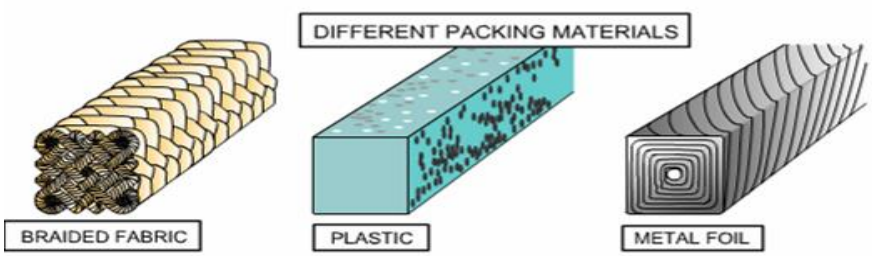
3. صندوق الحشو Stuffing box :

أثناء تشغيل المضخة فإن العضو الدوار (البشارة) عادة يكون مغمورا بالماء، علاوة على انه يأخذ حركته من عمود إدارة تنفذ إحدى نهايتيه من خلال غلاف المضخة ولذلك يجب أن تكـــون هناك وسيلة لمنع تسرب الماء من حول هذا العمود (الشكل (9.1)). تمنع التسرب وسائل عديدة من أهمها صندوق الحشو وهو جسم ذو تجويف اسطواني بقطر اكبر من قطر العمود يحيط به فراغ يملئ بمادة الحشو ثم تكبس هذه المادة بقطعة اسطوانية، تركب من إحدى نهايتيه. يراعى عند وضع مادة الحشو أن تحشر في مكانها دون ضغط عالٍ وذلك لتفادي الضغط الزائد على المادة الذي يسبب احتكاكاً عاليا يؤدي إلى سخونة زائدة في عمود الإدارة، ولتحسين أداء صندوق الحشو يضاف إليه زيت من خلال حلقة تشحيم تركب في وسط مادة الحشو لتقليل الاحتكاك ومن ثم إطالة عمر مادة الحشو.



شكل (9.1) صندوق الحشو

ومن أنواع الحشوات ، الاسبستوس المخلوط بالكرافيت ويكون من حلقات متتالية تضغط عليها بطانة الحشو والأخيرة تكون مشقوقة إلى نصفين ليسهل فكها واستخراج الحشو التالف ، واستبداله بأخر جديد دون التعرض لأجزاء المضخة ، ونـوع مـن الحشـو المعدني الذي يستخدم مع المضخات ذات الضغط العالي .الشكل (10.1) يوضح أشكالاً لأنواع مختلفة من الحشوات .



حشوة من الالياف المضفرة **حشوة بلاستيكية** **حشوة معدنية**

الشكل (10.1) انواع مختلفة من الحشوات حسب نوع المادة المصنوعة منها

4. كراسي التحميل Bearing **:**

اغلب المضخات مزودة بكراسي التحميل التي يستند اليها عمود الإدارة المرتبط بالبشارة . الكراسي قد تكون من صف واحد من الكرات ذات الأخاديد العميقة أو زوج من الكرات ذات الأخاديد العميقة لتتحمل الحمل المحوري والدافع من جراء دوران عمود الإدارة والبشارة (شكل (11.1)). ومن الضروري عدم تداخل السائل المنقول (الماء أو أي سائل أخر) مع زيت الصندوق وعدم وصول السائل إلى داخل كراسي التحميل وذلك بوجود حشوات تمنع وصول السائل إلى كراسي التحميل .

الشكل (11.1) أنواع مختلفة من كراسي التحميل

5. عمود الإدارة Shaft **:**

أعمدة الإدارة المستخدمة في المضخات هي الأعمدة التي تستند لها جميع الأجزاء بشكل محكم مثل الكراسي والحشوات والبشارة ... الخ ويجب أن تتوافر في الأعمدة شروط المتانة ولا تتفاعل مع السوائل المراد نقلها.

2.4.1 ملحقات المضخة الطاردة المركزية Centrifugal pump accessories :

تربط مع المضخة الطاردة تركيبات لإكمال عمل المضخة كملحقات وهي:

1. المصفى Screen **:**

يستخدم المصفى لتجنب سحب مواد غريبة مثل الأدغال والأوساخ والحصى أو إي مواد أخرى قد تؤدي إلى توقف المضخة وربما كسر عدد من ريشها ويوضع في نهاية أنبوب السحب.

2. الصمام ألقدمي Foot valve:

يستخدم هذا الصمام للحفاظ على جسم المضخة وأنبوب السحب مملوءين بالماء عند إطفاء المضخة، اذ يسمح بمرور الماء باتجاه ولا يسمح له بالرجوع الى المصدر.

3. أنبوب السحب Suction pipe **:**

يستخدم أنبوب السحب مع المضخة الطاردة المركزي وذلك لسحب الماء من المصدر ويتطلب ذلك غمر نهايته في الماء ويستحسن ان يكون مصدر الماء قرب المضخة ويفضل عدم وجود الالتواءات، لان ذلك يؤثر بشكل كبير على أداء المضخة.

4. أنبوب الدفع (التصريف) Discharge pipe **:**

يفضل أن يكون أنبوب الدفع قصيراً وخالياً من الالتواءات والإضافات قدر الإمكان وذلك لتقليل الاحتكاك.

5. أجهزة القياس Measuring devices **:**

لحماية المضخة أثناء عملها لابد من وجود عدد من أجهزة القياس تركب في المضخة أو في لوحة توزيع قريبة منها أو بعيدة عنها في غرفة المراقبة اذ يمكن قراءتها ومتابعتها للاطمئنان عن حسن أداء المضخة، فإذا اختلفت قراءة هذه الأجهزة عن الحالة الطبيعية للمضخة فيجب إيقافها فوراً والبحث عن سبب الخلل، ويتم في هذه المقاييس قياس :

1- **السرعة :** تستخدم عدادات السرعة لقياس السرعة وهي تقرن عادة مع عمود مضخة ، وقد تستعمل العدادات الكهربائية إذا تطلب الأمر وجود الأجهزة في غرفة المراقبة .

2- **الضغط :** يربط مقياس بوردن في كل من أنبوبي السحب والتصريف، ويمكن استخدام طريقة كهربائية لنقل قراءة الضغط إلى لوحة التوزيع في غرفة المراقبة .

3- **التصريف :** توجد طـرق عـــدة لقياس التصريف منها استخدام عدادات الميـاه المعروفة لقياس حجم السائل المار خلالها في زمن محدد باستخدام ساعـة توقيت أو استخدام مقياس فينـشـوري .

4- **درجـة الحرارة :** يستخدم مقياس ثرموميتر لقياس درجة حرارة كراسي التحميـل ومياه التبريـد .

6. المحركات Motors :

يعد المحرك جزءاً مكملاً وملازماً للمضخـة فهو مصدر القدرة الميكانيكية لها التي يتم تحويلها إلى قدرة هيدروليكية ، وأغلب المضخات الأنتباذية تدار بمحركات كهربائية تربط مباشرة أو تعشق بمسننـات مع المضخة، وقد تكون المحركات بسرعة واحدة ثابتة، أو على سرعات مختلفة وحسب الاحتياج وقد تستخدم محركات الاحتراق الداخلي بدلاً عن المحركات الكهربائية لنقل القدرة الميكانيكية للمضخة وخاصة في المناطق البعيدة عن الشبكة الكهربائية وهي محركات تعمل بالديزل أو البنزين وخاصة مع المضخات المتنقلة كذلك تستخدم التوربينات البخارية مع المضخـات ذات السرعات العاليـة .

3.4.1 نصب وتشغيل مضخات الطرد المركزي Installation and operation of centrifugal pumps:

قبل نصب وتشغيل مضخات الطرد المركزي يجب فحص المضخة الطاردة المركزيـة وفحص المحرك الذي يدير المضخة وكما يأتي :-

1. التعرف على خلفية المضخة الطاردة المركزيـة ، يجب معرفـــة خلفية المضخة (تاريخ صنعها ومنشأها) ومدة التخزين ، وعند ذلك يمكن التعرف على كفائتها .

2. أن التخزين الرديء ولمدة طويلة يؤدي إلى مشاكل كثيرة في التشغيل منها التصاق بين البشارة والغلاف بسبب التأكسد فضلاً عن سرعة تآكل الأجزاء المتحركة .

3. فحص سلامة المضخة والمحرك اذ انه مـن المحتمل أن المضخة أو المحرك قد تعرضتا إلى الكسر أو كسر بعض أجزائها الملحقة أثناء النقل أو أن المحرك قـد تعرض إلى تشقق نتيجة تعرضه إلى برودة شديدة (الانجماد).

4. فحص الـــزيت داخـل الصندوق الصغير الخاص بكـــراسي التحميل والحشوات ويفضل استبداله في حالة تعرضه للتأكسد.
5. تدوير البشارة وملاحظتها فمن المحتمل ألا تدور لتعرضها للتأكسد مع الغلاف نتيجة التخزين الرديء أو وجود ماء في البشارة.
6. قراءة دليل المضخة والمحرك ودليل الصيانة الدورية قبل البدء بتشغيلها.
7. في حالة استلام المضخة وعدم الرغبة في تشغيلها أو نصبها يفضل حفظها في مكان جاف وداخل غرف، وإذا كان المكان رطباً يفضل تغليفها بغلاف يمنع دخول الرطوبة إلى المضخة.

مـن اجـل زيادة كفاءة المضخة وسهولـة تشغيلها وإجراء الصيانة لها بشكل مستمر هناك عوامل يجب أخذها بنظر الاعتبار عند نصب المضخات وهي :

1- أن تنصب المضخة قـرب المصدر المائي وذلك لزيادة كفـــاءة المضخة وإن أقصى سحب لمضخة الطرد المركزي هـو 8 متر عنـــد منسوب سطح البحر وإن زيادة طـــول أنبوب السحب يؤدي إلى استهلاك المحرك بسرعة كبيرة ، كما يجب دراســـة حالـة التربـة قبل النصب خوفاً مـــن انخفاض منسوب المضخة عند غرق المنطقة بالماء .

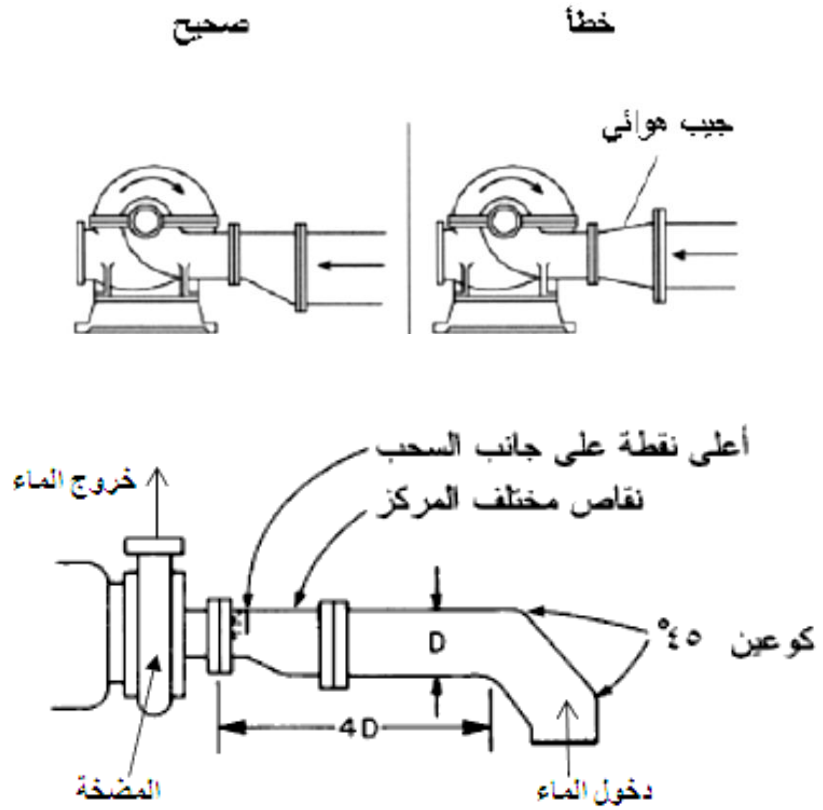
2- في بعض الأحيان تنصب المضخات تحت مستوى سطح الماء في مكان بعيد عن المصدر المائي ويتـم ذلك بحفر الأرض ونصب القواعـد ونصب المضخات وعمـل مجـرى يصل بين المضخات وتحت مستوى سطح الماء وفي هذه الحالة سوف يصل الماء إلى المضخات بسبب اختلاف منسوب الماء ومن ثم فان المضخات لا تحتاج إلى تهيئة .

3- اختيـار مكان مناسب لنصب المضخة كي لا تتجمع فيـه المياه بفعل الإمطار أو لأي سبب آخـر وتكـون الأرضية صلبـــة خرسانية ويسهل الوصـول إليها لإغراض رفعها ونصبها فضلاً عن التشغيل والصيانة والتصليح.
4- وفـي حالـة نصب مضخات كبيرة يجب توافـــر طريق يساعد على وصول الرافعات إليها بسرعة وسهولة .
5- لا يفضل وجود الالتواء في أنبوب السحب والدفع .

6- عند الحاجة الى تصريف كبير للمضخة مـن المفضل تقليل أنبوب الدفـع (التصريف) فكلما تكون الأنابيب طويلة تقل كفاءة المضخة وقدرتها.

7- لا يفضل وجـود الالتواء أو إقفال وصمامات كثيرة فـــي أنبوب الدفع لأنه يقلل مـن الدفع ومن ثم من التصريف .

8- وضع وتصميم توصيلات صحيحة في جانب السحب كما موضحة بالشكل (12.1).



الشكل (12.1) التوصيلات الموصى بها لجانب السحب عند تركيب المضخة الطاردة المركزية

4.4.1 تهيئة المضخة :

المضخة الطارد المركزية لا يمكن إن تعمل ما لم يكن أنبوب السحب وجسم المضخة مملوءان بالماء وبدونه فإن هناك خطورة على المضخة ينتج عن استهلاك سريع للحشوات وكراسي التحميل وهناك عدة طرق لتهيئة المضخة :

1. عن طريق السحب: اذ تزود قسم من المضخات بجهاز لسحب الهواء الموجود في أنبوب السحب وجسم المضخة مما يؤدي إلى صعود الماء في أنبوب السحب وامتلاء جسم المضخة بعد طرد الهواء.

2. عن طريق مضخة ترددية يدوية: تستخدم في هذه الحالة مضخة ترددية يدوية مربوطة إلى جسم المضخة وعند عمل هذه المضخة فسوف يرتفع الماء من مصدره إلى جسم المضخة ويجب قفل أنبوب الدفع وفتح فتحة التهوية لخروج الماء من جسم المضخة ومن أنبوب السحب.

3. ملئ المضخة مباشرة: وفي هذه الحالة يتم ملئ أنبوب السحب وجسم المضخة من إي مصدر للماء ويستلزم وجود صمام قدم أسفل أنبوب السحب لمنع خروج الماء وعودته للمصدر .

4. المضخات الذاتية التحضير: هناك تقنيات تسمح بتوقف المضخة عندما تفقد تحضيرها أو تهيئتها ويعمل الجهازعلى اعادة تشغيلها ذاتياً .

5.4.1 الأعطال والظواهر المحتملة في مضخات الطرد المركزي :-

تتعرض مضخات الطرد المركزي أثناء عملها المستمر إلى أعطال وهـذه الأعطال قد تكون ناتجة عن سوء استعمال المضخة أو سوء نصبها. وقد تحدث هـذه الأعطال فجأة . أحياناً تتعطل المضخة عــن العمل نهائياً مثال على ذلك كسر عمود الإدارة أو كسر الوصلة التي تربط بيـن عمود إدارة المضخة وعمود إدارة المحرك أو توقف البشارة عـن العمل ، قـد يظهر العطــل بشكل تدريجي وتستمر المضخة بالعمل مثال علــى ذلـك تسرب الماء من الحشوة أو ضعف ضغط الماء أو اهتزاز المضخة أو ارتفاع درجة حرارة كراسي التحميل، وفيما يلي بعض الأعطال المحتملة وأسبابها وعلاجها :

أ ـ المضخة لا تدفع السائل او الماء :

ويعود ذلك للأسباب الآتية:

1. عدم تهيئة المضخة (طرد الهواء)، اذ يجب أن نتأكد من تهيئة المضخة وإعادة تحضيرها مرة ثانية.

2. السرعة بطيئة ، في حالة كون مصدر القدرة للمضخة محرك كهربائي نتأكد من أن فرق الجهد الواصل 220 فولت أو 380 فولت. أما أذا كان المحرك (محرك احتراق داخلي) نتأكد من منظومة الوقود وإذا كانت تعمل بزيت الغاز نتأكد من عدم دخول هواء إلى منظومة الوقود ونعمل على زيادة سرعة المحرك حسب السرعة المقررة .
3. شحنة الارتفاع الكلي اكبر من الشحنة المصممة للمضخة. فيجب العمل ضمن تصميم المضخة .
4. رفع الماء عالٍ (أي طول أنبوب السحب أكثر من المقرر) اذ يجب التأكد من أن المسافة العمودية لانبوب السحب لا تزيد عن 9 م .
5. انسداد مجرى أنبوب السحب. بسبب وجود عوالق أو مواد غريبة أو حشائش تغلق مجرى المصفى أو أنبوب السحب. تزال الأوساخ أو الحشائش ويعاد تشغيل المضخة .
6. توقف البشارة بسبب وجود مواد غريبة. عند دخول مواد غريبة (حصو أو رمل) قد تدخل هذه المواد بين البشارة والغلاف مما يؤدي إلى توقف البشارة . يجب إطفاء المحرك حالاً وإزالة هذه المواد الغريبة .
7. الدوران بعكس الاتجاه. يحدث هذا عند تشغيل المضخة لأول مرة أو عند أعادة تصليحها وربطها مرة أخرى يجب ملاحظة المؤشر (السهم) الموجود على غلاف المضخة والتأكد من أن الدورات بالاتجاه الصحيح. وقد يكون بسبب صيانة خطوط التيار الكهربائي.
8. تسرب الهواء الى أنبوب السحب. يجب البحث عن التسرب اذ قد يكون هناك تسرب عند منطقة اتصال أنبوب السحب بالمضخة بسبب تلف الحشوة بين جزئي الغلاف.
9. تلف البشارة. تستبدل البشارة عند تكسر الريش أو جسم البشارة .

ب ـ فقدان الماء بعد التشغيل:

احتمال أن يكون أنبوب الرفع طويل نسبيا أكثر من 9 م أو تسرب الهواء إلى المضخة يتم تحديد العطل ومعالجته .

ج ـ المضخة تهتز:

بسبب عدم استقامة المضخة ، القاعدة غير مثبته بشكل جيد، عمود الإدارة به اعوجاج، كراسي التحميل مستهلكة ، ويتم فتح المضخة وموازنة عمود الإدارة أو تبديل كراسي التحميل .

د ـ المضخة تعمل تحت تحميل كبير :

قد تكون السرعة أكثر مـن المقرر أو أن المضخـة تضخ كمية كبيرة ،لزوجة السائل غير مطابقة للمواصفات المضخة يتم تحديد العطل ويعالج بتقليل سرعـة المضخة أو تقليل الضخ.

هـ ـ وجود حرارة زائدة في كراسي التحميل عند عمل المضخة :ـ

عنـد عـدم وصـول الزيت إلى كراسـي التحميـل أو كـون مواصفات الزيت غيـر مطابقـة للمواصفات الموصى بها من قبـل الشركة المنتجـة للمضخة أو وجود مـاء مع الزيت أو وجـود أوساخ تمنـع وصول الزيت إلى كراسي التحميل كذلك فـي حالة عدم استقامة المضخة يتم تبديل الزيت حسب المواصفات والتأكد من استقامة المضخة .

و ـ تأكل سريع لأجزاء المضخة الداخلية :ـ

هناك أسباب عـدة للتآكل السريع الذي يحدث في أجزاء المضخة من هذه الأسباب أن السائل بـه عوالق كثيرة تعمل علـى تخدش أجزاء المضخة وقد تعمل المضخة تحت شحنة ضغط عالية أو أنبوب سحب طويل نسبياً يتم تحديد العطل ومعالجته . وقد تكون المياه محملة بالملوثات التي تتفاعل مع هيكل المضخة .

6.4.1 تصليح مضخات الطرد المركزي :

تعتمد طريقة تصليح المضخات الطاردة المركزية على نوع المضخة وهل هي من النوع الأفقي أو ألعمودي ويجب الاطلاع علـى دليل تصليح المضخات المرفـق مـع المضخة وتتوقف خطوات التصليح علـى العطل الموجود في المضخة . ويتم أولاً فصل المضخة عن مصدر القدرة وفتـح صامولات البراغي التي تربط وصلـة الربط ويتم فتـح صامولات براغي قاعـدة المضخة ويتم رفعها عموديا إلى الأعلى ووضعها فـي مكان يسهل إجراء الصيانـة أو التصليح لها وقـد يجري التصليح قرب موقع المضخة أو قد نحتاج إلى نقلها إلى الجهات الخاصة التـي تقوم بتصليحها . أن مـن أكثر الاحتمالات التي تحدث في المضخات وتؤدي إلى عطل المضخة هي :

1ـ تلف الحشوات :

تؤدي هـذه الحالة إلى تسرب الماء إلى خارج المضخة ويتم فتح الحشوة المستخدمة في المضخات على الأغلب ويتم احكام هذه الحشوات عن طريق براغي و صامولات قـد تضغط هذه الصامولات والبراغي على الحشوة بشكل أفقي (باتجاه المضخة) بوساطـة شـد صامولات

البراغي ويجب عدم شدها بإحكام شديد جداً لأنه سوف يقرب الحشوة كثيراً باتجاه المضخة ومن ثم يؤدي أما الى تآكل الحشوة أو ارتفاع حرارة عمود المضخة والأجزاء المرتبطة بـه . أما تبديل الحشوة فيتم عـن طريــق فتح الصامولات واستخراج القطعة المعدنية التي تضغط على الحشوة ثم تستبدل بحشوة جديدة.

2- كراسي التحميل :-

لقد ذكرنا سابقا احتمال عطل كراسي التحميل وأسبابه ، لذلك عند عطل احد كراسي التحميل وعددها على الأغلب اثنان يتم فتح كرسي التحميل المتضرر وتبديله وطريقة فتحه تعتمد على نوع المضخة وتصميمها .

3- كسر البشارة :-

في هــذه الحالة لا بـد من فتح الغلاف بفك جميع البراغـي التي تربط بين جزئــي الغلاف واستخراج الحشــوة بينهمـا ويجب استبــدال بشـارة بأخــرى مــن النـوع نفسه ، تستخرج البشارة عـادةً عــن طريق فصلها عن عمود الإدارة اذ تكون مربوطــة به بوساطـــة صامولة أو باسلوب الضغط بوجود سداد محكم (Seal) يضغط على عمود الإدارة بوساطة ضاغطة.

4- كسر أو تشقق الغلاف :

يتم استبدال الجزء المكسور أو المتشقق بفتح الصامولات وفصل الجزأين.

ليست هناك طريقة واحــدة لتصليح المضخات ولا بد من أتباع دليل التعليمات لأنه قد تكــون هناك تعليمات خاصة بالمنتج . قـد يكون العطل ناتج مــن مصدر القدرة للمضخة وليس المضخة نفسها وقد تحتاج إلى فني مختص لغرض الإصلاح.

7.4.1 السرعة النوعية للمضخات Specific speed :

نظراً لتوافر أنواع عديدة من المضخات بإبعاد وسرعات لا حصر لها فمن الصعب اختيار المضخة المناسبة التي تعمل بكفاءة عالية عند مدى التشغيل المطلوب في تطبيق معين، لذا فقد تم تصنيف المضخات تبعاً للسرعة النوعية ويمكن من خلالها تحديد نوع وتصميم شكل مراوح المضخة المناسبة .

تعرف السرعة النوعية لمضخـة طاردة مركزية (أنتباذيـة) بأنها : سـرعة دوران المروحة التي تعمل بهـا المضخة لتصـريف متـر مكـعب خلال ثانية تحت عـلـو متـر واحـد ، وتحدد عادة

عند أحسن نقطة كفاءة للمضخة ،وللمضخات المتشابهة سرعة نوعية واحدة . ويمكن أيجاد السرعة النوعية للمضخة من المعادلة الآتية :

$$N_s = \frac{N \cdot \sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6\text{-}1)$$

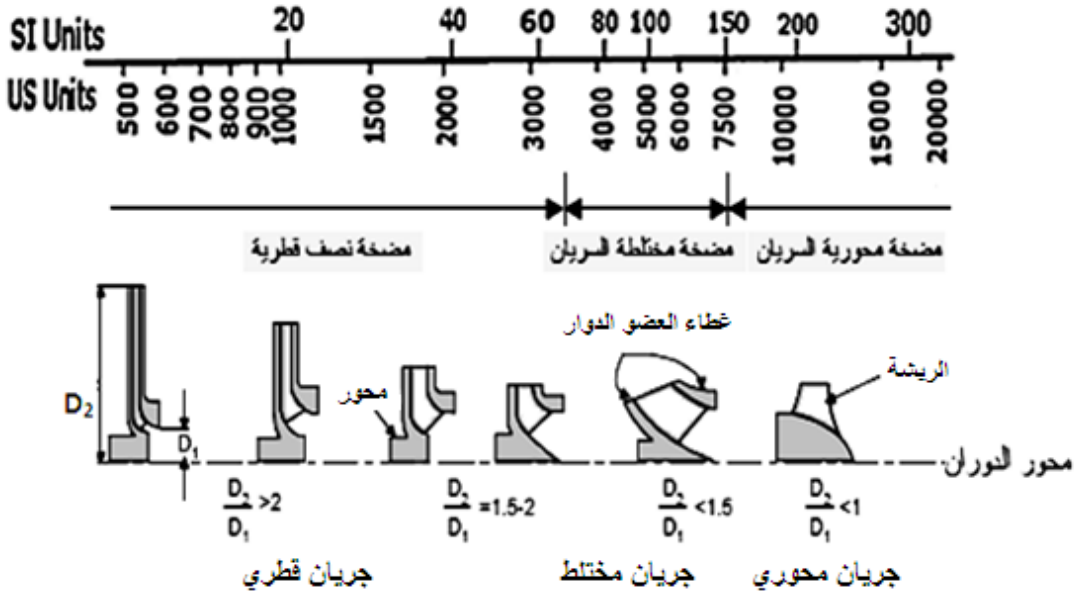
N_s السرعة النوعية لمضخة طاردة مركزية

N سرعة دوران المضخة دورة لكل دقيقة (r.p.m).

Q التدفق الحجمي الذي تضخه المضخة بوحدات (m^3/s)

H يمثل الشحنة الساكنة الكلية بوحدات m.

يوضح الشكل (13.1) أشكال وتصاميم المراوح مقابل قيمة السرعة النوعية للمضخة ونوع الجريان فيها. اذا كانت السرعة النوعية قليلة تعني جريان قطري وحجم المضخة كبير وكفأتها قليلة مع زيادة رقم السرعة النوعية يصغر حجم المضخة و تزداد كفاءتها لحد معين ، و تكون فائدة هذه المعادلة في حالة تشابه أشكال المضخات واختلاف أحجامها، في هذه الحالة يمكن استخدام السرعة النوعية لمعرفة نوع المضخة التي نحتاجها فضلاً عن الاستعانة بالمنحنيات ومعرفة التصريف وشحنة الارتفاع الكلي والقدرة الحصانية.



شكل (13.1) السرعة النوعية لأنواع مختلفة للمراوح في المضخات الانتباذية

مـثـــال :

أوجـد السرعة النوعية للمضخة طاردة مركزية عند تصـريف $Q = 750\ L / sec$
وتجهـز الماء بإرتفاع $h = 15\ m$ عندما تدور المضخة بسـرعة $N = 725\ r.p.m$ ؟

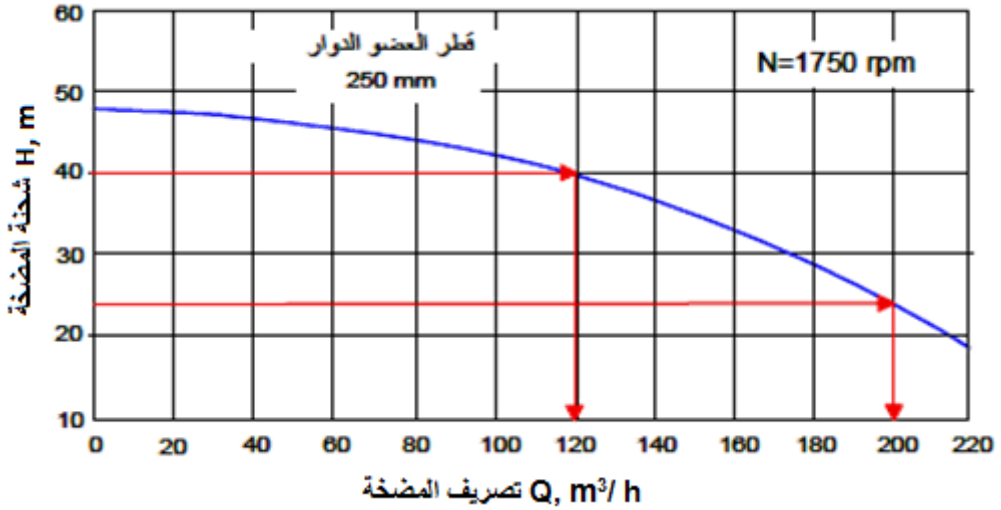
$$\frac{750}{1000} = 0.75\ m^3 / sec$$

$$N_S = \frac{725 \cdot \sqrt{0.75}}{(15)^{3/4}} = 82.4\ r.p.m$$

∴ نـوع المضخــة ذات الجريــان المختلـط Mixed – flow

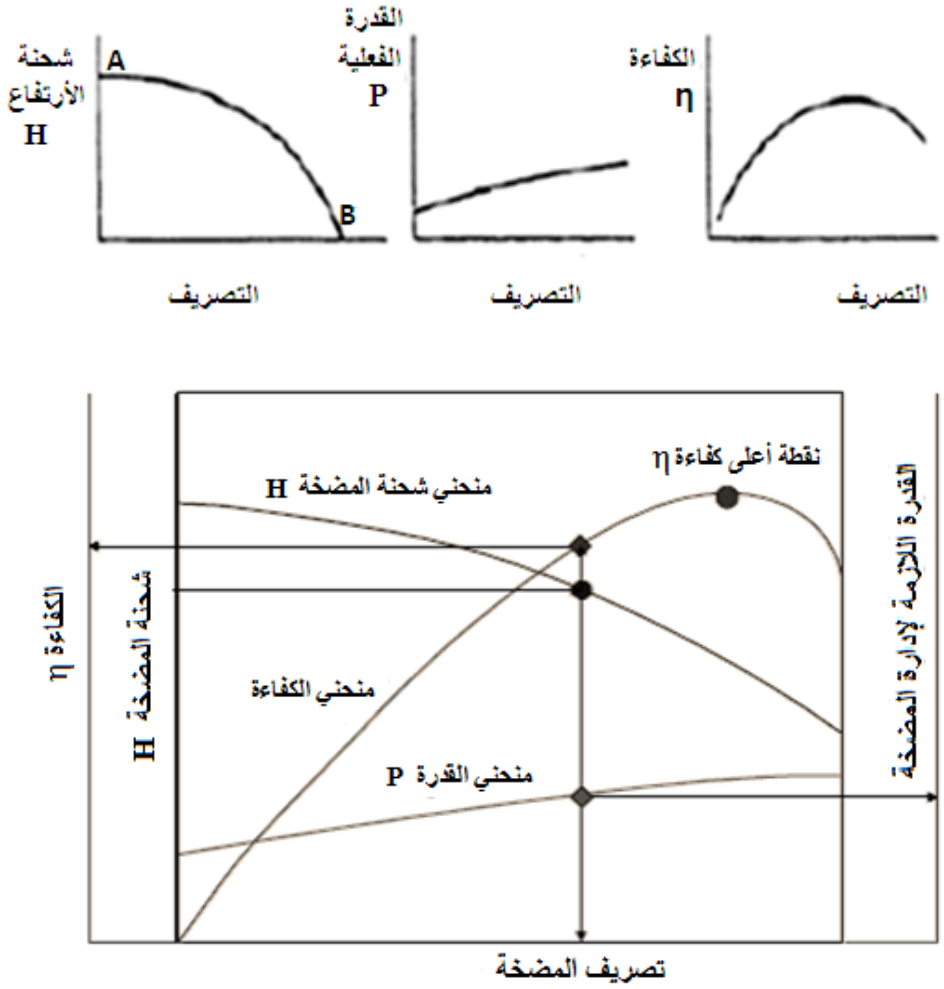
8.4.1 خصائص مضخات الطرد المركزي The characteristics of centrifugal pumps:

لكل مضخة مجموعة من العلاقات التي توضح خصائصها وتربط بين متغيرات تشغيلها. واهم هذه المتغيرات هي تصريف المضخة وشحنة ارتفاعها والقدرة اللازمة لإدارتها وكذلك كفاءتها وغالبا ما تمثل هــذه العلاقة بيانيا فيما يسمـى بمنحنى أداء المضخـــة، ومـن هــذه المنحنيات ، منحنى التصريف- شحنة الارتفاع (Q-H curve) الذي يحدد كمية تصريف المضخة مقابل ارتفاع شحنة المضخة عندما تدور بسرعة معينة الشكل (14.1)



الشكل (14.1) منحنى التصريف- شحنة الارتفاع (Q-H curve)

وهناك منحنيات تحدد قدرة المضخة وكفاءتها كما يتضح من الشكل (15.1)، فعند نقطة تشغيل معينة تحدد بشحنة ارتفاع وتصريف المضخة يمكن معرفة القدرة اللازمة لتشغيل المضخة وكفاءتها كما يتضح من الأسهم الموجودة بالشكل وعند اختيار مضخة لعمل معين يجب أن تقع نقطة تشغيلها حول نقطة الكفاءة القصوى للمضخة وذلك لضمان تشغيلها بطريقة اقتصادية.



الشكل (15.1) منحنيات أداء المضخة

9.4.1 التكهف Cavitation :

تحدث هذه الظاهرة في الأنابيب المغلقة نتيجة تغير الحالة الفيزيائية للسائل ، فعندما يجري سائل في منطقة أنخفض ضغطها إلى ضغط بخار السائل فأنه يغلي وتتولد فقاعات من الأبخرة ويحمل السائل معه فقاعات الأبخرة حتى يصل إلى منطقة ذات ضغط عالٍ فتنفجر

فجأة وتعرف هذه العملية **بالتكهف** ، فإذا أنخفض الضغط عند مدخل المضخة فأن ريش المروحة تتكون عليها في البداية فقاعات غازية وعندما تنتقل تلك الفقاعات إلى منطقة زائدة الضغط فسوف تتهاوى (تنفجر) ويكون وقعها صدمة شديدة على سطح المعدن ويسبب تلفاً في المعدن (بسبب التآكل ألنقري) . وإذا استمر انخفاض الضغط عند مدخل المضخة فسوف ينتج غازات بكمية كبيرة ويقال أن المضخة قد أصابها سد غازي ويمكننا أن نكتشف حالة التكهف من الصوت المميز، وعليه يستحسن أن نقوم بغلق صمام التصريف جزئياً لمعالجة الحالة. يسبب التكهف ثلاث حالات غير مرغوب فيها :

1 ـ خفض في كفاءة المضخة .

2 ـ تحطيم ممرات الجريان .

3 ـ الضوضاء والاهتزازات .

أن توالي تكون الفقاعات ثم انفجارها يؤدي إلى حدوث اهتزازات مستمرة للمضخة قد تنتقل إلى الأنابيب المتصلة بها مما يولد اجهادات أضافية ويؤثر على سلامة الملحقات بها .

10.4.1 ارتفاع السحب الصافي الموجب (Net positive suction head (NPSH):

لكي تعمل المضخة عملاً جيداً، لا بدّ من وجود ضغط موجب لمقاومة الضغط السالب للسحب ، وهوعلى نوعين،هما :

1- صافى الضغط (أرتفاع) الموجب للسحب المطلوب NPSHr

2- صافى الضغط (أرتفاع) الموجب للسحب المتاح (المتوفر) NPSHa .

ولتجنب حدوث ظاهرة التكهف في المضخات يجب على المهندس ان يتحقق من ان ضاغط السحب الصافى الموجب المتوفر NPSHa اكبر من المطلوب NPSHr والمحدد من قبل الشركة المصنعة ، على الأقل بحوالي (1.5متر) .

أي أن : $NPSHa \geq NPSHr$

NPSHr : ارتفاع السحب الصافي الموجب المطلوب Net Positive Suction Head required ويحدد بواسطة الشركة المصنعة؛ إذ توفر الشركة الصانعة عادة منحنيات (NPSHr) بوصفه تابعاً لمعدل التدفق للمضخة لسائل معين في دليل المشتري، وباختبارات عدة

تعتمد على سرعة المضخة ، وقطر أنبوب السحب ، ونوع المعدن المصنوع منها ، وكمية التصريف كلها موضوعة فى خريطة NPSHr ويمكن حسابه من المعادلة :

$$NPSHr = \sigma H \quad .....(7\text{-}1)$$

σ = معامل التكهف ويتراوح بين 0.1 إلى 0.7 يتزايد بتزايد السرعة النوعية Ns

H = الارتفاع الديناميكي الكلي للمضخة، م .

NPSHa : ارتفاع السحب الصافي الموجب المتوفر أو المتاح Net Positive Suction Head Available ويمكن تقديره لظروف تشغيل المضخة (عندما تكون المضخة اعلى من مستوى ماء المصدر) من المعادلة الآتية:

$$NPSHa = P_{atmos} - Hs - Hfs - Hv \quad .....(8\text{-}1)$$

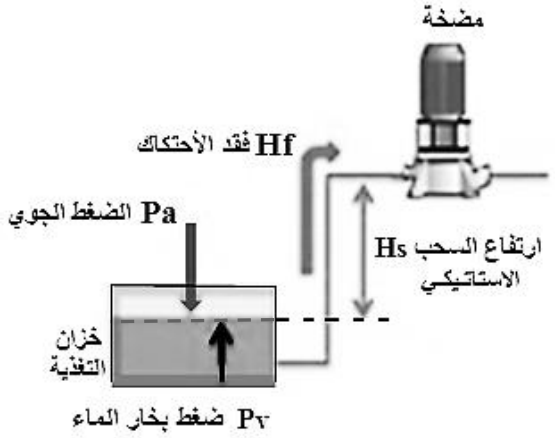
P_{atmos} : ضغط الهواء الجوي، م .

Hs : ارتفاع (ضاغط) السحب الأستاتيكي (الساكن)، م. وهو الارتفاع بين سطح سائل في خزان التغذية (مصدر الماء) ومستوى الخط الأفقي الذي يمر عبر مركز المضخة عند جانب السحب

Hfs : ضاغط الاحتكاك (الفقد بالأحتكاك) في جانب السحب للمضخة، م .

Hv: ضغط بخار المائع عند درجة حرارة التشغيل، م .

هذه العوامل موضحة ومثبتة على جانب السحب لمضخة في الشكل (16.1).



شكل (16.1) جانب السحب لمضخة وفيها العوامل التي تدخل في حساب NPSHa

لتطبيق المعادلة (1-8) مراعاة ماياتي :

1- إذا كان مستوى السائل (الماء) أعلى من المضخة فالأرتفاع (Hs) لن يطرح بل سيضاف إلى الضغط الجوي .أي تصبح المعادلة كما يأتي

$$NPSHa = P_{atmos} + Hs - Hfs - Hv \quad .....(9\text{-}1)$$

2- في حالة وجود مصادر أخرى للضغط غير الضغط الجوي يجب أن تضاف له .

إذا لم يكن مصدر الماء معرضاً للضغط الجوي، كما هو الحال عندما يكون الماء في خزان مضغوط ، يجب أن يستبدل مصطلح الضغط الجوي في المعادلة (1-8) بالضغط المطلق عند سطح الماء.

تتغير قيمة ضغط الهواء الجوي اعتماداً على درجة حرارة الجو وعلى الأرتفاع عن مستوى سطح البحر ، ويسمى ضغط الهواء الجوي عادة بضغط الهواء القياسي و تحدد قيمة الضغط كدالة ينخفض فيها الضغط بتزايد الارتفاع عن مستوى سطح البحر، يوجد في الجدول (1.1) قيم الضغط بناء على المواصفات القياسية الأمريكية .

3- قيمة الضغط البخاري تعتمد على نوع السائل ودرجة حرارته، وتستخرج من جداول خاصة. يوضح الجدول (2.1) ضغط بخار الماء Hv للماء عند درجات حرارة مختلفة.

4- تحسب فواقد الاحتكاك للأنبوب ولأي وصلات على جانب السحب من المضخة، وفقد الاحتكاك يكون صغيرا في الأغلب؛ لأنه يتناسب مع مربع سرعة المائع والتي تكون أقل من 1 م/ثا في جانب السحب من المضخة للمضخات المثبتة تثبتا جيدا.

جدول (1.1) **المواصفات الأمريكية للضغط الجوي القياسي** P_{atmos} **عند ارتفاعات مختلفة.**

الارتفاع عن سطح البحر (متر)	الضغط الجوي Patmos		
	كيلو باسكال	متر ماء *	ملم . زئبق **
-300	105	10.7	788
-200	103.7	10.6	778
0	101.3	10.3	760
200	98.9	10.1	742
400	96.6	9.9	725
600	94.3	9.6	707
800	92	9.4	690
1000	89.8	9.2	674
1200	87.6	8.9	657
1400	85.5	8.7	641
1600	83.4	8.5	626
1800	81.4	8.3	611
2000	79.4	8.1	596
2200	77.5	7.9	581
2400	75.6	7.7	567
2600	73.7	7.5	553
2800	71.8	7.3	539
3000	70.1	7.1	526
3200	68.3	7	512
3400	66.6	6.8	500
3600	64.9	6.6	487
3800	63.2	6.4	474
4000	61.6	6.3	462
4200	60	6.1	450
4400	58.5	6	439
4600	56.9	5.8	427

*** الماء عند ٤ درجات مئوية. ** الزئبق عند صفر درجة مئوية.**

المصدر : PSEUDO-ADIABATIC CHART , Chart WEA D-11. U.S.

قسم التجارة، الإدارة الوطنية للبحار والمناخ خدمة الأرصاد الوطنية.

جدول (2.1) ضغط بخار الماء P_v وبعض الخواص الفيزيائية للماء عند درجات حرارة مختلفة

درجة الحرارة	ضغط بخار الماء		الكثافة النسبية	الشد السطحي	اللزوجة الديناميكية	اللزوجة الكينماتيكية
م°	كيلوبسكال	سم ماء		غم/ث^2	غم/سم.ث×10^{-2}	سم^2/ث
10 -	---	---	0.99894	---	---	---
5 -	---	---	0.99918	75.4	---	---
0	0.6109	6.23	0.99987	75.6	1.787	0.0179
4	0.8131	8.29	1.00000	75.0	1.567	0.0157
5	0.8721	8.89	0.99999	74.8	1.519	0.0152
10	1.2286	12.51	0.99973	74.2	1.307	0.0131
15	1.7051	17.37	0.99913	73.4	1.139	0.0114
20	2.339	23.81	0.99823	72.7	1.002	0.01007
25	3.169	32.31	0.99708	71.9	0.890	0.00897
30	4.246	43.11	0.99568	71.1	0.798	0.00804
35	5.628	57.05	0.99406	70.3	0.719	0.00733
40	7.384	74.71	0.99225	69.5	0.653	0.00661
45	9.593	96.86	0.99024	68.7	0.596	0.00609
50	12.349	124.42	0.98807	67.9	0.547	0.00556

11.4.1 منع التكهف cavitation preventation :

إذا كانت المضخة بحالة تكهف فان مجموعة من التغيرات الضرورية التي ينبغي إدخالها على تصميم النظام لزيادة (NPSHa) بحيث يصبح أكبر من (NPSHr) لايقاف التكهف ، ومن الطرائق المستعملة لزيادة (NPSHa) :

1- زيادة الضغط عند مقطع الامتصاص للمضخة (السحب)، إذا كانت المضخة تسحب من خزان يمكن رفع مستوى السائل في الخزان إذا كان مغلقاً أو زيادة الضغط في الفراغ يؤدي الى تزايد ضغط الامتصاص .

2- ومن الممكن أيضا زيادة (NPSHa) بتخفيض درجة حرارة السائل الذي يُضخ، وهذا يؤدي إلى تخفيض ضغط الاشباع ومن ثمَّ زيادة (NPSHa) حسب العلاقة :

$$NPSHa = P\ suction - P\ saturation$$

ضغط الأشباع ضغط السحب

من المعروف أن علاقة درجة الحرارة مع الضغط علاقة طردية ، فعند خفض درجة الحرارة للسائل في السحب ينخفض ضغط الاشباع (Psaturation) وبالتالي حسب العلاقة اعلاه عند تخفيض ضغط الاشباع بثبوت ضغط السحب نحصل على قيمة عددية اكبر اي الناتج اكبر وهو المطلوب زيادته (NPSHa).

3 - اذا كـان ممكنا تخيفض ضياعات العلو في انابيب السحب للمضخـة فان NPSHa سوف يتزايد؛ لأن NPSHr سوف يقل، وهنالك عدة طرائق لتخفيض ضائع العلـو تتضمن بزيادة قطر الانبوب وتخفيض عدد الحنيات (elbow) والصمامات الوصلات في الانبوب الغير ضرورية الى اقل قدر ممكن وتخفيض طول الانبوب السحب.

4 - من الممكن ايقاف التكهف بتخفيض NPSHr للمضخة.

ملاحظات هامة :

- عندما نتكلم عن تكهف وعلو السحب الصافي الموجب بنوعيه المتوفر (NPSHa) والمطلوب (NPSHr) فذلك يعني اننا في خط السحب للمضخة وإلى مركزها .
- ان قيمة (NPSHr) لمضخة ليست ثابتة تحت الظروف المختلفة؛ ولكنها تعتمد على بعض العوامل، ويزداد (NPSHr) بشكل ملموس عند تزايد معدل التدفق عبر المضخة،لذلك فان تخفيض معدل التدفق عبر المضخـة، بخنق صمام التفريـغ سيخفض (NPSHr).
- يعتمد (NPSHr) على سرعة المضخة ايضا ، فكلما كانت سرعة دوران الدفاعة اكبر كان (NPSHr) اكبر ، لذلك اذا خُفضت سرعة مضخة نابذة متغيرة السرعة قل (NPSHr) لها .
- حُدد (NPSHr) لمنع التكهف عبر اختبارات الشركة الصانعة واعتمادا على عـدة عوامل تتضمن (نـوع مدخـل المراوح , وتصميمها ، ومعدل تدفق المضخة ،والسرعة الدورانية للمروحة ،ونوع السائل المراد ضخه).

كيف نعرف أن المضخة التي تم اخترناها ستتعرض للتكهف بعد تشغيلها ؟

بعد حساب NPSHa من المعادلة (8.1) ننتقل الى منحنيات التي تعطى من قبل الشركة المصنعة الخاصة بالمضخة لأستخراج قيمة NPSHr التي تمثل الحد الأدنى المطلوب من NPSH لتعمل المضخة بلا مشاكل التكهف . ويجب إضافة (0.5 – 1) متر علو الى قيمة NPSHr المستخرجة من المنحنيات كعامل أمان . وبعد ذلك نقارن بين NPSHa المحسوبة و NPSHr المستخرجة كما يأتي : $NPSHa > NPSHr + (0.5 - 1m)$

فإذا كانت NPSHa أكبر لا يحدث التكهف

مثـــال :

يراد تركيب مضخة طاردة مركزية على ارتفاع 400 مترفوق مستوى سطح البحر ، أذ يفترض أن تضخ ماء عند درجة حرارة تساوي 30 درجة مئوية، فإذا كان مصدر الماء معرض للضغط الجوي وفواقد الاحتكاك في جانب السحب للمضخة تقدر بحوالي 0.6 متر، وضاغط السحب الصافي الموجب المطلوب والمحدد من مواصفات الشركة الصانعة هو 5.2 متر .احسب أقصى ارتفاع لمركز السحب للمضخة فوق مستوى مصدر الماء (ارتفاع السحب الساكن).

الحل :

من الجدول (1.1) عند ارتفاع 400 متر:

$P_{atmos} = 9.9$ m

من الجدول(2.1) الضغط البخاري للماء عند 30 درجة مئوية:

$P_v = 0.43$ m

من معطيات المسألة:

$NPSHr = 5.2$ m

$Hfs = 0.6$ m

يمكن أن نحسب أقصى ارتفاع لحالة أقل قيمة لـ NPSHa بان تكون :

$$NPSHa = NPSHr$$

بتطبيق المعادلة (1-8)

$$NPSHa = P_{atmos} – Hs – Hfs – Hv$$

$$5.2 = 9.9\ m – Hs – 0.6\ m – 0.43\ m$$

$$Hs = 9.9\ m – 0.43\ m – 5.2\ m – 0.6\ m$$

$$Hs = 3.7\ m$$

من الناحية العملية يستخدم معامل أمان مقداره 0.6 متر يطرح بصفة عامة من القيمة المحسوبة لـ Hs للحالات غير المتوقعة لجانب السحب من المضخة، وهذا يقلص أقصى ارتفاع سحب ساكن إلى:

$$Hs\text{-}max = 3.7\ m - 0.6\ m$$

$$Hs\text{-}max = 3.1\ m$$

لو عوضنا عن قيمة ارتفاع السحب الساكن Hs-max في المعادلة (1-8) لحساب ارتفاع السحب الصافي الموجب المتاح NPSHa :

$$NPSHa = P_{atmos} – Hs – Hfs – Hv$$

$$NPSHa = 9.9\ m – 3.1\ m – 0.6\ m – 0.43\ m$$

$$NPSHa = 5.77\ m$$

$$\therefore \quad NPSHa > NPSHr$$

وعليه لن تحدث ظاهرة التكهف .

12.4.1 الربط بين المضخات pumps connection :

الغاية الأساسية من ربط مضخات عدة هو للحصول على ضغط (رفع للسائل)عالٍ أو تصريف عالٍ ، الربط بين المضخات مشابـه لحد كبير الربط بين البطاريات الكهربائية فعند ربط بطاريات على التوالي فـان التيار يبقى ثابت بينما فــرق الجهد يتضاعف ، أما عند الربــط على

التوازي فان التيار يتضاعف وفرق الجهد يبقى ثابت ، التيار هنا يقابل التصريف وفرق الجهد يقابل الضغط لذلك فإن ربط المضخات على التوالي سوف يؤدي إلى زيادة الضغط أما ربط المضخات على التوازي فسوف يؤدي إلى زيادة التصريف. إن ربط المضخات على التوالي في الوقت الحاضر يتم عن طريق مضخات متعددة المراحل أي مضخة واحدة تحتوي على عدد من البشارات التي تكون في غلاف المضخة نفسه بدلا من استخدام مضخات مستقلة تربط على التوالي .

تعتمد طرق ربط المضخات على الهدف النهائي المطلوب الحصول عليه مثلاً في بعض الأحيان يكون ارتفاع الماء هو العامل الأساس ، وفي حالات أخرى تكون معدلات الجريان الكبيرة(التصريف) هي العامل الأساس. وفي أحيان أخرى تكون الارتفاعات (Heads)عالية ومعدل الجريان كبيرة هو المطلوب . يمكن توضيح طرق ربط المضخات كالأتي :

1 ـ ربط التوالي Series connection

في هذا النوع من الربط يتم ربط المضخات بالتعاقب مما يخرج الماء من المضخة الأولى ليدخل في المضخة الثانية شكل (17.1) ويستخدم هكذا نوع من الربط عندما لا تكون هناك حاجة إلى معدلات جريان عالية ويكون المطلوب إيصال المياه إلى ارتفاعات عالية.

اذ :

$$Q_{total} = Q_1 = Q_2 = \ldots\ldots\ldots\ldots Q_n \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (10.1)$$

$$H_{total} = h_1 + h_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots h_n \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (11.1)$$

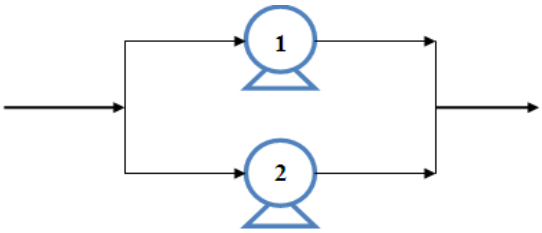
شكل (17.1) ربط مضختين على التوالي

2 ـ ربـط التـوازي Parallel connection

في هذا النوع من الربط ينقسم الجريان إلى قسمين أو أكثر بطريقة تضمن توزيع المياه الداخلة إلى المضخات المربوطة على التوازي ويستخدم هذا الربط عندما تكون الحاجة إلى معدلات جريان عالية من دون الأخذ بنظر الاعتبار مقدار الارتفاع المطلوب شكل (18.1) .

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots Q_n \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (12.1)$$

$$H_{total} = h_1 = h_2 = \ldots\ldots\ldots\ldots h_n \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (13.1)$$



شكل (18.1) ربط مضختين على التوازي

مثال

أربع مضخات تجهز الماء بتصريف 6 m^3 / hr لكل منها وترفع الماء إلى علـو أجمالـي 18 m لكل منها . أحسب التصريف والارتفاع الكلي التي تعطيه المضخات في حالة ربطها على : 1- التوالي ، 2 - التوازي

الحـل

في حالة ربط التوالي

$$\mathbf{Q_{total}} = \mathbf{Q_1} = \mathbf{Q_2} = \mathbf{Q_3} = \mathbf{Q_4} = 6\ m^3/hr$$

$$\mathbf{H_{total}} = \mathbf{h_1} + \mathbf{h_2} + \mathbf{h_3} + \mathbf{h_4}$$

$$\mathbf{H_{total}} = 18+18+18+18 = 72\ m$$

في حالة ربط التوازي

$$\mathbf{Q_{total}} = \mathbf{Q_1} + \mathbf{Q_2} + \mathbf{Q_3} + \mathbf{Q_4}$$

$$\mathbf{Q_{total}} = 6+6+6+6 = 24\ m^3/hr$$

$$\mathbf{H_{total}} = \mathbf{h_1} = \mathbf{h_2} = \mathbf{h_3} = \mathbf{h_4} = 18\ m$$

13.4.1 طرق الربط بين المضخة ومصدر القدرة:

تحتاج مضخات الطرد المركزي إلى مصدر لتشغيلها وهنالك مصدران رئيسان لتشغيل المضخة الطاردة المركزية:

1. المحركات الكهربائية:

تستخدم هذه المحركات في حالة توافر الطاقة الكهربائية في أماكن نصب المضخات الطاردة المركزية وفي البلدان التي يكون فيها سعر الوحدة رخيصاً ومتوافراً. وعند الربط بين المضخة الطاردة المركزية والمحرك الكهربائي لا بد من مواءمة عدد الدورات بين المحركات والمضخات (الشكل 19.1).

2. محركات الاحتراق الداخلي:

تستخدم هذه المحركات في حالة توافر الوقود ورخص ثمنه، وتعمل بعدد دورات مختلفة وهذا مفيد من الناحية العملية فقد يكون المطلوب إعطاء سرع مختلفة للمضخة حسب كمية التصريف والضغط المطلوب.

الشكل (19.1) مضخة مربوطة على محرك كهربائي

يكون الربط بين مصدر القدرة (المحرك في هذه الحالة) والمضخة طرق عدة هي :

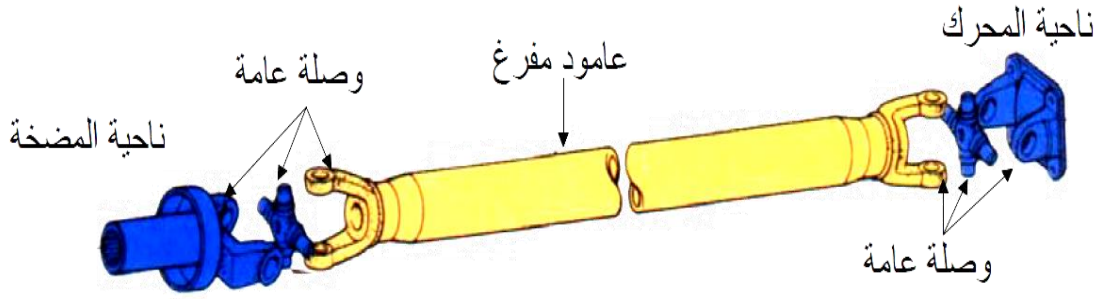
1. الربط المباشر: يكون الربط بين عمود إدارة المضخة وعمود إدارة المحرك الكهربائي.

الوصلة الشائعة الاستعمال هي من المطاط وبداخلها ثقوب حديدية وفائدة الوصلة الحديدية هي

لامتصاص الصدمات وإعطاء مرونة في نقل الحركة.

2. **الربط باستخدام الأحزمة الناقلة:** يتم نقل الحركة إلى المضخة عن طريق حزام عريض واحد أو عدد من الأحزمة الرفيعة وهذه الطريقة تستخدم من قبل المزارعين (الشكل 19.1). وقد لا تكون السرعة المعطاة للمضخة سرعة المحرك نفسه وتعتمد على أحجام بكرات الإدارة بالنسبة للمحرك والمضخة.

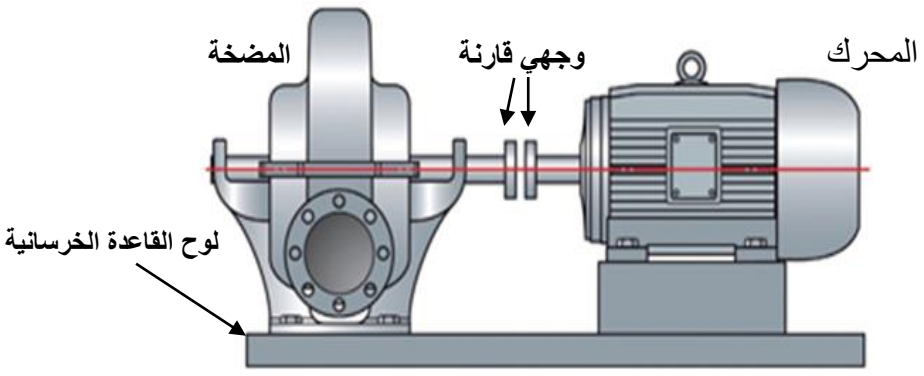
3. **الربط باستخدام وصلة حديدية :** هناك طريقة أخرى لتوصيل الحركة إلى المضخة وذلك عن طريق وصلة حديدية تسمى محليا (الكاردن) (الشكل 20.1).



الشكل (20.1) الوصلة الحديدية المسمى الكاردن

5-1 الاستقامة Alignment:

إن اغلب الشركات المنتجة لا تثبت محركات إدارتها على لوح القاعدة عند شحنها و لاسيما الكبيرة منها، وذلك للمحافظة على لوح القاعدة، وتنظيم الاستقامة Alignment بين المضخة ومحرك إدارتها من الامور المهمة لعمل المضخة وبكفاءة عالية، فمهما كانت قوة لوح القاعدة فقد يتغير سطحه أو ينبعج لأسباب متعددة مثل التحميل خلال مختلف مراحل النقل والشحن . ويوضح الشكل (21.1) ربط المضخة والمحرك على استقامة واحدة على اللوح الخرساني .



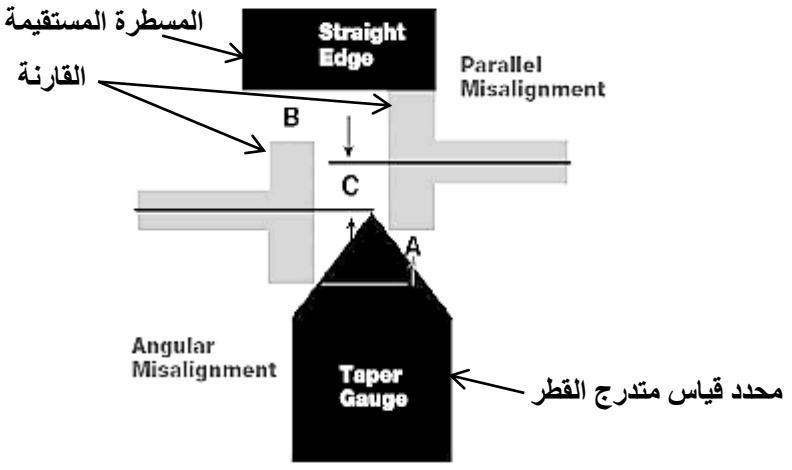
شكل (21.1) المضخة والمحرك على استقامة واحدة

عند تركيب المضخة ومحرك إدارتها على لوح القاعدة لابد من الاستقامة بين وجهيهما، وكذلك التأكد من استواء لوح القاعدة مع سطح الأساس الخرساني ويمكن ضبط الاستقامة عن طريق التأكد من الموازنة حيث يمكن في حالة عدم دقتها فتح صامولات المسامير لرفع رقائق معدنية steel shims أو إضافتها بين سطحي القاعدة والأساس، وحسب ما تتطلبه عملية الموازنة مع استمرار العملية لحين تحقيق الموازنة التي لا يجوز إجرائها إلا بعد إن يجف الأساس الخرساني ويقوى تماما. قبل المباشرة بتثبيت المضخة، ولا بد من إزالة جميع الشحوم Slush باستخدام مذيب لتنظيف أجزاء المضخة ويتطلب التأكد من عدم وجود اجسام غريبة داخل المضخة وذلك من خلال غطاء الاسطوانة وفحصها بواسطة النظر .

طرائق فحص الاستقامة وتنظيمها

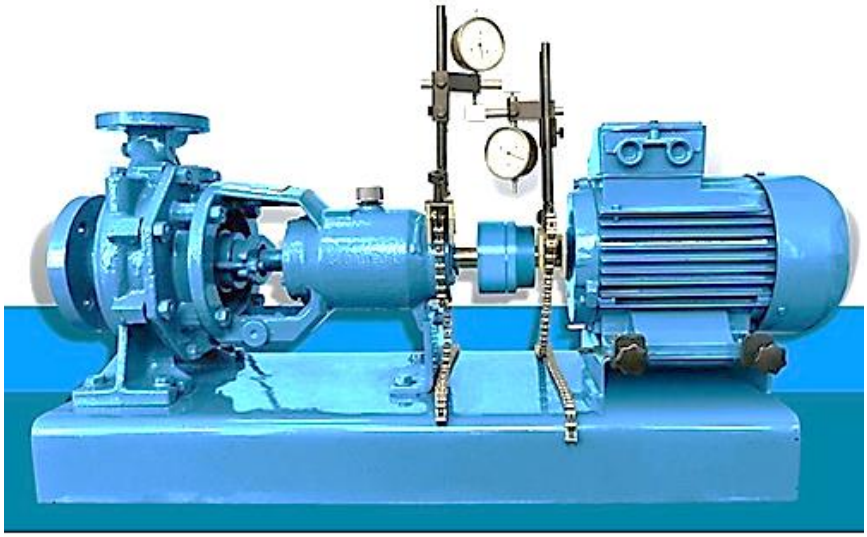
هناك ثلاث طرائق لتنظيم الأستقامة بين المضخة والمحرك وهي :

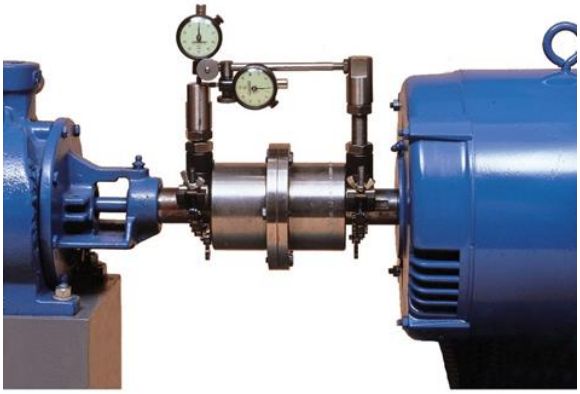
1- يتم فحص الاستقامة الزاوية والمحورية للمضخة Angular and axial align باستخدام **محدد قياس متدرج القطر** Tapered gauge لفحص المسافة بين وجهي القارنة للمضخة ومحرك إدارتها وفي أربع نقاط على محيط القارنة كما تُفحص الاستقامة المحورية باستخدام **مسطرة مستقيمة** Straight edges ووضعهما على المحيط الخارجي للقارنة وبأربع نقاط تتباعد بعضها عن بعض فضلا عن استخدام المقياس التحسسي Feeler gauge ووضعه بين وجهي القارنة عند أربع نقاط يتباعد بينها 90^o على المحيط الخارجي لفحص توازن سطحي القارنة ، ومن المعتاد أن يكون التباعد بين وجهي القارنة حوالي (3mm) . مع تكرار الفحص حالة عدم دقتها من خلال رفع او وضع رقائق تسوية تحت المضخة. الشكل (22.1) يوضح طريقة الفحص .



شكل (22.1) طريقتي المسطرة المستقيمة والمحدد متدرج القطرفي تنظيم استقامة المضخة

2- **استخدام مبين بقرص مدرج Dial indicator** يثبت على القارنة للتحقق من الأستقامة الزاوية والمحورية لقارنة المضخة كما موضح في الشكل (23.1) ،وبعد معايرة (تنظيم) قراءة المبين على الصفر وتاشير موقع الفحص تدور القارنة لتكرار الفحص على نقطة أخرى على محيطها الخارجي واي اختلاف بالقراءات أشارة الى رفع اوخفض المحرك باستخدام الرقائق المعدنية .



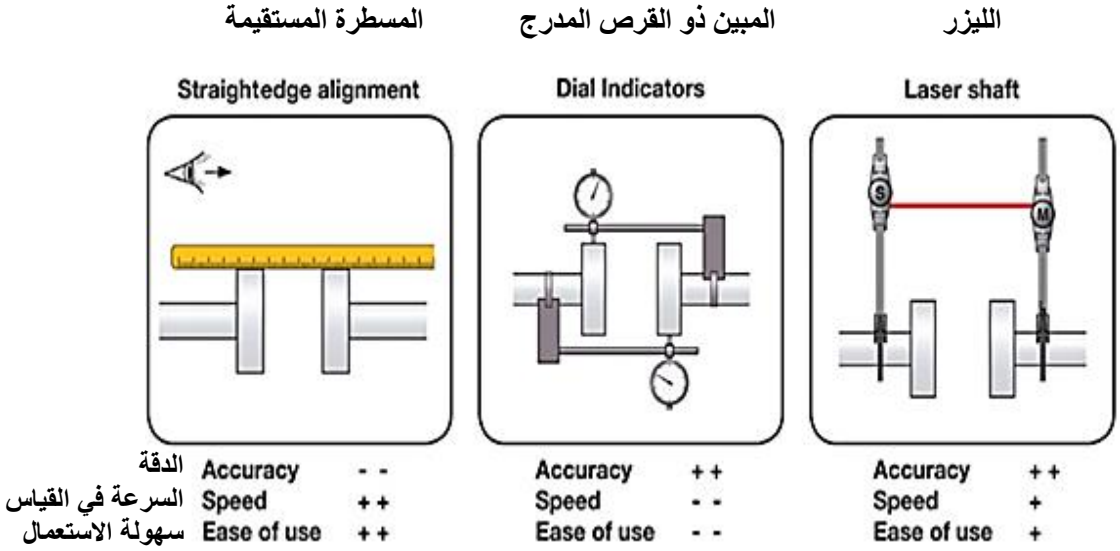


شكل (23.1) أنواع من المبين بقرص مدرج لتنظيم الموازنة لعمود الأدارة والقارنة لمضخة طاردة مركزية

3- استخدام الليزر يستخدم جهاز خاص يربط على جهتي القارنة مزود بمبين رقمي الذي من خلاله تنظم استقامة المضخة ، كما موضح في الشكل (24.1).

شكل (24.1) تنظيم الاستقامة للمضخة باستخدام تقنية الليزر

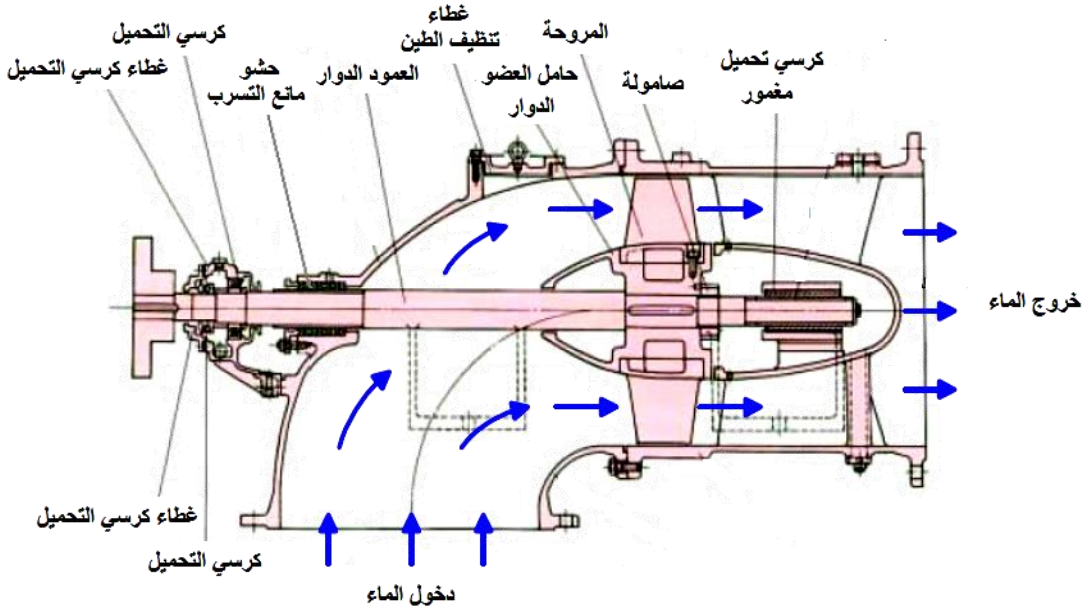
يوضح الشكل (25.1) تنظيم استقامة المضخة بالطرائق الثلاث، أذ يلاحظ أن تقنية الليزر تعطي افضل النتائج من ناحية الدقة وسهولة الاستعمال والسرعة في القياس، أما طريقة الفحص بالمبين بقرص مدرج يعطي أيضاً الدقة مع صعوبة وبطئ في أنجاز العمل بينما طريقة المسطرة تكون سريعة وسهلة ولكن أقلهم دقة .



شكل (25.1) المقارنة بين الطرق الثلاث في تحديد وتنظيم استقامة المضخة

6.1 المضخة المحورية Axial flow pumps :

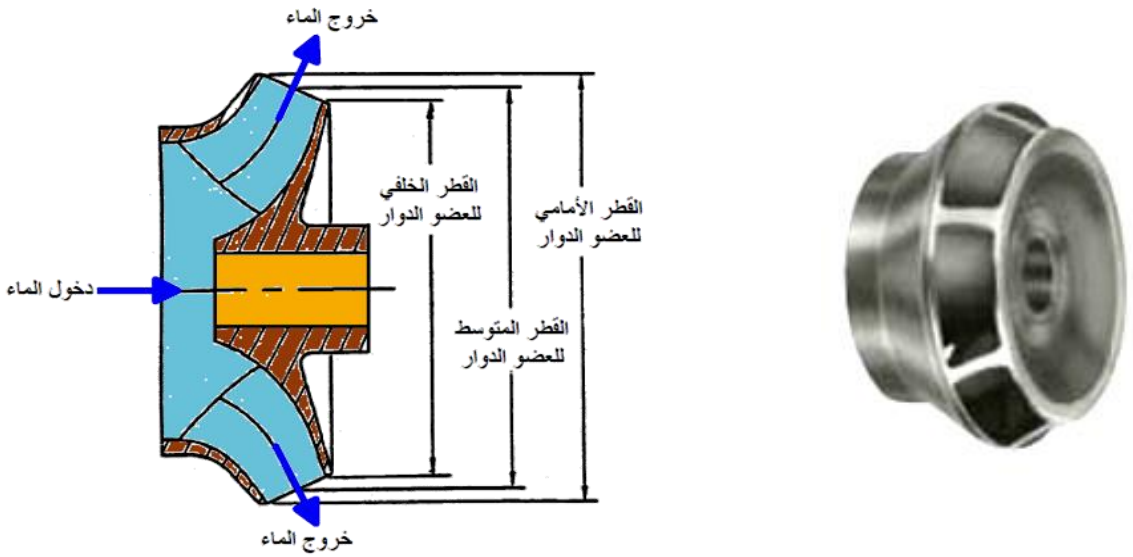
يتكون جسم المضخة من شكل اسطواني يرتبط مـــن مركزه بمحـور يحمل ريش عـــدة حسب التصميم، يميل مستوى الريش عن المحور بزاوية معينة تسمى زاوية الرفع وبدوران المروحة داخل غلافها ترفع الماء إلى الأعلى، فحركة الماء تكون محورية نسبة إلى المضخة وباتجاه واحد لهذا السبب سميت المضخة المحورية كما في الشكل (26.1) وتستعمل هذه المضخة عند الحاجة إلى تصريف كبيرة نسبيا وشحنة رفع صغيرة كما هو في حالة الأنهار والجداول منخفضة المنسوب عن منسوب المحطة أو الحقول والمزارع التي تحتاج إلى كميات كبيرة من مياه الري.



الشكل (26.1) المضخة المحورية

7.1 مضخات الجريان المختلط Mixed flow pumps :

تشبه هذه المضخات في تركيبها مضخات الطرد المركزي ولكن الريش المركبة على بشارتها تأخذ شكلا حلزونيا وتعطي سمكا إضافيا للمضخة. وتستعمل هذه المضخات للتصريف والشحنات المتوسطة ويمكن نصبها بشكل عمودي وافقي وتكون خواصها حالة وسطية بين مضخات الطرد المركزي والمضخات المحورية وتعد حركة السائل داخل هذه المضخات معقدة والشكل (27.1) يمثل شكلاً توضيحياً للريشة.

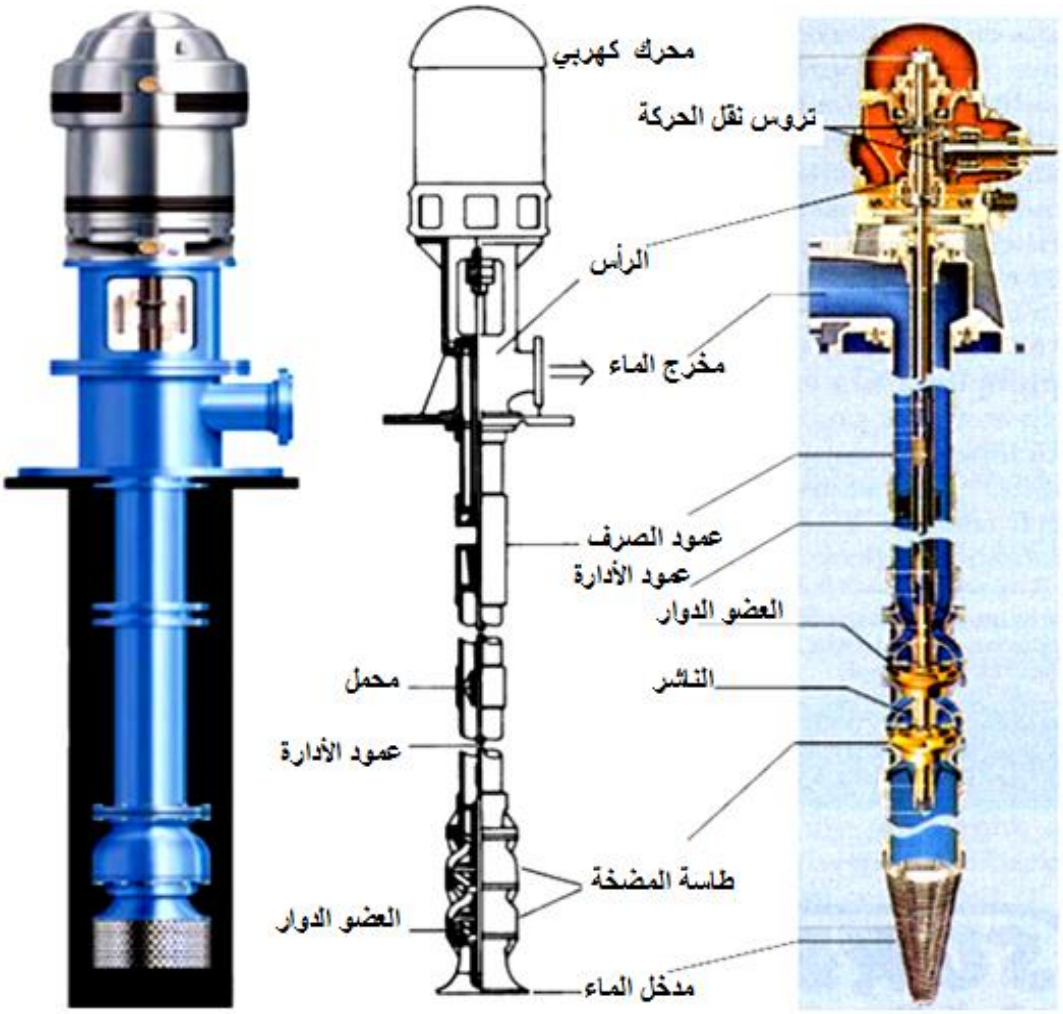


الشكل (27.1) ريشة مضخة الجريان المختلط

8.1 المضخات العزمية (التوربينية) Turbine pumps :

أ ـ المضخات التوربينية الرأسية

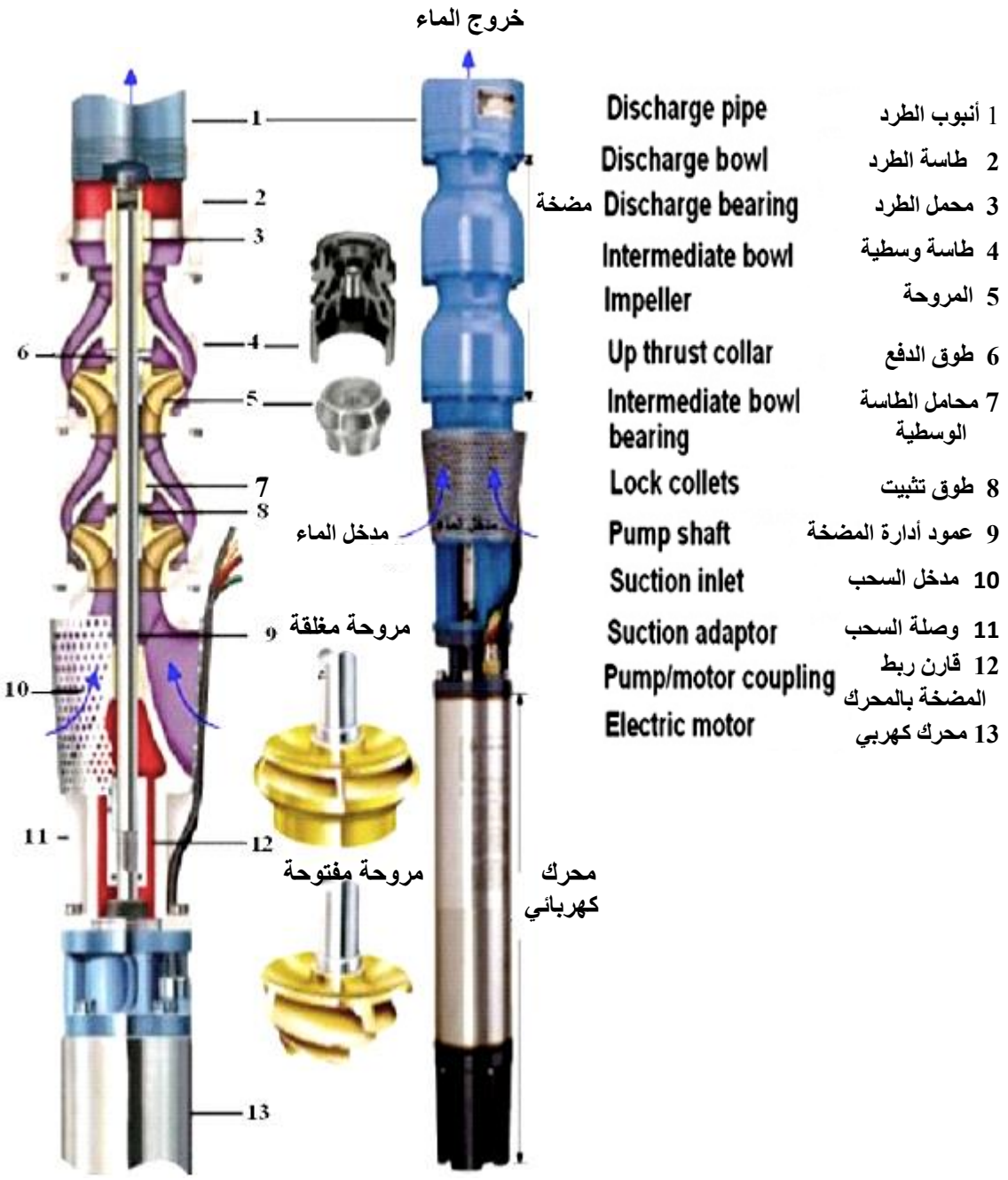
من المعروف إن شحنة الرفع في مضخات الطرد المركزي لا تتجاوز حدود 50 m، ولذلك عندما يتطلب ضخ الماء من الآبار العميقة تفشل المضخات التقليدية، في هذه الحالة تستخدم المضخة التوربينية التي تتكون من مراحل عدة (بشارات) تعمل على محور واحد ومصممة بحيث أن التصريف الذي يدخل إلى البشارة الأولى يخرج منها ليدخل إلى البشارة الثانية.... وهكذا (إي أنها مضخات طـرد مركزي تعمـل على التوالي). وبهذا فإن كــل مرحلة تعطي رفعا إضافيـا بحسب عمق البئر وقطره وعدد المراحل والقدرة اللازمة لتشغيل المضخة والضائعات والشكل (28.1) يوضح أحدى هذه المضخات. تدار هذه المضخات عن طريق محرك منصوب عند السطح ويمتد منه محور داخل البئر إلى المضخة التي تكون من مراحل عدة حسب عمق البئر وكمية التصريف المطلوب مــن المضخة.



الشكل (28.1) المضخة التوربينية الرأسية

ب ـ **المضخات التوربينية الغاطسة**

عندما يزيد عمق البئر عن 200 م تظهر مشاكل في المضخات التوربينية الرئيسة نتيجة لطول عمود الإدارة وما يتبع ذلك من زيادة كبيرة في الاحتكاك مما ينعكس على زيادة كبيرة في قدرة تشغيل المضخة ، وتصبح استخدام هذه المضخة غير اقتصادي. لذا يفضل استخدام المضخة الغاطسة اذ إنها تستخدم محرك كهربائي وتعمل جميعها وهي غاطسة تماما في ماء البئر اذ تدفع الماء إلى الأعلى عن طريق أنبوب الدفع ويجب أن يكون للمضخة الغاطسة تصميم خاص يتناسب كي يكون ذو عزل جيد، طول وقطر مناسبين لأستخدام المضخة في الآبار العميقة والشكل (29.1) يمثل المضخة الغاطسة مع تركيبها.



الشكل (29.1) المضخة الغاطسة

ـ المضخات ذات الإزاحة الإيجابية (الموجبة) positive displacement pumps:

للمضخات الأيجابية قسمين رئيسين :

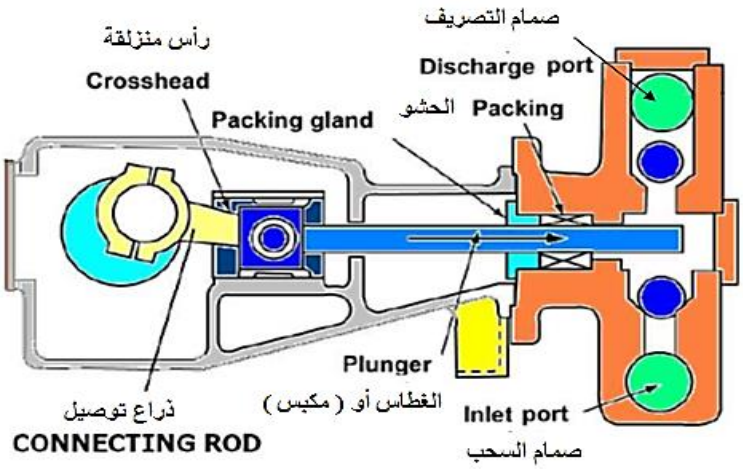
1- مضخات ذات حركة ترددية . 2- المضخات الدوارة.

أولاً : مضخات ذات حركة ترددية

وهي مضخات تعتمد على الحركة الترددية في السحب والتصريف تعطي المضخات الترددية ضغوطاً عالية وتصريف ثابت تقريبا وتحتوي على غرفة أو غرف تملأ بالسائل ثم يعاد تصريفها بعد ضغطها. وذلك عن طريق مكبس أو غطاس كما في المضخات المكبسية ، أو غشاء مرن كما في المضخات الغشائية . وتسمى أيضا بالمضخات العاكسة .

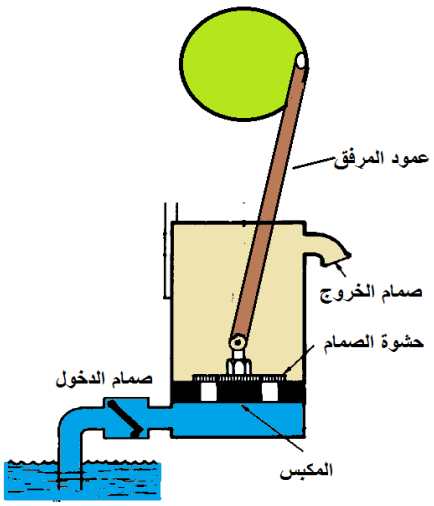
9.1 المضخات المكبسية Piston pumps:

تتكون من مكبس piston أو غطاس plunger ويتحرك بوساطة عمود من crank shaft وذراع توصيل (المرفق) يأخذ حركته من حركة دورانية من مصدر خارجي والشكل (30.1) يوضح الحركة الدورانية للمرفق والحركة الترددية للمكبس داخل تجويف اسطوانة المضخة وتكون حركة خطية إلى الأمام والخلف أو إلى الأعلى والأسفل .



الشكل (30.1) أجزاء المضخة الترددية موضحاً فيها حركة المكبس

أن أهم أجزاء المضخة الترددية كما موضحة بالشكل (31.1) هي :

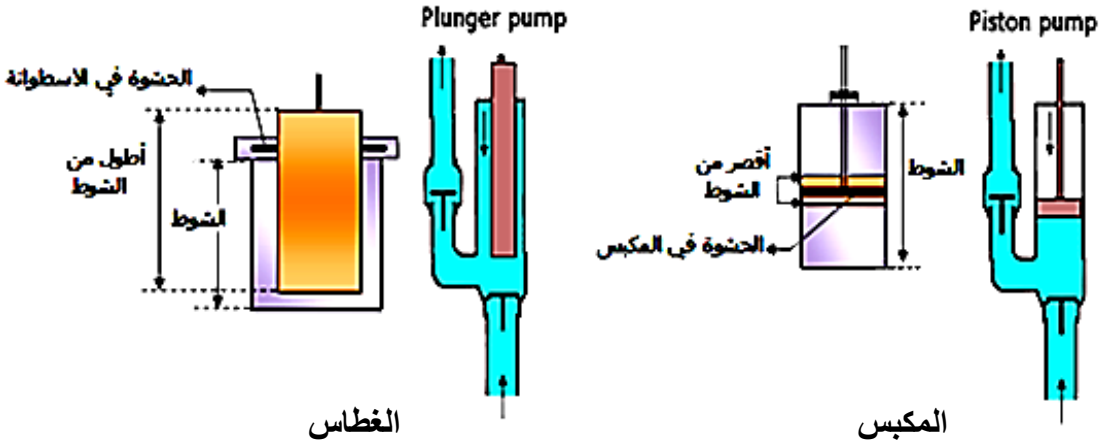


الشكل (31.1) أجزاء المضخة الترددية

1- المكبس والغطاس :

يتحرك المكبس أو الغطاس حركة خطية إلى الأعلى والأسفل أو إلى الأمام والخلف وكما ذكرنا فان المكبس يأخذ حركته من حركة دورانية لعمود المرفق الذي يدور بوساطة المحرك بسرعة منتظمة . وهناك مضخات تحتوي على عدد من المكابس تصل إلى الثلاث .

حركة المكبس عبارة عن شوطين يتحرك المكبس إلى الأعلى يعمل على تخلخل الضغط في الاسطوانة مما يؤدي إلى دخول الماء أو السائل عبر صمام السحب وعند حركة المكبس إلى الأسفل يدفع الماء إلى أعلى المكبس ويصنع المكبس من الحديد أو الفولاذ.ويوضح (الشكل32.1) شكل المكبس والغطاس



الشكل (32.1) شكل المكبس والغطاس داخل اسطوانة المضخة

2- الاسطوانة :

وهو الجزء الذي يتحرك به المكبس إلى الأعلى والأسفل ، أن حجم السائل الذي يطرد عبر أنبوب الدفع يكون مساويا لحجم الاسطوانة إذا لم يحدث إي تسرب عبر الصمامات ولا بد من وجود حشوة حول المكبس أو حلقات لتمنع تسرب السائل عبر المكبس عند دفع الماء وطرده إلى أنبوب الدفع وتصنع الاسطوانة من الحديد أو الفولاذ. وهناك مضخات تحتوي على اسطوانات عدة تصل لثلاث اسطوانات تتحرك فيها مكابس لتعطي تصريف تباعا الواحدة تلو الأخرى للحصول على تصريف مستقر .

3- الصمامات :

هي المسؤولة عن دخول وخروج السائل اذ يوجد صمام دخول Inlet Valve وأخر للتصريف Discharge Valve . يكون كل من الصمامين ذو اتجاه واحد فقط ، وتصنع الصمامات عادة من البرونز.

1.9.1 عمل المضخات الترددية :

تتكون المضخات من أسطوانة يتحرك بها المكبس وتحتوي على صمام دخول و صمام خروج للسائل وصمام في المكبس وهذه المضخات ترفع الماء إلى منسوب مكان خروج السائل أو الماء كما في الشكل (31.1)، وقد تكون فردية الفعل أو زوجية الفعل. يعمل هذا النوع من المضخات عن طريق أربعة أشواط وكما يأتي :

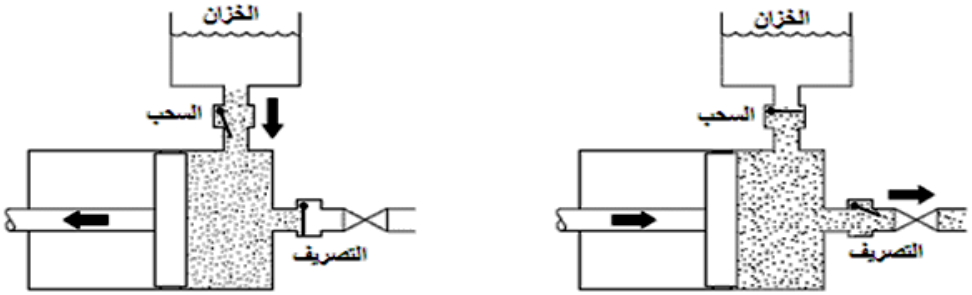
1- **طرد الهواء :** يطرد الهواء من المضخة بحركة المكبس إلى الأسفل وخروج الهواء من الصمام أعلى المكبس .

2- **دخول السائل :** إن صعود المكبس إلى الأعلى يؤدي إلى تخلخل الضغط داخل الاسطوانة (عرضاً إن الصمام الموجود على المكبس في هذه الحالة يكون مغلقاً) مما يؤدي إلى ارتفاع السائل إلى الاسطوانة .

3- **عبور السائل :** في هذه الحالة عند نزول المكبس إلى الأسفل يندفع السائل عبر المكبس ليملأ الاسطوانة فوق المكبس .

4- **تصريف السائل :** يرتفع المكبس إلى الأعلى ويؤدي إلى تصريف الماء. بعد إكمال هذه الأشواط فأن تصريف الماء يكون في شوطين فقط اذ يستمر الماء صعوداً عند ارتفاع المكبس في الوقت نفسه يرتفع الماء إلى الاسطوانة وعند نزول المكبس إلى الأسفل يندفع

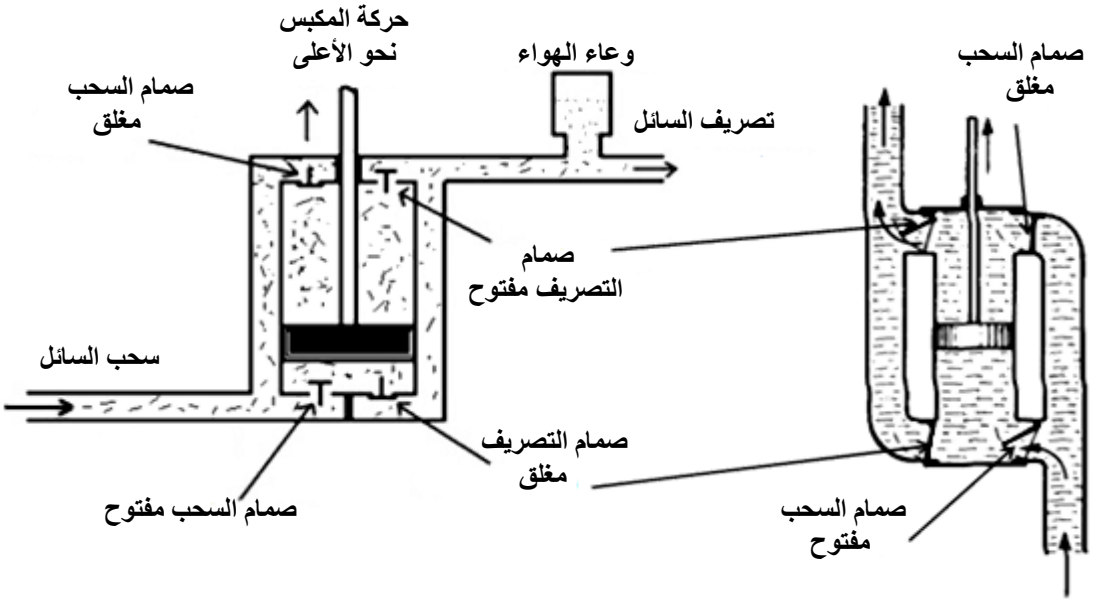
الماء عبر المكبس إلى الأعلى وعند صعود المكبس يندفع الماء في أنبوب التصريف ويدخل الماء داخل الاسطوانة وهكذا .هذا ما يتم في مضخات أحادية أو فردية الفعل وموضحة ايضاً في الشكل (33.1) .



شوط السحب شوط التصريف

شكل (33.1) مضخة ترددية فردية الفعل موضحة فيها شوطي السحب والتصريف

أما المضخات الثنائية أو زوجية الفعل ، يكون التصريف في جانب من المضخة وفي الوقت نفسه يكون سحب الماء من جانب أخر وبدون انتقال للشوط ، هنا يحدث التصريف في كل شوط وان كمية التصريف ستكون ضعف كمية التصريف عنه في مضخة المفردة الفعل المشابهة في الإزاحة والشكل (34.1) يوضح مضخة ثنائية الفعل ذات مكبس



شكل (34.1) شكلان لمضخة ترددية ثنائية الفعل

2.9.1 حساب تصريف وقدرة المضخة الترددية :

يمكن حساب تصريف المضخة الترددية مفردة الفعل بالشكل الأتي :

$$Q_t = \frac{LAN}{60} \qquad \text{.....(14.1)}$$

أما القدرة المطلوبة لإدارة المضخة .

وهي الشغل المنجز(جول) في ثانية واحدة $\mathbf{Power} = \frac{\mathbf{work}}{\mathbf{Time}}$

$$W = ALρg(H_S + H_d) \qquad \text{..... (15.1)}$$

اذ W: (work)الشغل المنجز(جول) .

وتحسب القدرة المطلوبة بالواط كما يلي :

$$P = ρgQ(H_S + H_d) \qquad \text{..... (16.1)}$$

L : طول الشوط m

A : مساحة مقطع المكبس m^2

N : سرعة دوران محور المرفق r.p.m

$\mathbf{Q_t}$: التصريف النظري m^3/sec

H_S : ارتفاع المضخة عن سطح الماء m

H_d : ارتفاع أنبوب الرفع عن المضخة m

$ρ$: كثافة الماء Kg/m^3

g : التعجيل الأرضي $9.81\ m/sec^2$

P : القدرة J/sec

3.9.1 انزلاق المضخة الترددية :-

في المضخات الترددية نجد أن هناك فرقاً عند حساب التصريف الحقيقي للمضخة عن التصريف النظري بسبب التسرب من اجزاء مختلفة منها كالصمامات وعند المكبس نتيجة فرق الضغط ويسمى هذا بانزلاق المضخة وتحسب النسبة المئوية للانزلاق :

$$Slip\% = \frac{Qt - Qa}{Qt} \times 100 \qquad \text{..... (17.1)}$$

$Slip\%$: النسبة المئوية للانزلاق

Qt : التصريف النظري

Qa : التصريف الحقيقي

4.9.1 الفرق بين المضخة الطاردة المركزية والمضخة الترددية

المضخة الطاردة المركزية	المضخة الترددية (المكبسية)
1 - بسيطة في تركيبها لقلة أجزائها	1 - معقدة التركيب لكثرة أجزائها
2 - كفاءتها اقل من الترددية	2 - كفاءتها عالية
3 - تصريفها مستمر	3 - تصريفها متذبذب
4 - تحتاج إلى تهيئة أو تحضير	4 - لا تحتاج إلى تحضير
5 - سهلة الصيانة والتشغيل	5 - تشغيلها يحتاج إلى عناية
6- تتجاوب مع السرعة العالية	6 - لا تتجاوب مع السرعة العالية
7 - تصلح لضخ المياه العكرة والثقيلة	7- لا تصلح لضخ المياه الثقيلة
8 - تتلاءم لإعطاء تصريف عالٍ ضد شحنة واطئة	8 - تتلاءم لإعطاء تصريف قليل مع شحنة عالية
9 - قليلة التآكل والتشقق	9 - كثيرة التآكل والتشقق

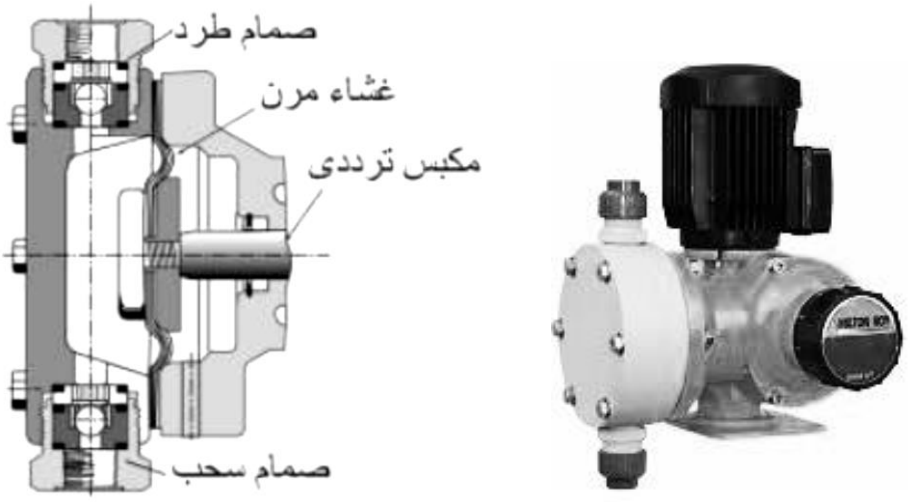
10.1 مضخات ذات الغشاء Diaphragm pumps :

تصنف هذه المضخات ضمن مضخات الإزاحة الموجبة أذ تعتمد هذه المضخات على غشاء مطاط مرن مثبت من محيطه بشكل محكم ضد التسريب وهذا الغشاء يكون بمثابة غطاء حاكم لغرفة ضغط معدنية بها سائل وبها فتحتين إحدهما لدخول السائل والأخرى لخروجه، والغشاء يتحرك حركة ترددية من خلال وسيلة ميكانيكية مثل عمود المرفق أو سائل أو هواء متردد الضغط ويتحكم في دخول السائل وخروجه من غرفة الضغط صمامي عدم رجوع أحدهما في جهة السحب والآخر في جهة الطرد (التصريف) . الخاصية المميزة لهذه المضخات أنها لا يحدث فيها تسريب للسائل وذلك لعدم الحاجة الى مانع للتسرب لعدم وجود مكبس أو كباس يتردد داخل غرفة الضغط ؛ لذلك يمكن استخدامها في التطبيقات التي تشترط عدم تسرب السائل اثناء عملية الضخ كما إنها تعتبر مضخة ذاتية التحضير ويمكنها أن تعمل من غير وجود سائل في

خط السحب ومن غير أن يحدث تلف ، ويتحرك الغشاء عن طريق حركة ميكانيكية أو بواسطة الهواء المضغوط .

1.10.1 المضخات الغشائية المدارة ميكانيكياً Mechanically driven diaphragm pumps:

المضخات الغشائية المدارة ميكانيكياً تشبه المضخات المكبسية في وجود مكبس مثبت في خلف الغشاء ليقوم بتحريكه الحركة الترددية المطلوبة .كما في المضخة ودورة مضخة الغشاء على شوطين ، الأول شوط السحب عندما يتحرك الغشاء ويزداد حجم غرفة الضغط فينخفض الضغط داخلها عن ضغط السحب فيفتح صمام السحب ويغلق صمام الطرد وتمتلئ بذلك غرفة الضغط . والشوط الثاني هو شوط الطرد (التصريف) عندما يتحرك الغشاء للجهة العكسية ويقل حجم غرفة الضغط فيزداد الضغط داخلها عن ضغط خط الطرد فيفتح صمام الطرد ويغلق صمام السحب ليتم طرد السائل في خط الطرد . وقد تصمم هذه المضخات بحيث يتم استغلال الحركة الترددية للمكبس او الغطاس في تشغيل غشاء ليكون شوط السحب في أحد الغشائين وشوط طرد في الغشاء الآخر وهكذا . وتستخدم هذه المضخات في ضخ جرعات لجميع السوائل التقليدية المستخدمة في معالجة المياه والعمليات الصناعية بما في ذلك :الأحماض والقواعد، والمنتجات المكلورة، والتخثر، وفي ضخ الطين الجيرية .يصل الضغط التشغيلي فيها الى (20 bar) معدلات الضخ تصل الى 1200 l/h والتي تتغير كمياتها حسب تصميم المضخة يوضح الشكل (35.1) مضخة غشائية تدار ميكانيكياً

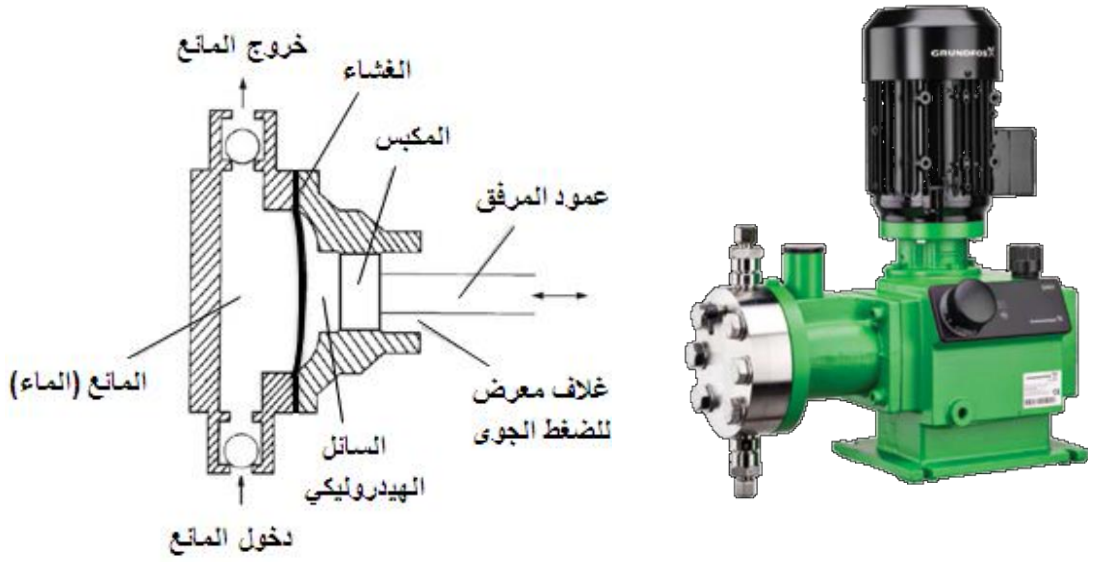


شكل (35.1) مضخة غشائية تدار ميكانيكياً

2.10.1 المضخات الغشائية المدارة هيدروليكياً Hydraulically driven diaphragm pumps:

يختلف هذا النوع من المضخات عن التي تدار ميكانيكياً هو ان المكبس يقترن هيدروليكيا مع الغشاء ، ويعمل الغشاء هنا على اتزان الضغط ، وكونه فاصل بين السوائل التي تضخ والسائل الهيدروليكي ، يستخدم سوائل (زيت) هيدروليكية لخلق الضغط الخلفي(خلف الغشاء) هناك صمام تخفيف الضغط في النهاية الهيدروليكية كحماية ضد الحمل الزائد .تم تجهيز أغشية متعددة الطبقات مع نظام إنذار عند تمزق الغشاء وفقا لمعايير .لذلك ليس هناك أي خطر من اختلاط المواد الكيميائية التي تضخ مع الزيت الهيدروليكي.تعمل عند ضغوط قد تصل (18 – 400 bar) وكمية ضخ (21– 1,330 l/h) هذه الارقام تختلف حسب تصاميم المضخة . يوضح الشكل (36.1) تركيب المضخة. تستخدم المضخة مع المواد الكيميائية الخطرة، والسامة، أو المواد المسببة للتآكل، ولايفضل استخدامها مع المواد التي تحتوي على دقائق صلبة مثل الاطيان وغيرها .

يصنع الغشاء بصورة عامة من مواد بلاستكية ذات مرونة وفي المضخات التي تعمل عند ظروف تكون درجات الحراة عالية تستخدم أغشية تصنع من المعدن.



شكل (36.1) مضخة غشائية تدار هيدروليكياً

3.10.1 مميزات المضخات ذات الغشاء :

1. لا تحتاج إلى تحضير .
2. لاينتج عنها أي تسريب.
3. يمكن أن تعمل وخط الطرد مغلق تماماً .
4. يمكنها ضخ السوائل اللزجة جداً والتي تحتوي على حبيبات صلبة مثل الاطيان .
5. صيانتها بسيطة وسهلة .
6. يمكنها نقل المواد الكيمياوية المركزة والخطرة والمسببة للتآكل .
7. لاتحتاج الى وصلات محورية وعمليات ضبط .

بصورة عامة تقوم المضخات الغشائية بضخ كمية قليلة من السائل في حجم كبير من السائل الأخر وعليه يمكن استخدامها في أي مكان من صناعات النفط والغاز ، امداد الماء ،توليد الكهروحرارية ، الطاقة النووية ، الأدوية ،والأغذية .

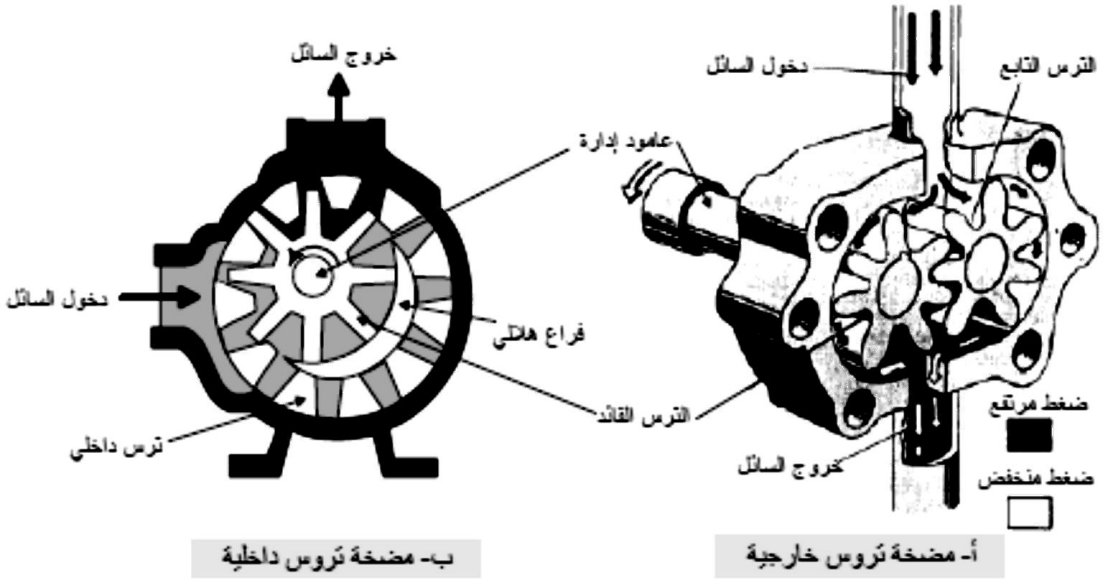
ثانياً : المضخات الدوارة : وتشمل

11.1 مضخات العجلات المسننة (الترسية) Gear pump :

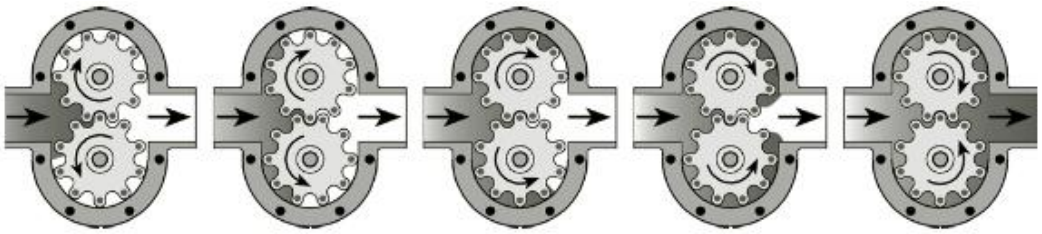
من المضخات الدوارة وتصنف ضمن مضخات الإزاحة الموجبة. تتكون هذه المضخة من مسننين معشقين يدوران في اتجاهين متعاكسين داخل حيز محكم تماما كما يتضح من الشكل (37.1) ويسمى المسنن المتصل بمحرك الإدارة بالمسنن القائد بينما يسمى الأخر بالمسنن التابع. ولمضخات التروس نوعان هما مضخة التروس الخارجية ومضخة التروس الداخلية .

تتصل في مضخة التروس الخارجية أسنان الترسين عند إطاريهما الخارجين كما يتضح من الشكل (37.1،أ). بينما في مضخة التروس الداخلية يعشق الترسين من إطاريهما الداخلين موضح في الشكل(37.1،ب) وتتلخص طريقـــة عمل المضخة بأنــه عندما يدور المسننان يدخل السائل ليملأ الفراغ الموجود بين أسنان المسننين والغلاف اذ يتم إزاحته إلى مخرج المضخة كما يتضح من الشكل (38.1) والمضخة لا تؤدي بذاتها إلى رفع ضغط السائل ولكنها تضـخ السائل في حيـز مغلق مما يسبب ارتفاع ضغطه بإستمرار، لذا يجب استخدام صمام لتنظيم ارتفـاع الضغـط. يقع مدى تشغيل هذه المضخة حول ضغط 35 bar ومعدل تصريف $300m^3/h$ وتستخــدم غالبا لضخ السوائل ذات اللزوجة العالية مثل الزيوت.

مضخة ترس خارجية



الشكل (37.1) مضخة العجلة المسننة

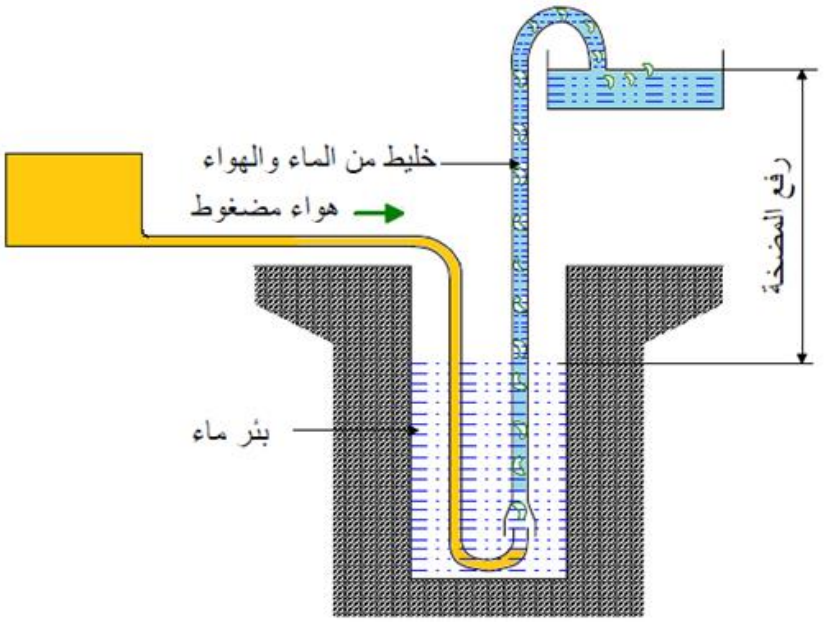


الشكل (38.1) طريقة عمل مضخة العجلات المسننة

12.1 مضخة الرفع بالهواء Air lift pump :

تعتمد فكرة المضخة الرافعة بالهواء التي تستخدم لرفع المياه من الآبار العميقة على ضخ الهواء من أنبوب ضاغطة هواء، ليخرج من الفتحة السفلية للأنبوب وبسرعة كبيرة جدا فيختلط مع الماء مكونا خليطا ذا كثافة اقل من الماء منفردا مما يجعله اخف من الماء المحيط به فيصعد إلى الأعلى عن طريق أنبوب الدفع المغمور إلى إن يصل إلى السطح اذ ينفصل الهواء في الخزان العلوي كما مبين في الشكل (39.1). يستعمل هذا النوع من المضخات لرفع الماء من أعماق تصل إلى 150 م ولكن كفاءتها قليلة وتتراوح مابين 20- 50 % وعلى الرغم من انخفاض كفاءتها إلا أنها تمتاز بالاتي:

1. بساطة التصميم.
2. عدم وجود أجزاء متحركة داخل البئر مما يطيل عمرها الافتراضي.
3. لا توجد مشكلة تزييت لأجزائها.
4. رخص التكاليف المبدئية.



الشكل (39.1) مضخة الرفع بالهواء

امثلة محلولة

1. انبوب قطره 200 mm يسري داخله ماء بتدفق حجمي 200 m^3/h ، احسب سرعة الماء داخل الانبوب.

الحل:

قطر الأنبوب يساوي

$$d = \frac{200}{1000} = 0.2\ m$$

معدل التدفق الحجمي يساوي

$$Q = \frac{200}{3600} = 0.0555\ \ m^3/s$$

مساحة المقطع العرضي للأنبوب يساوي

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi(0.2)^2}{4} = 0.0314\ m^2$$

سرعة الماء

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0.0555}{0.0314} = 1.7675\ m/s$$

2. مضخة تصريفها 250 m^3/hr ترفع الماء مسافة عمودية قدرها 10 m . احسب قدرة المضخة وكفاءة المضخة أذا كانت القدرة الداخلة للمضخة هي 15 kW.

الحل:

الكثافة الوزنية للماء

$$\gamma = \rho \times g = 1000 \times 9.81 = 9810\ N/m^3$$

التدفق ألحجمي للماء

$$Q = \frac{250}{3600} = 0.0694\ m^3/s$$

قدرة المضخة $P = \gamma\ Q\ h = 9810\ \times\ 0.0694\ \times\ 10 = 6812.5\ W$

النسبة المئوية لكفاءة المضخة $\eta = \frac{P}{P_b} \times 100 = \frac{6812.5}{15000} \times 100 = 54.5\ \%$

3. مضخة ترددية ثلاثية قطر الاسطوانة 200 mm وطول الشوط 300 mm يدور محورها بسرعة 120 r.p.m دورة في الدقيقة. عمق مصدر الماء 3 m وارتفاع الدفع 5 m، التصريف الحقيقي 50 liter/s وقطر الأنبوب 50 mm. احسب التصريف النظري والانزلاق في المضخة ومعدل سرعة الماء في الأنابيب والقدرة المائية للمضخة.

الحل:

مساحة مقطع الاسطوانة

$$A = \frac{\pi(0.2)^2}{4} = 0.0314\ m^2$$

مساحة مقطع الأنبوب

$$a = \frac{\pi(0.05)^2}{4} = 0.00196\ m^2$$

التصريف النظري

$$\mathrm{Q_t} = \frac{\mathrm{LAN}}{60} \times n$$

اذ n عدد اسطوانات المضخة لكونها ثلاثية الفعل .

$$\mathrm{Q_t} = \frac{0.3 \times 0.0314 \times 120}{60} \times 3$$

$$\mathrm{Q_t} = 0.0566\ \mathrm{m^3/s}$$

$$\mathrm{Q_t} = 56.6\ \mathrm{liter/s}$$

إما الانزلاق فيحسب من المعادلة الآتية:

$$\boldsymbol{Slip}\% = \frac{\boldsymbol{Qt - Qa}}{\boldsymbol{Qt}} \times \mathbf{100} = \frac{56.6 - 50}{56.6} \times 100$$

$$\boldsymbol{Slip}\% = 11.661\%$$

أما معدل السرعة في الأنابيب

$$V = \frac{Q}{a} = \frac{0.05}{0.00196} = 25.5\ m/s$$

أما القدرة فتحسب من المعادلة الآتية :

$$P = \gamma Q h = 9810 \times 0.05 \times (5 + 3) = 3924\ W$$

4. احسب السرعة النوعية لمضخة سرعتها 1400 r.p.m ومعدل تصريفها 550 m^3/h وترفع الماء بارتفاع كلي قدره 45 m. وبين نوع المضخة ؟

الحل:

معدل التصريف (التدفق ألحجمي للماء)

$$Q = \frac{550}{3600} = 0.153\ m^3/s$$

السرعة النوعية :

$$N_s = \frac{N \cdot \sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

$$\boldsymbol{N_s} = \frac{1400\sqrt{0.153}}{45^{3/4}} = 31.5$$

∴ نــوع المضخــة ذات الجريــان القطري Radial - flow

5. مضخة عاكسة مفردة الفعل ذات غطاس قطره 16cm وارتفاع الشوط 24 cm كمية التصريف 180 liter /min وعدد دورات المضخة 40 r.p.m دورة بالدقيقة . أوجد التصريف النظري والنسبة المئوية للانزلاق ؟

$$Q_{act} = \frac{180}{1000\times60} = 0.003\ m^3/s$$

$$\mathrm{Q_t} = \frac{\mathrm{LAN}}{60}$$

$$A = \frac{\pi(0.16)^2}{4} = 0.02\ m^2$$

$$\mathrm{Q_t} = \frac{0.24 \times 0.02 \times 40}{60} = 0.0032$$

$$\boldsymbol{Slip}\% = \frac{Qt - Qa}{Qt} \times 100 = \frac{0.0032 - 0.003}{0.0032} \times 100$$

***Slip%* = 6.25 %**

أسئلة الفصل الأول

1. اذكر التصنيفين الأساسين للمضخات.
2. عدد أجزاء المضخة الطاردة المركزية.
3. اشرح وظيفة الغلاف في المضخة الطاردة المركزية وبين أنواعه.
4. ارسم شكل منحنى الارتفاع - التصريف لمضخة طاردة مركزية.
5. عدد أهم أجزاء المضخات الترددية (المكبسية).
6. وضح أهم الفروق بين المضخات الطاردة المركزية والمضخات الترددية (المكبسية).
7. ما الحاجة إلى استخدام المضخات التوربينية والغاطسة وما الفرق بين الاثنين؟
8. عدد أهم ملحقات المضخة الطاردة المركزية.
9. ما هي العوامل التي يجب أخذها بنظر الاعتبار عند نصب المضخات؟
10. ما هي أسباب وجود حرارة زائدة في كراسي التحميل عند عمل المضخة؟
11. ما هي الأسباب التي تجعل المضخة لا تدفع السائل أو الماء ؟
12. ما هي أسباب ظاهرة التكهف ؟
13. متى تستخدم المضخات المحورية ؟
14. ما هي مزايا مضخة الرفع بالهواء ؟
15. يسري ماء بمعدل 300 m^3/h في أنبوب قطره 200 mm،احسب سرعة الماء في أنبوب؟
16. مضخة تصريفها 300 m^3/h ترفع الماء بارتفاع عمودي 15 m.احسب قدرة المضخة ؟
17. احسب ضغط الماء نتيجة لارتفاع عمود ماء قدره 45 m ؟
18. احسب السرعة النوعية لمضخة سرعتها 1500 rpm وتصريفها 1800 m^3/h وترفع الماء بين منسوبين المسافة العمودية بينهما 30 m ؟
19. مضخة طاردة مركزية تنقل ماء من خزان يرتفع مستوى الماء فيه 3m عن مستوى المضخة . اذا كان منسوب الأرض 200m فوق سطح البحر والفقد الكلي في أنبوب السحب 1.5m ، وارتفاع السحب الصافي الموجب المطلوب NPSHr والمحدد من مواصفات الشركة الصانعة هو 9.4m . هل تعمل المضخة بشكل جيد دون حدوث ظاهرة التكهف في الحالات الآتية :

1- درجة حرارة الماء 20 درجة مئوية يكون الضغط البخاري للماء عندها 0.238 m .

2- درجة حرارة الماء 71 درجة مئوية يكون الضغط البخاري للماء عندها 3.3m .

الجواب: 1- (NPSHa = 11.362m) 2 - (NPSHa =8.3m)

20. مضخة طاردة مركزية تم تركيبها فوق مستوى الماء بمسافة 4 متر ، الضغط الجوي 9.84 m والضغط البخاري للماء عند درجة حرارة التشغيل 1.01 m وارتفاع السحب الصافي الموجب المطلوب 2m ومقدار الفقد في جهة السحب 1.5 m . بين هل يحدث تكهف في هذه المضخة ؟ أذا لم يحدث فما هو أقصى أرتفاع توضع فيه المضخة من سطح الماء ولا يحدث التكهف ؟ الجواب (5.33m)
21. مضخة ترددية ثنائية قطر الاسطوانة 150 mm وطول الشوط 250 mm يدور محورها سرعة 150 دورة في الدقيقة. عمق مصدر الماء 5m وارتفاع الدفع 5m، التصريف الحقيقي 20 liter/s وقطر الأنبوب 40 mm. احسب التصريف النظري والانزلاق في المضخة ومعدل سرعة الماء في الأنابيب والقدرة المائية للمضخة ؟

22. مضخة عاكسة مفردة الفعل ذات مكبس قطره (40cm) وارتفاع الشوط (30cm) ترفع الماء إلى علو أجمالي مقداره (12m) فإذا كانت سرعة المضخة (50 r.p.m) والتصريف الحقيقي للمضخة ($0.03m^3/s$).أحسب نسبة الانزلاق والقدرة الحصانية اللازمة المضخة؟
23. ماهي مكونات المضخات الغشائية وماهي خصائصها ، وانواعها ؟
24. ماهي مميزات المضخات الغشائية ؟
25 . ما طرائق تنظيم استقامة المضخة مع المحرك عددها وماهو الفروقات بينها ؟

الفصل الثاني

2. الصمامات (Valves)

1.2 استعمالات وتركيب الصمامات Use and installation of valves:

تستعمل الصمامات لأجل السيطرة على جريان وتوجيه مسار المواد التي تنتقل بوساطة الأنابيب،ويمكن تلخيص فوائدها كما يأتي :

1 – التحكم في الجريان ويشمل :

أ ـ السيطرة على تصريف المياه .

ب ـ السيطرة على توجيه المياه مثل **الصمام ألبوابي** .

2 – عامل أمان في حالة ازدياد الضغط عن قيمة معينة يعمل **صمام الأمان** على تفريغ الهواء من (شبكة الأنابيب) ومن ثم يقلل الضغط داخل الشبكة ويمنع وقوع الحوادث .

3 – صمامات الحماية مثل **صمام عدم الرجوع (أو صمام لا إرجاعي)** الذي يستخدم لمنع دخول (رجوع) المائع عند حصول أي خلل في المضخات .

وبشكل عام تقسم الصمامات وفقاً للضغط التشغيلي إلى مجموعتين:

1. صمامات الضغط العالي .
2. صمامات الضغط المتوسط والواطئ .

كما وتصنف الصمامات وفقاً لما يأتي :-

1- الحجم	Size
2 ـ النوع	type
3 ـ المعدن	metal
4 ـ الضغط	pressure
5 ـ طريقة الربط	connection

بصورة عامة تتكون الصمامات من الأجزاء الآتيـة :

1 ـ جسم للصمام قادر على مقاومة القوى الخارجية التي تصل الصمام نتيجة موازنة الأنابيب .

2 ـ أجزاء الغلق المتحركة (**قرص ، كرة ، سداد**) وهذه الأجزاء تعترض الجريان لتقليله أو إيقافه .

3 ـ أجزاء الحركة الخارجية تستعمل لتحريك الأجزاء الداخلية .

2.2 أنواع الصمامات Types of valves :

1.2.2 الصمام ألبوابي Gate valve :

من أقدم أنواع الصمامات ، يصنع بالإحجام كافة ومختلف المعادن، وسمي بهذا الاسم لوجود بوابة (قرص) عمودي على اتجاه الجريان، ويعتمد في عمله على حركة القرص إلى الأعلى والأسفل داخل جسم الصمام اذ يتعامد على اتجاه الجريان وهو غير اتجاهي (أي انه يمكن ربطه باتجاهين) ولا يستخدم لإغراض تقليل الجريان وأن الفتحتين على استقامة واحدة وينصب في موضعين فقط ، هما :

1ـ موضع الفتح ويتم عند رفع البوابة إلى الأعلى اذ تسمح بمرور المادة .

2ـ موضع الغلق ويتم عند أنزال البوابة إلى الأسفل اذ لا تسمح بمرور المادة .

يتميز هذا الصمام بقلة كلفته وبصعوبة التزييت المستمر لهذا النوع ويجب عدم استخدامه في السوائل الحاوية على موائع مخدشة أو رملية لتجنب خدش السطح الداخلي.

يتكون الصمام ألبوابي كما موضح بالشكل (1.2) من الأجزاء الآتية:

1ـ الجسم: يمثل الهيكل الخارجي للصمام ، يصنع من حديد الزهر وتوجد فيه فتحتان تسمحان لمرور السائل باستقامة واحدة.

2ـ الغطاء: يربط بالجسم بوساطة براغي ، يمر من خلاله العمود الملولب وتثبت فوقه بوشه الحشو يصنع من حديد الزهر.

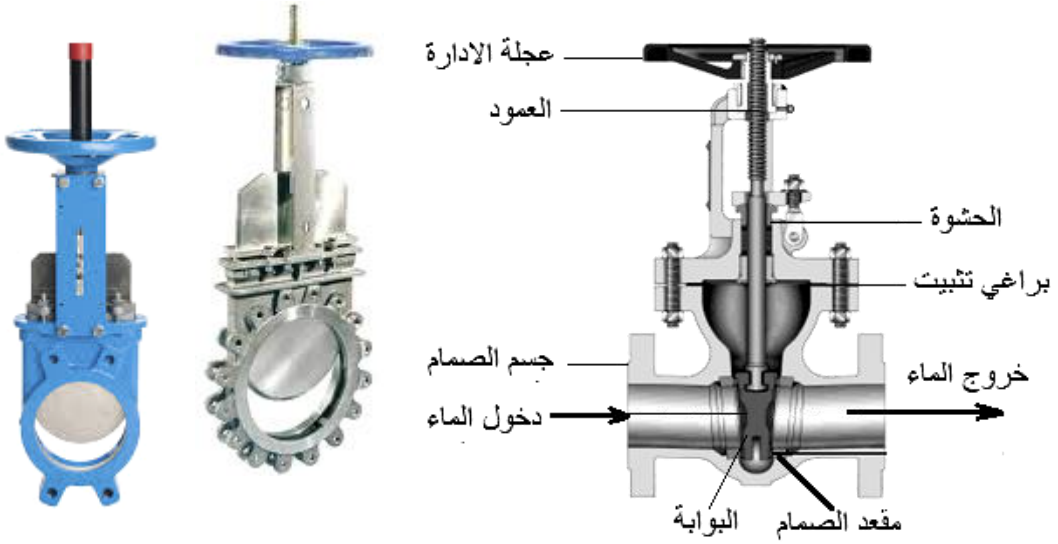
3- بوشه الحشو: تربـط فـي الغطاء بوساطـة براغـي وتمنع مرور السائل من خلال الحشوة الموجودة ، يتحرك العمود من خلالها وتصنع من حديد الزهر .

4- العمود الملولب : يصنع من البراص او من الصلب المقاوم للصدأ ، يربط عجلة اليد بالبوابة.

5- البوابة : عبارة عن قرصين متصلين ببعضهما ومصنوعين من البراص أو الصلب المقاوم ويتم بواسطتها غلق وفتح الصمام ويمكن أن يكون قرصاً واحد.

6- عجلة اليد : تصنع من حديد الزهر وبواسطتها يمكن السيطرة على فتح وغلق الصمام.

7- البراغي والصامولات : تستعمل لربط أجزاء الصمام مـع بعضـها ، وتصنع مـن الصلب الكربوني.



شكل (1.2) أنواع من الصمامات ألبوابية

2.2.2 الصمام الكروي Globe valve :

عملهُ الأساسي هو تنظيم جريان المادة في الأنبوب وحسب متطلبات التشغيل وينصب في ثلاثة مواضع :

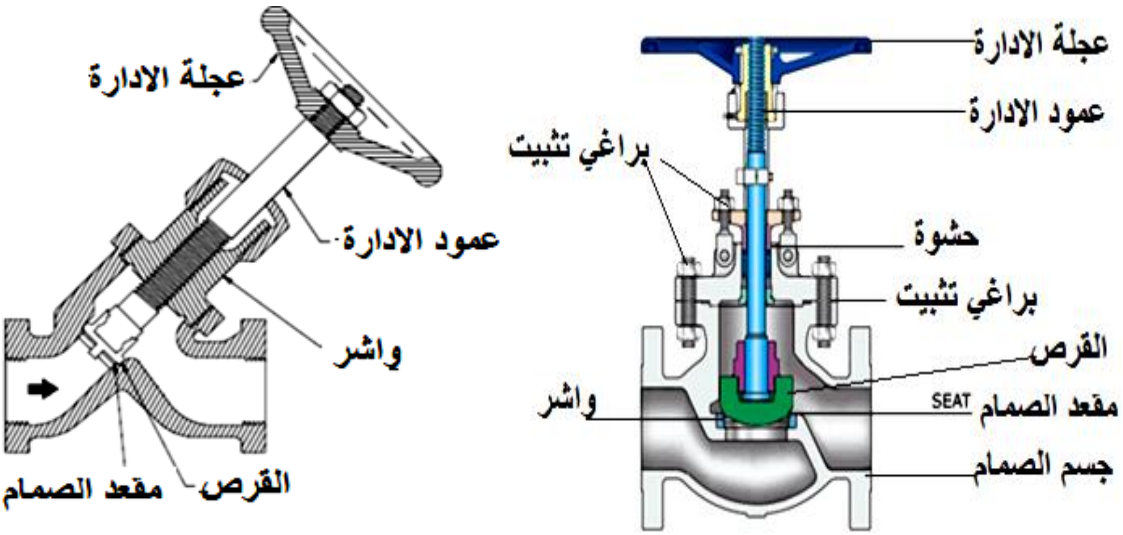
1- موضع الفتح يسمح بمرور المادة من خلاله .

2- موضع الغلق اذ يمنع مرور المادة من خلاله .

3- موضع التنظيم هو أي موضع وسطي بين الموضعين السابقين .

هذا الصمام اتجاهي ويربط باتجاه واحد اذ يوجد سهم يشير إلى دخول المادة إلى فتحة الدخول في الأسفل والخروج في الأعلى. بسبب تصميمه يستخدم على الأكثر للخنق Throttling أو لتقليل الجريان ، كما يمكن استخدامه في صمامات السيطرة Control valves ويتميز بكون المسافة بين وضع الفتح الكلي .F.O والغلق الكلي .F.C قريبة وإمكانية استبدال الأجزاء الداخلية بسهولة ، الشكل (2.2 أ).

من التصاميم الأخرى لهذا النوع من الصمامات هو المائل Y-body type والمبين في الشكل (2.2 ب) اذ يكون بزاوية °45 وهو مناسب للضغوط العالية، وللجريان المتقطع، يكون فقدان الضغط Pressure Loss فيه قليلاً. تحتاج الأحجام الكبيرة منه إلى الكثير من الطاقة لتحريكه. هو أثقل وزناً من الصمامات الأخرى لمعدل الجريان نفسه ، كلفته واطئة ، وصيانته بسيطة وقليل النضوحات و يمكن استخدامه مع السوائل المخدشة.

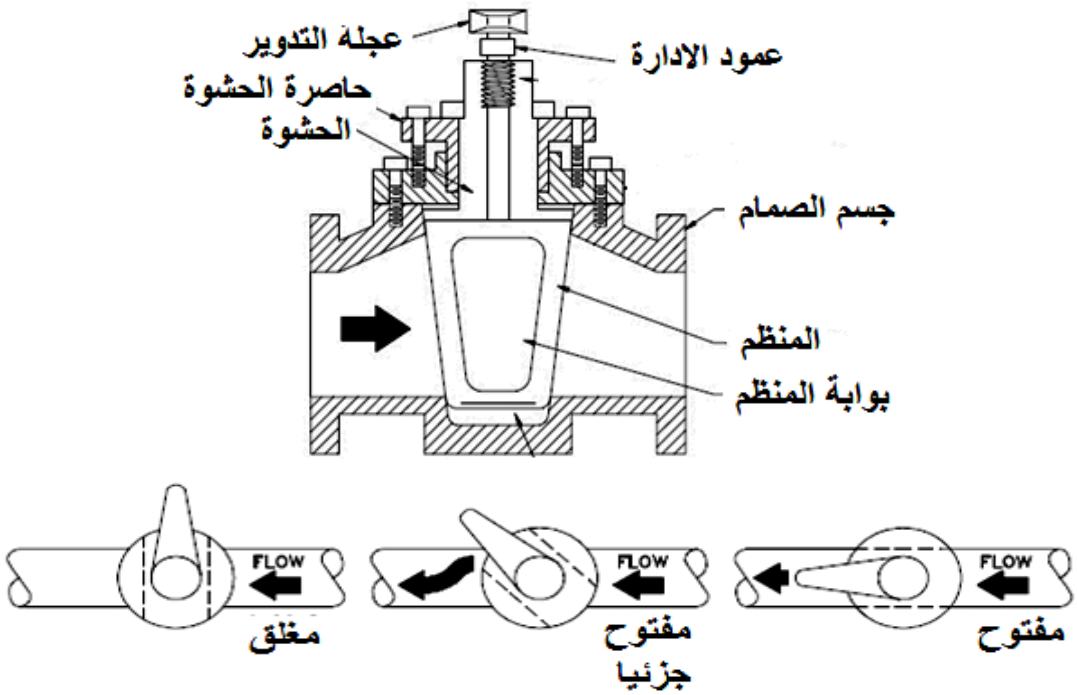


(ا) النوع العمودي (ب) النوع المائل

الشكل (2.2) الصمام الكروي

3.2.2 الصمام ذو المنظم Plug valve :

يشبه الصمام البوابي من ناحية الاستعمال (الشكل3.2)، يحتوي على منظم على شكل مخروطي ويعد من الصمامات ذات الحركة الدائرية ، ويستعمل لأغراض الفتح الكلي أو الغلق الكلي وذلك عندما تتطابق فتحه المنظم مع فتحة الصمام يسمح بمرور السائل وعند تدويره بزاوية (90^{o}) فإنه يمنع مرور السائل وهو موضع الغلق. لا يفضل استخدمه في نقل المواد الحارة لأن ذلك يسبب انحشار المنظم داخل الصمام وبدأت بعض الشركات باستبداله بالصمام الكروي، ويستخدم للضغوط الواطئة والعالية. وكما في الصمامات البوابية فالسرعة العالية للجريان تؤدي إلى تضرر الأجزاء الداخلية.

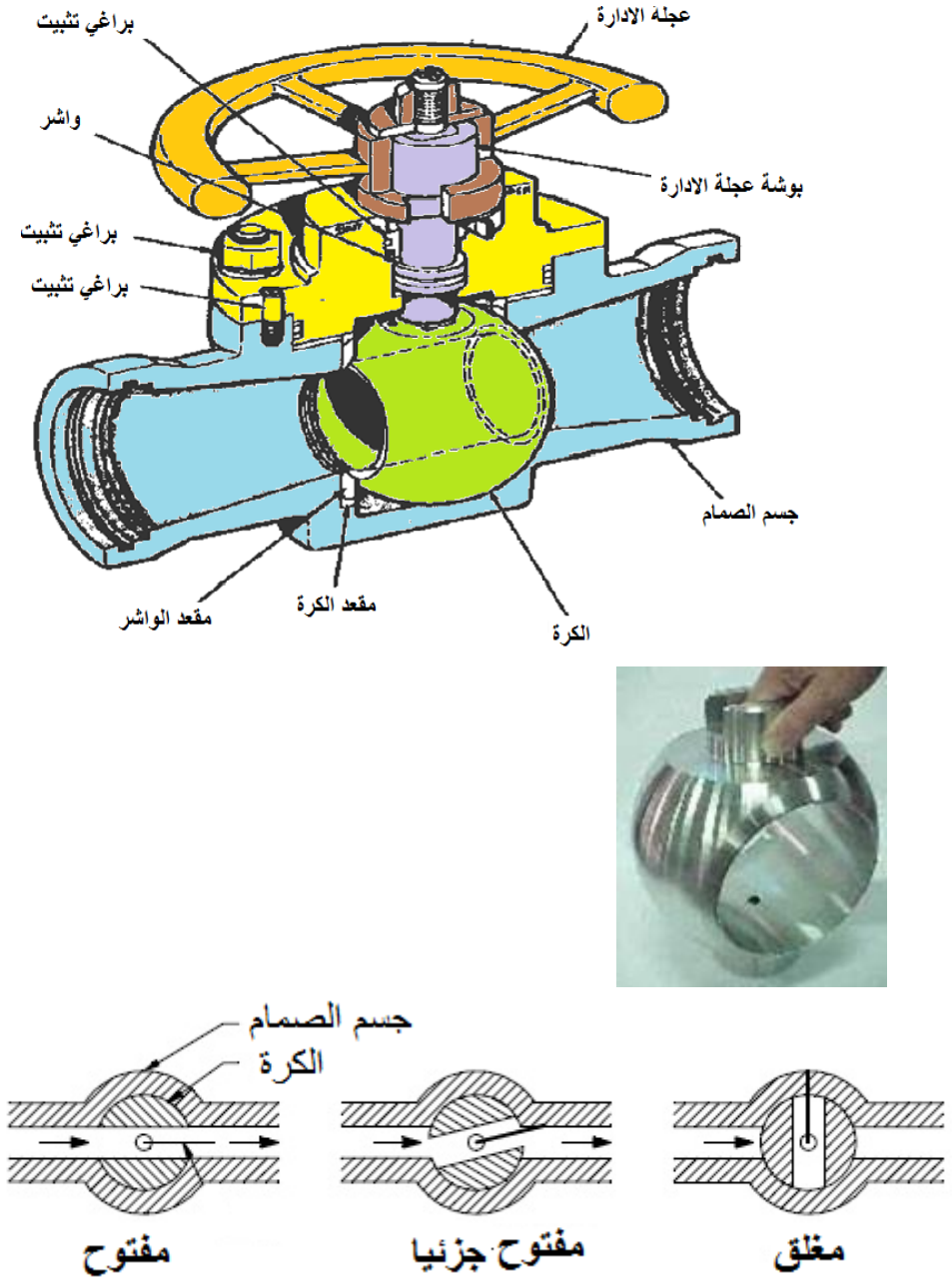


الشكل (3.2) الصمام ذو المنظم

4.2.2 صمام الكـــــرة Ball valve :

يتكون الصمام من كـرة قطـرها مجـوف ، ويمكن تدويرهـا بزاوية 90^{o} كـي تصطف الفتحــة مع مجرى الأنبوب للسماح بمرور السائل أو بزاوية قائمة أخرى لمنع الجريان من خلال تغير جهة الفتحة (غلق الأنبوب) وتستخدم هــذه الصمامات في أغلب منظومات الضخ وتكـون

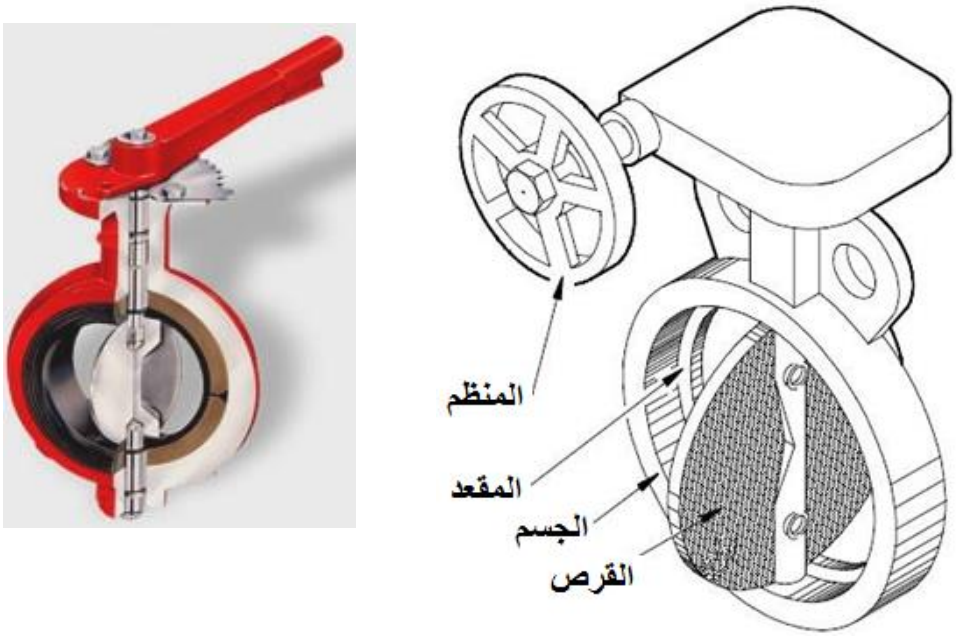
أحجامها صغيرة نسبياً ويتم تغيير اتجاه الكرة بوساطة تحريك العتلة يدوياً وهي تتصل بالكرة بوساطة ذراع مثبت بالعتلة. وتكون هذه الصمامات سريعة العمل. ومن ايجابياته أنــه الأرخص والأقل كلفةً بين جميع الصمامات ومحكم الغلق ، لا يحتاج إلى الكثير من التزييت. ويتحمل ضغوطاً اقل من 5000 psi. أما مساوئه فأنه عند تقليل فتحته سيؤدي إلى تآكل الأجزاء الداخلية بسبب السرعة العالية للجريان كما الشكل (4.2) .



الشكل (4.2) الصمام الكروي Ball Valve

5.2.2 صمام الفراشة Butterfly valve :

وهو من صمامات الحركة الدائرية يمكن استخدامه لإيقاف وتنظيم جريان المائع ، سهل الاستخدام لأن الدوران بزاوية °90 سيؤدي إلى تحول الصمام من وضع الغلق الكامل إلى الفتح الكامل. أما الصمامات ذات الأحجام الأكبر فيتم تشغيلها بوساطة مقابض دائرية. ويكون قطر القرص بقطر الأنبوب. وهو غير مكلف نسبياً، ويسمى في بعض الأحيان صمام ربع دورة Quarter-Turn Valve ويمكن استخدامه لأغراض تقليل الجريان Throttling كما في الشكل (5.2).

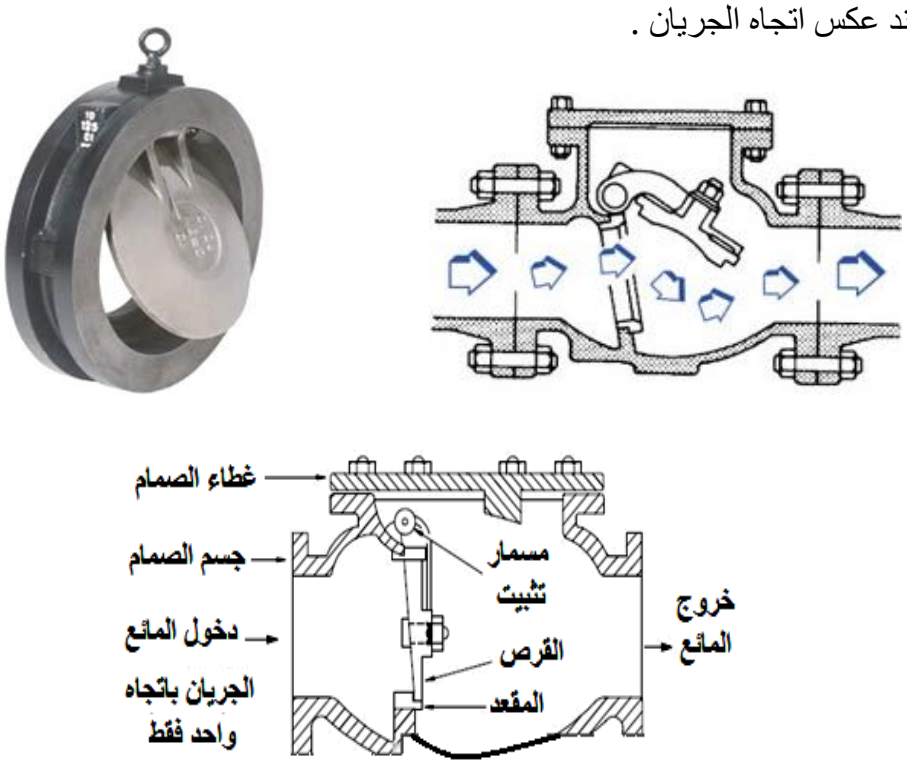


الشكل (5.2) صمام الفراشة

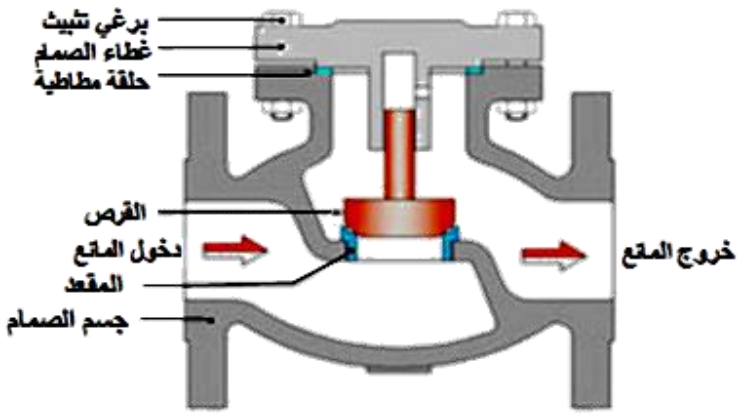
6.2.2 صمام عدم الرجوع (صمام الاتجاه الواحد) Check valve :

يسمح بدخول المادة باتجاه واحد فقط ويسمى اتجاهي ، يربط بعد المضخات مباشرة فعند اشتغال المضخة يفتح الصمام بتاثير الضغط الذي، يدفع البوابة فيفتح الصمام وإذا حدث توقف مفاجئ في المضخة فإن المادة تحاول الرجوع إلى المضخة لكن الصمام سيغلق الفتحة ويمنع رجوع السائل. ويكون على أنواع عدة أحدها هو النوع المتأرجح Swing Type (الشكل 6.2) الذي يُفتح عند ارتفاع الضغط ويُغلق عند انخفاضه مما يؤدي إلى منع الجريان العكسي،

ويستعمل مع الصمامات البوابية (Gate Valve) بسبب فرق الضغط القليل Low Press. Drop. ونوع آخر هي صمامات الرفع اللاأرجاعية (Lift Check valves) (الشكل 7.2) فيستعمل في الأنابيب التي يستعمل فيها صمام الكروي Globe Valve كصمام سيطرة ويمكن استخدامه مع البخار والهواء والغاز والماء وفي سرعات الجريان العالية يستخدم لتحديد اتجاه الجريان، ومنع الجريان العكسي ولا يمكن أن يعّد صمام توقف Shut-Down Valveعند عكس اتجاه الجريان .



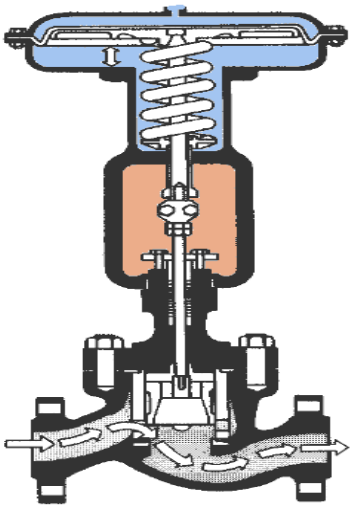
الشكل (6.2) أشكال مختلفة لصمامات عدم الرجوع من النوع المتأرجح Swing Type Check Valve



الشكل (7.2) صمام الرفع اللاأرجاعي Lift Check Valve

7.2.2 صمام تصريف الهواء Relief valve :

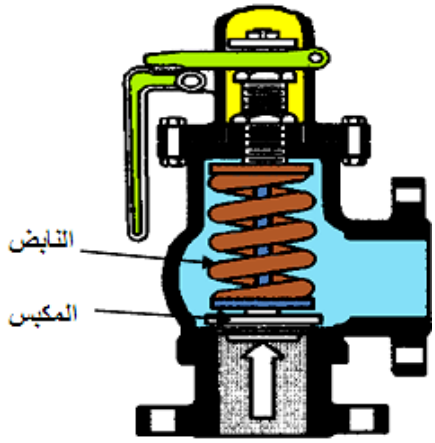
يركب هذا الصمام على مسار الخطوط الناقلة للمياه. يستخدم في تفريغ الهواء أثناء ملأ الخط و طرد الهواء. لا يحتوي على عجلة وإنما يحتوي على نابض يسيطر على القرص. عملية فتح وغلق الصمام تتم بتأثير النابض وضغط المادة المسلطة على وجه القرص وتعمل بصورة ذاتية ،الشكل (8.2).



الشكل (8.2) صمام تصريف الهواء

8.2.2 صمام الأمان Safety valve :

لحماية أنابيب الشبكة من الضغوط المرتفعة التي يمكن أن تنشأ في الحالات الطارئة ، ويسمى أيضا صمام تخفيض الضغط . يحتوي الصمام على فتحة مغلقة بوساطة مكبس يرتكز على نابض، أو بوساطة بوابة مثقلــة بوزن خارجي (الشكل 9.2)، فإذا زاد ضغط السائل في الأنبوب



الشكل (9.2) صمام الأمان

عـن الحـــد المسموح والمصمم للأنبوب تحمله ، يتحرك عند ذلك المكبس أو البوابة فتنكشف الفتحة ويخرج منها السائل، ويخف بذلك الضغط . يعود بعد ذلك المكبس أو البوابة إلى وضعهما الأصلي بفعل النابض أو الثقل الخارجي

9.2.2 الصمام الغشائي Diaphragm valve :

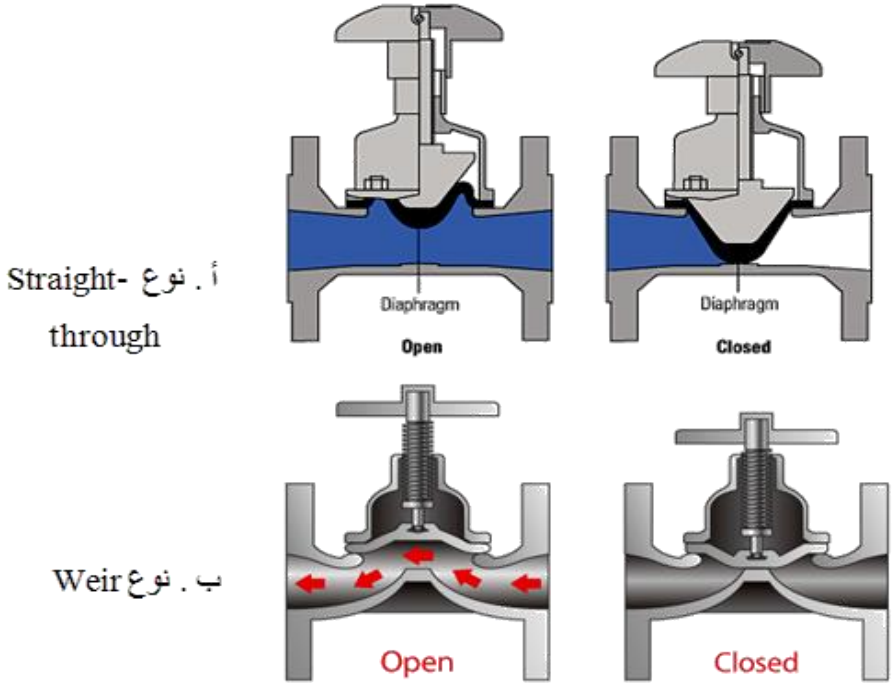
وهو على ثلاث أنواع :-

1- الصمام الغشائي الأنبوبي

2- الصمام الغشائي ألصفائحي

3- الصمام الغشائي ذو الطوافة

يستعمل الصمام الغشائي بصورة عامة لتنظيم سير مواد شديدة التفاعل مثل الحوامض ويحتوى على غشاء من المطاط بدلا من البوابة والقرص في الصمامات الأخرى ، الشكل (10.2) .



ألشكل (10.2) أشكال مختلفة لصمامات الغشائية في وضع الغلق والفتح

أن جميع أنواع الصمامات تربط مع الأنابيب بأحد الطرق التالية :

1- طريقة اللحام

2- طريقة الشفة (الفلنجة)

3- طريقة التسنين

أسئلة الفصل الثاني

1. عرف الصمامات وعدد طرق تصنيفها ؟
2. ما الغرض من استخدام الصمامات ؟
3. اشرح تركيب الصمام الكروي ؟
4. ما هي طرق ربط الصمامات ؟
5. اشرح طريقة عمل صمام عدم الرجوع وما هي أنواعه ؟
6. اشرح تركيب الصمام البوابي مع الرسم ؟
7. لأي غرض يستخدم صمام الأمان ، وما هي أجزاؤه وكيف يعمل ؟

الفصل الثالث

3. الأنابيـــب (Pipes)

1.3 المقدمة Introduction :

تعد الأنابيب إحدى عناصر نقل المواد السائلة والغازية ، وقبل بناء شبكة الأنابيب يجب ملاحظة النقاط المهمة الآتية :

1. نوع المادة التي ستنقل بهذه الشبكة.
2. الوسط الذي توجد فيه الأنابيب هل مكشوفة فوق الأرض أو مغطاة تحت الأرض اذ الترب الجبسية التي تهاجم الأنابيب المعدنية تسبب التآكل فيفضل في هكذا مناطق حمايتها بطرق مختلفة من التآكل ، أما الأنابيب المكشوفة فوق سطح الأرض فإنها تعترض الطرق المؤدية إلى المشاريع أو محطات التصفية والمعالجة .
3. الضغط ودرجة الحرارة في الشبكة.

تستخدم أنواع عدة من الأنابيب في أعمال مياه الشرب والصرف الصحي وتصنع الأنابيب بأقطار مختلفة ومواد مختلفة حسب الغرض منها وموضع استعمالها،ومن أهم المواد التي تصنع منها الصلب وحديد الزهر والألمنيوم والنحاس والبلاستك والزجاج والخزف وتورد إلى مكان العمل بأطوال مختلفة مما يدعو إلى قطعها وثنيها ووصلها لتكون شبكات التغذية أو الصرف ويجب إن تتوافر في الأنابيب ثلاث شروط وهي المتانة، وطول مدة الاستخدام، والاقتصاد في التكاليف ويجب أيضا الاهتمام بحماية أسطح الأنابيب الداخلية والخارجية حتى لا تتعرض للتآكل. ولتمييز نوع المادة المنقولة في داخل الأنابيب تلون هذه الأنابيب بعدة ألوان . فالأنبوب الذي يمر به الماء يلون باللون الأخضر الذي يحمل البخار يلون باللون الأحمر والذي يحمل الهواء يلون باللون الأزرق .

2.3 أنواع الأنابيب Types of pipes:

1.2.3 أنابيب الفخار Pottery pipes :

يعّد هذا النوع من أفضل الأنابيب الحاملة لمياه الصرف الصحي على الإطلاق وهي تستخدم في خطوط الانحدار لإعمال الصرف الصحي فقط اذ إنها لا تتحمل اي ضغط وتنتج بأقطار من 120 ملم إلى 1250 ملم وتصنع من الفخار الحجري قليل المسام متماسك الحبيبات ذي الرنين المعدني الحاد.

ومن أهم خواص أنابيب الفخار:

1- العمر الافتراضي طويل يبلغ عشرات السنين .
2- مقاومة ممتازة للأحماض والغازات المتولدة من مياه الصرف الصحي كما أنها تقاوم التربة من الخارج لذلك فهي لا تحتاج إلى عزل داخلي أو خارجي .
3- رخيصة الثمن .
4- سهولة في التركيب والصيانة .

2.2.3 أنابيب الخرسانة العادية والمسلحة Concrete Pipes :

تنتج هذه الأنابيب باستخدام الاسمنت المقاوم للكبريتات وتنتج بوصلات مرنة وتعمل في خطوط الانحدار لمياه الصرف الصحي فضلاً عن خطوط مياه الشرب وتصنع بطريقة الضغط أو الطرد، والأنابيب التي يقل قطرها عن 120 ملم يصعب تسليحها (الشكل 1.3).

ومن أهم مزاياها:

1- تنتج حتى قطر 300 ملم وفي الخرسانة المسلحة تصل الأقطار إلى 3000 ملم .
2- ذات وصلات مرنة – مما يتيح لها ميزة كبرى – فعند حدوث هبوط للتربة فإن خط الأنابيب يعيد ترتيب أوضاعه دون حدوث إي كسر أو شرخ بالأنبوب.
3- أقل ثمنا من الأنابيب المعدنية.
4- يمكن إنتاجها محليا.
5- يلتصق اللحام الأسمنتي بها أكثر من التصاقه بأنابيب الفخار.

ومن عيوبها:

1- لا تتحمل تفاعل غازات المجاري ويخشى عليها من التآكل إذا كانت غير ممتلئة (مياه المجاري).
2- أثقل وزنا من أنابيب الفخار أو الزهر أو الصلب.
3- عدم الجودة في صنعها في المصانع الصغيرة.
4- تحتاج لعناية في صنعها لإمكان مطابقتها للمواصفات القياسية.
5- ليس من السهل معرفة عيوب أنبوب من الخرسانة بدون إجراء اختبارات خاصة.

الشكل (1.3) إحدى الأنابيب الخراسانية الضخمة المستخدمة في نقل المياه

3.2.3 أنابيب الألياف الزجاجية (الفايبر جلاس) Fiber glass pipes:

تتميز هذه الأنابيب بخفة الوزن اذ يمكن استخدامها وتركيبها حتى قطر 800 ملم يدويا ما يوافر الكثير وتستخدم معدات ذات قدرات بسيطة للتركيب أو مدها داخل الحفر للأقطار أكبر من 800 ملم ، و (الشكل2.3) يوضح هذه الأنابيب.

ومن أهم خواصها :

1- خفة الوزن.
2- تتحمل البرودة والحرارة كما أنها لا تتمدد

3- لا تحتاج لعزل داخلي أو خارجي.
4- عمر افتراضي كبير (تدوم عشرات السنين).
5- سهولة كبيرة في التركيب.
6- تستخدم لشبكة الصرف وشبكة التغذية.
7- غالية الثمن.

الشكل (2.3) أنابيب الفايبركلاس

4.2.3 الأنابيب الحديدية Iron pipes :

تصنع من سبائك الحديد مع الكربون وعناصر أخرى مثل السليكون والمنغنيز والفسفور والكبريت، وسبائك الحديدية تصنف إلى الصلب وحديد الزهر حسب نسبة الكربون فيها فالسبائك التي تحتوي على نسبة لا تزيد عن 2% كربون تعد صلباً أما السبائك التي تحتوي على أكثر من ذلك (2 - 6.67%) فتعد حديد زهر .

أ- **أنابيب الدكتايل (حديد الزهر المرن) Ductile cast iron pipes :**

حديد الدكتايل أو حديد الزهر كروي الجرافيت وهو نوع خاص من الحديد، يتحمل الصدمات القوية ويكون ذو عمر طويل.

يكون معظم أنواع الحديد الزهر هشاً إلا أن حديد الزهر المرن الذي هو أحـــد سبائك حديد الزهر اخترعه كيث ميليس عام 1943، هذا النوع من حديد الزهر يكون مرناً او طرياً بسبب وجود الجرافيت في شكل بنية كروية مما يقلل من فرص تكوّن الشروخ ويحسن مرونتها. حديد الزهر المرن ليس سبيكة واحدة، ولكنه مجموعة من السبائك التي يمكن أن تنتج للحصول على خصائص معينة عن طريق التحكم في البنية المجهريـــة. تتكـــون البنيـــة الكروية بإضافة عناصر أثناء عملية الصهر تعمل كأنوية لعملية التبلـــور والأكثر شيوعاً المغنسيوم وفـــي بعض

الأحيان،السيريوم . جزء كبير من الإنتاج السنوي للحديد الزهر المرن يكون على شكل أنابيب وتدعى بأنابيب الدكتايل، تستعمل لنقل مياه الشرب وخطوط الصرف الصحي. وتعد خياراً أفضلاً في بعض المناطق الوعرة من أنابيب الـ PVC أو الخرسانة أو البولي إيثيلين أو الصلب. تتميز عن باقي أنواع الأنابيب بالعمر الطويل جدا. تكون نسبة الكربون في سبيكة الحديد بحدود (3.3% - 3.4)، وتصنع أنابيب الزهر بصب الحديد الزهر في قوالب رأسية وتغمس الأنابيب بعد صبها في حمام من مركب البيتومين الساخن لتكسيها من الداخل ومن الخارج لوقايتها من التآكل (الشكل3.3).

المقارنة بين مواصفات حديد الدكتايل وحديد الزهر

حديد الدكتايل ذو وزن أخف من حديد الزهر ومع ذلك ذو قـوة تحمل ومقاومــة عالية ضــد الصدمات و درجة تحمل كبيرة للشد يمكن نقله بكلفة أقل ويمكن حمله واستخدامه بطريقة اسهـل من حديد الزهر .

الشكل (3.3) أنابيب الحديد الزهر المرن (الدكتايل)

ب- <u>أنابيب الصلب Steel pipes</u> :

كما ذكرنا أن نسبة الكاربون في سبيكة الصلب لا تتجاوز 2% ،تصنع هذه الأنابيب بطرق عدة منها طريقة فريتز مون (Fritz Moon Process) وتبدأ هذه الطريقة بفــرد ألواح الصلب بوساطـــة آلات خاصة وتقطيعها إلى أشرطة بعرض يساوي القطر المطلوب ويعمل منها لفات يعاد فردها على بكرات خاصة لتمرالأشرطة على آلات لتسوية أسطحها وقص نهايتها

وتلحم أطراف الأشرطة مع بعضها لتكوين شريط طويل لا نهاية له يمر في أتون لرفع درجة حرارة شريط الصلب إلى 1400 درجة مئوية وتنظيف أسطحه بواسطة الهواء المضغوط ثم يمر على اسطوانتين للف الشريط حتى يكون أسطوانة بقطر الأنبوب المرغوب صنعه وبعد تنظيف طرفي الشريط الاسطواني مرة أخرى بالهواء المضغوط يلحم بالكهرباء آليا أثناء مرور هذه الاسطوانة مكونا أنبوب ملحوم يقطع أطوالا متساوية حسب المطلوب.

ما تمتاز به أنابيب الزهر عن أنابيب الصلب:

لأنابيب الزهر سمك يزيد عن أنابيب الصلب ومادته تتحمل التآكل لمدة أطول وخصوصا القشرة الخارجية للأنبوب الزهر ولذلك يزيد عمر أنابيب الزهر كثيرا عن أنابيب الصلب.

ما تمتاز به أنابيب الصلب عن أنابيب الزهر:

1- يسهل نقل وتركيب الأنابيب لخفة وزنها ولا يحدث بها كسر بسبب النقل كما يحدث في أنابيب الزهر التي يتلف منها حوالي 10% بسبب النقل.
2- تتحمل أنابيب الصلب تأثير المطرقة المائية أكثر من أنابيب الزهر كما أنها تصنع لتتحمل الضغوط العالية.
3- تكاليف أنابيب الصلب أقل من الزهر في الأقطار التي تزيد على 450 ملم .
4- نظرا لزيادة طول أنابيب الصلب عن أنابيب الزهر فإن عدد اللحام في الأولى يقل عنها في الثانية مما يوافر في تكاليف التركيب.
5- يسهل عمل أنابيب الصلب بأقطار كبيرة لا تتيسر في صناعة الأنابيب الزهر لزيادة سمك أنابيب الزهر لتحتمل الضغوط الكبيرة.

جـ - الأنابيب المغلونة : وهي انابيب من الحديد و الصلب مطلية بطبقة رقيقة من الزنك او سبيكة الزنك للحماية من التآكل وتتم عملية الطلاء بغمس المعدن في حمام ساخن به الزنك المنصهر.

5.2.3 أنابيب البلاستيك Plastic pipes :

تتميز أنابيب البلاستيك (UPVC) المصنوعة من مادة (بولي فنيل كلورايد) غير اللدن بالنعومة الهيدروليكية نتيجة صغر معامل الاحتكاك للأنابيب مما يؤدي إلى سرعة السوائل داخل الأنابيب فيحدث لها تنظيف ذاتي. يتم تركيب أنابيب البلاستيك بإستخدام حلقات مطاط أو باستخدام المواد اللاصقة للحصول على ربط قوى وسريع لا يسمح بأي تسرب .

أهم مميزات أنابيب البلاستيك:

1- سهلة التركيب – سهلة النقل – سهلة الإصلاح و تتحمل الصدمات.
2- تتميز بالمرونة و تكيفها مع تحركات التربة مما يجعلها مقاومة للكسر.
3- تقاوم الأملاح و الأحماض و القلويات ولا تصدأ.
4- سطحها الداخلي يتميز بالنعومة الهيدروليكية مما يؤدى إلى سرعة تدفق السوائل داخلها وعدم ترسيب الفطريات والأملاح و غيرها.
5- تكلفة إنشاء وتركيب الشبكة أرخص من مثيلاتها من الأنواع الأخرى مع السرعة في التنفيذ.
6- العمر التصميمي الافتراضي لهذه الأنابيب أكثر من خمسين عاماً.

إما المقاومة الكيميائية لأنابيب البلاستيك فتم تأكيده عملياً على أول خط أنابيب بلاستيكي تم تركيبه في ألمانيا عام 1932 اذ تم الكشف عنه في عام 1983 ووجدت الأنابيب محتفظة بخواصها نفسها كما أكدتها الاختبارات العملية التي يتم إجراؤها بصفة دائمة ،الشكل (4.3) صورة لأنبوب بلاستيكي بقطر كبير .

الشكل (4.3) أنابيب البلاستيك UPVC

3.3 طرق ربط الأنابيب Methods of connecting pipes :

هناك وصلات عـــدة للأنابيـــب وكما يأتي :

أولاً : - استخدام مواد لاصـقة

تعّد هـذه الطريقـة مـن الطـرق المحـددة بـأنواع قليلــة مـن الأنابيـب وخصوصـا الأنابيــب البلاســتكية اذ تعتمــد طريقــة الــربط علــى اســتخدام مــواد رابطــة تــدعى (Binder) لهــا القابليــة علــى التــداخل مــع مــادة الأنبــوب وتكــوين سطــح رغـــــوي (Foam) يسـاعد علـى زيـادة المسـاحة السـطحية للالتصـاق ومـن أكثـر المـواد شـيوعاً هـو **السليكون السـائل** (Liquid Silicon) **والأيـبـوكسـي** (Epoxy)

محاسن (مميزات) الطريقة

1 - سهولة الاستعمال والتطبيق .

2 - عدم الحاجة إلى معدات أضافية كماكينة لـحام أو مولد كهربائي .

3 - تحتاج إلى مدة زمنية قصيرة لغرض التصلب .

مســاوئ الطـريقــة

1 - مناطق الربط تكون معرضة للنضوح خصوصـاُ إذا تم ضـخ سـوائل لـها القابلية على إذابة المادة الرابطة أو تعرضها إلى حرارة عاليــة .

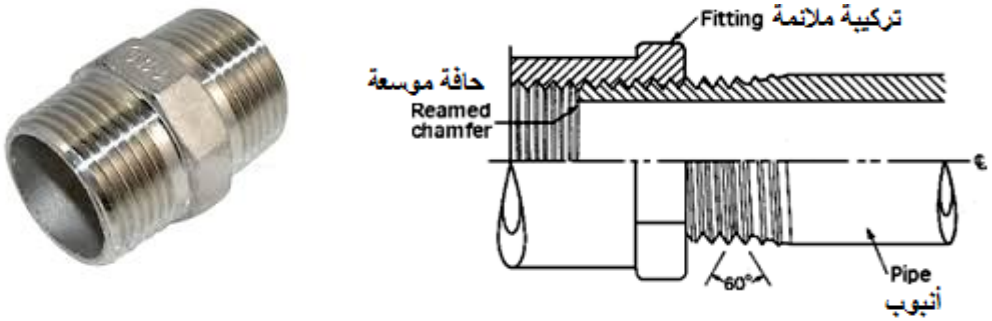
2 - مواقع الــربط يجـب أن تكون فوق الأرض وذلك للسيطرة على النضوحات التي تحدث بسبب أجهادات ميكانيكية .

3 - لا يمكن فحص مناطق الربط بكفاءة عالية وإنما تعتمد على خبــرة العاملين في الربط باستخدام المواد الرابــطة .

ثـانيـاً :- التسنيـن Threading

تعّد هذه الطريقة من الطرق الشائعة في ربط الأنابيب المعدنية التي تتحمل التشغيل الميكانيكي مثل أنابيب الصلب وأنابيب الحديد المغلونة أما الأنابيب البلاستيكية تستخدم هذه الطريقة بالربط عند عدم وجود الحاجة إلى تغيير (فتح أو غلق) الأنابيب بصورة مستمرة لأنه المسننات تتآكل وأيضا لعدم تحمل الأجزاء البلاستكية للأجهادات الميكانيكية الناتجة عن عملية أحداث المسننات .

وتمتاز هذه الطريقة بإمكانية ربط نهايتي الأنبوبين عن طريق استخدام جهاز فتح التسنين (Dice) ويفضل أن تكون المسافة بين سن وأخر أكبر ما يمكن وذلك لضمان كبر المساحة السطحية المتلامسة مابين الأنبوبين اذ إن هذه المساحة السطحية المضغوطة جيداً تؤمن أحكام للجريان مما يؤدي إلى قلة احتمالات حصول النضوح عبر هذه المناطق والاستغناء عن استخدام بعض الإضافات مثل شريط Teflon لمنع النضوح ، فضلاً عن ذلك فأن مناطق التسنين تمتاز بأنها مواقع ضعيفة ميكانيكياً . شكل (5.3)



شكل (5.3) مقطع لأنبوب موضح فيه مناطق التسنين

وهناك نوعاً من وصلة التسنين وهي وصلة السن اللولبية يستعمل فيها حشوة مطاطية لجعل الوصلة (الربط) مانعة لنضح المـاء اذ تسنن النهايـــة الناقوسية للأنبوب مـــن الجهة الداخلية لتنطبق مع حلقة مسننة خارجية. هـذه الحلقة تضغط مقابل الحشـــوة المطاطية لجعل الوصلة مانعة للماء . موضحة بالشكل (6.3) .

شكل (6.3) وصلة السنـون

مميزات الطريـقة

1 ـ تحتاج إلى معدات خاصة لأحداث التسنين .

2 ـ مناطق الربط قوية مقاومـة للنضـوح بصورة جيدة .

3 ـ تحتاج إلى ملاك فني ماهر .

4 ـ لا تحتاج إلى وقت لغرض تصلب المواد أو ما شابه ذلك .

من الضروري جداً عند ربط الأنبوبين بهذه الطريقة أن تكون عمليتي التسنين في الأنبوبين متعاكستين (احدهم مع عقرب الساعة والآخر عكس اتجاه عقرب الساعة) وذلك لضمان مواجهة قمة السن في الأنبوب الأول مع قعر السن في الأنبوب الثاني والعكس صحيح تضمن هذه العملية أحكام الربط . أمـا في حالة إحداث التسنين في الأنبوبين بالاتجاه نفسه هذا يؤدي إلى تقابل قمة السن في الأنبوب الأول مع قمة الأنبوب الثاني وعند الاستخدام يؤدي إلى تلف المسننات وحصول النضوح .

ثـالثـاً : ـ الوصلة ألناقوسيه (التلبيـس)

يستخدم هذا الربط بصورة خاصة في الأنابيب المصنوعة من الاهين التي تمتاز بعدم قابليتها على اللحام أو التشغيل الميكانيكي فضلاً عن ذلك تستخدم هذه الطريقة في ربط الأنابيب الكونكريتية ، اذ يدفع طرف الانبوب الى نهاية الانبوب الاخر الموسعة (الناقوسية Bell)، الشكل (7.3) وتحشى فتحة الفراغ بينهما بحشوة مطلية بالقير ومصنوعة من خيوط القطن أو الجوت بوضع حزام حول الربط ثم يصب الرصاص المصهور ويدق .

أ ـ وصلة الرصاص (المقبع والقابع)

ب ـ وصلة الأنبوب الخرساني المسبقة الصب

شكـل (7.3) الربـط ألناقوسي بأنواعـــه

محاسـن (مميزات) الطريقــة

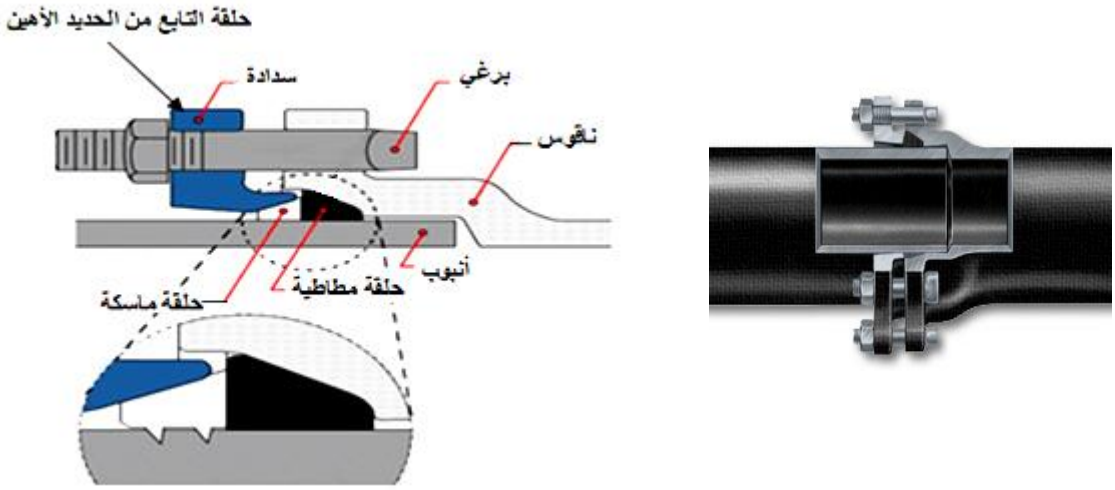
1 - تحتاج إلى معدات وأجهزة متخصصة .

2 - تحتاج إلى كادر فنـي متخصـص .

3 - تمتـاز بمقاومة جيـدة للصدمات الحرارية والميكانيكية إذا أجيد ربـطها وتوصيلها .

رابعـاً : - الوصلة الميكانيكيــة

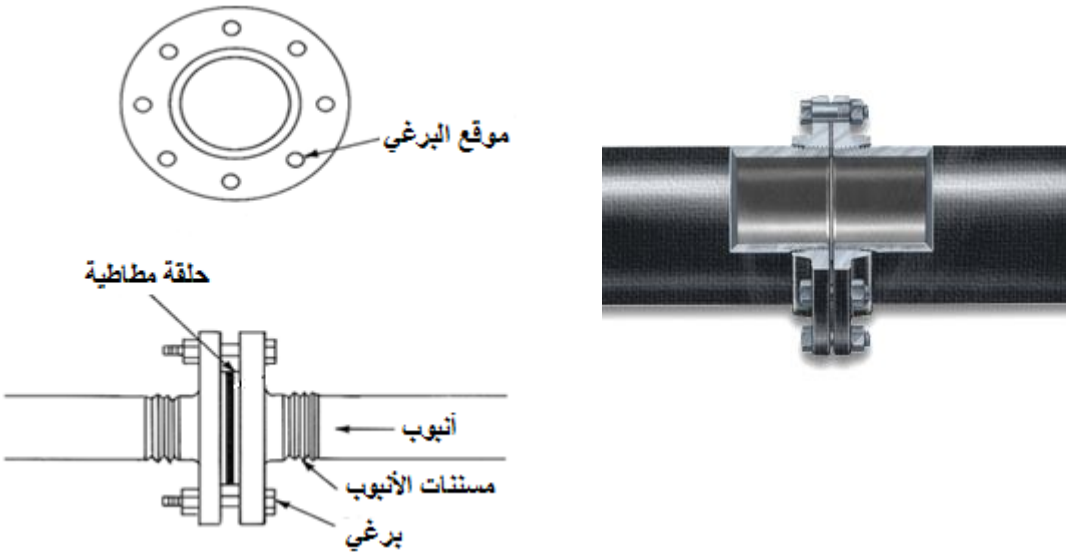
تضغط حشوة مطاطية ذات مقطع عرضي شبه منحرف مقابل النهاية الموسعة ثم تتبعه حلقة من الحديد الأهين تربط النهاية الموسعة (الناقوسية) لجعل الوصلة مانعة للماء وتستخدم مع أنابيب الحديد (من نوع الدكتايل)،الشكل (8.3).



شكل (8.3) الوصلــة الميكانيكيــة

خامسـاً : - وصلة الشفة

أن الوصلة ذات الشفتين (Flanged) تكون ملائمة للأنابيب المعرضة لضغط عالٍ وللأنابيب المعرضة إلى التغيرات في درجات الحرارة اذ تستخدم مع الأنابيب الحديدية مثل حديد الزهر. وتربط لواحق مختلفة في محطات الضخ بالوصلات ذات الشفتيــن . في هذه الطريقة تكون نهايات الأنابيب حاوية على أطار خارجي (شفة) مثقب تستخدم البراغي في ربط هذه الأنابيب عبر هذه الفتحات . فــي نقطـــة التقاء الأنابيب يتم استخدام حلقة مطاطية (Gasket) للربط ، وبسمــك 3 – 5 ملم بين الشفتين وتثبت بواسطة البراغي . موضحة بالشكل (9.3)



شكـــل (9.3) وصلـــة الشفـــة

سادساً : ـ الوصلات المرنـــة

يمكن تغيير اتجاه وانحدار الأنابيب المربوطة بالوصلة المرنة ولغاية قصوى 20. هذه الوصلة بصورة خاصة ملائمة للأنابيب المارة تحت المياه . الشكل (10.3)

شكـــل (10.3) وصلـــة مـــرنـــة

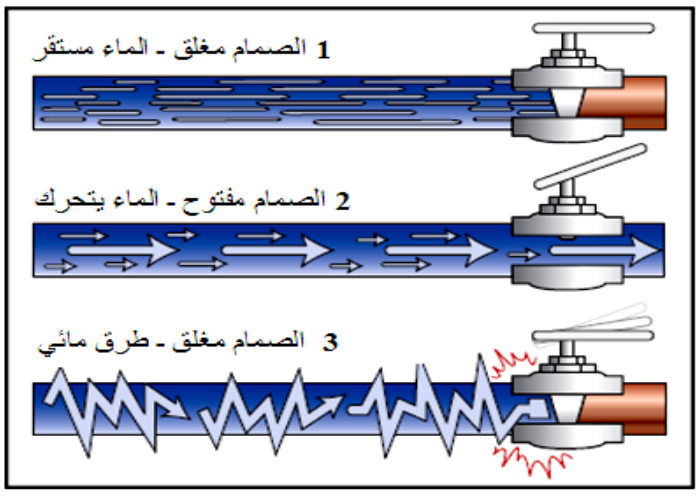
4.3 الطَـــرْق المائـــي Water hammer :

هي ظاهرة هيدروليكية تحدث في الأنابيب بكل أنواعها ومقاساتها لكنها تكون واضحة أكثر في الاقطارالكبيرة والضغوط العالية والسرعات العالية . تحدث نتيجة **إغلاق صمام** مفاجئ أو **توقف المضخات** بشكل مفاجئ وغير متوقع ينتج عنه تحول القدرة الحركية الى قدرة ضغط ينجم عنها فرق بالضغط ينشأ خلال مدة قصيرة جداً قد يؤدي إلى انفجار الأنبوب .

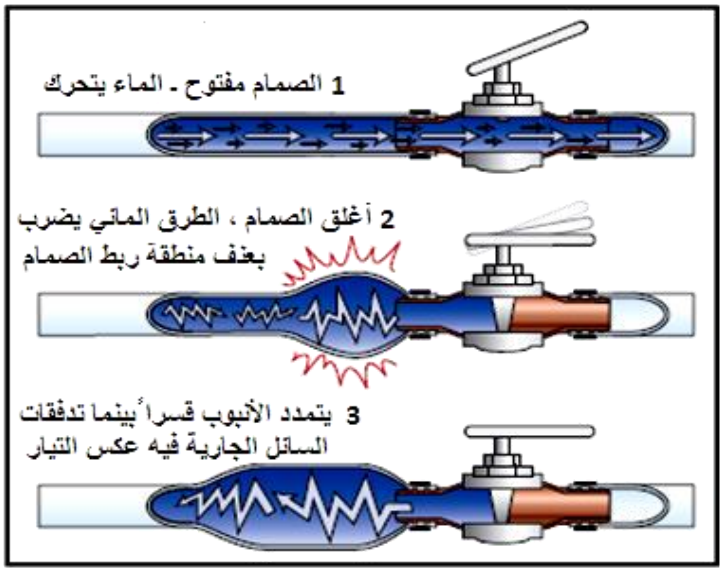
1.4.3 مفهوم ظاهرة الطرق المائي

تحدث المطرقة المائية كما ذكرنا عند إغلاق صمام بشكل مفاجئ أو توقف المضخات بشكل مفاجئ وغير متوقع ، في الحالة الطبيعية يُفتح الصمام تدريجياً بعد تشغيل المضخة ، ويغلق تدريجياً قبل أن توقف هذه المضخة عن العمل، ولا تتشكل في هذه الحالة أي مخاطر تذكر. أما في الحالات الطارئة التي تتوقف المضخة فيها عن العمل فجائياً كما هي الحال عند انقطاع التيار الكهربائي، تتشكل ظاهرة المطرقة المائية، فتنشأ موجة ضغط منخفض تنتشر باتجاه مصب الأنبوب؛ لتنعكس، وتصبح موجة ضغط مرتفع (موجة شديدة) خلف الصمام أو المضخة تصل سرعتها في أنابيب الحديد إلى 1000 متر/ ثا وفي أنابيب البلاستيك 300 متر/ثا. هذه الموجة تؤدي لحدوث مشاكل كبيرة خاصة عند الصمام أو المضخة وعند منطقة وسط الأنبوب وعند نهاية الأنبوب ؛مما قد تسبب الأذى للمضخة والتجهيزات الملحقة بها.

يحدث عند الصمام أو المضخة ضغط سالب كبير في المنطقة بعد الغلق مما يمكن أن يؤدي لتغيير وانقلاب في شكل العزوم في الأنبوب بشكل فجائي مما يسبب اجهادات طرق على الأنبوب شديدة جدا وصوت طرقات عال أو تلف في الصمامات والمضخات ويحدث على الجانب الآخر ضغط موجب كبير ناتج عن ارتطام التدفق المائي بالصمام أو المضخة بشكل فجائي وسرعة ارتداد عالية. الشكل (11.3) و (12.3) يوضحان كيفية حدوث الطرق المائي وتأثير ذلك على الأنبوب .



شكل (11.3) حدوث الطرق المائي بسبب الغلق الفجائي للصمام



شكل (12.3) تأثير الطرق المائي على أنبوب من البلاستك محدثا توسع وتشوه فيه

2.4.3 طرق الحماية من المطرقة المائية

يمكن مبدئياً تصميم الأنبوب أو أي مجموعة من الأنابيب كي تتحمل جميع الضغوط العظمى والدنيا التي يمكن أن تنشأ تحت أي ظروف تشغيلية ممكنة في مدة عمر المشروع؛ إلا أن مثل هذا التصميم يكون في معظم الحالات غير اقتصادي. لذا كان لابد من أتباع طرائق حماية تعتمد على استخدام تجهيزات خاصة أو القيام بإجراءات تحكم في التشغيل مهمتها منع حدوث موجات الضغط العالية أو المنخفضة التي يمكن أن تلحق بالأنبوب أو المجموعة أضراراً جسيمة.

هنالك الكثير من أجهزة الحماية من المطرقة المائية ويختلف تصميم كل منها ومبدأ عمله باختلاف طبيعة الحالة التي تستخدم من أجلها. ولا يتوافر جهاز وحيد مناسب لجميع الحالات ولجميع شروط التشغيل. لذا فعند القيام بتصميم الأنبوب أو مجموعة من الأنابيب فلابد من الموازنة ما بين مجموعة من الخيارات وانتقاء الحل الأنسب وذات الكلفة الاقتصادية المناسبة.

لقد تبين من الحسابات والمعادلات التي تم التوصل لها من تحليل ظاهرة المطرقة المائية في الأنابيب، أن التغير في **الضغط** هو تابع مباشر لمقدار التغير في **سرعة جريان السائل** ؛ لذلك فإن المهمة الرئيسة لأي جهاز أو إجراء حماية من المطرقة المائية يقتضي التقليل من قيمة

التغير في سرعة الجريان أساساً. وهناك عدد من الوسائل الشائعة الاستخدام في الحماية من المطرقة المائية والحالات المناسبة لاستخدامها منها ما يأتي:

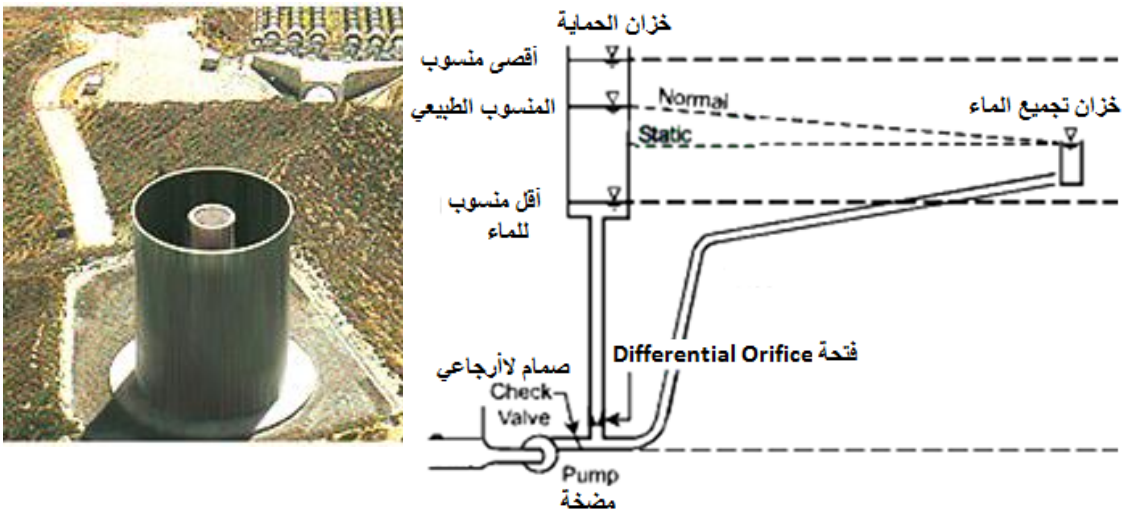
1- الإغلاق البطيء للصمامات

يُعدّ معدل إغلاق الصمام ذا أهمية بالغة في تحديد القيمة العظمى لموجة الضغط الناشئة عن الإغلاق. فإذا كان زمن إغلاق الصمام قصيراً (إغلاق سريع)، فمن المحتمل أن يرتفع الضغط عند الصمام إلى قيم كبيرة مما قد يشكل خطراً على الأنبوب.والحل الأمثل هو اختيار زمن مناسب لإغلاق الصمام بحيث تكون قيم الضغوط العظمى والدنيا الناشئة عن عملية الإغلاق ضمن الحدود المقبولة. ويتم تحديد ذلك بالطرق الحسابية. ويبين الشكل (13.3) صماماً من نموذج فراشة مزوداً بمحرك كهربائي يسمح بتغيير زمن فتح القرص وإغلاقه للتحكم بمقدار ضغط المطرقة المائية الناتج .

شكل (13.3) صمام فراشة مزود بمحرك

2 - خزانات الحماية

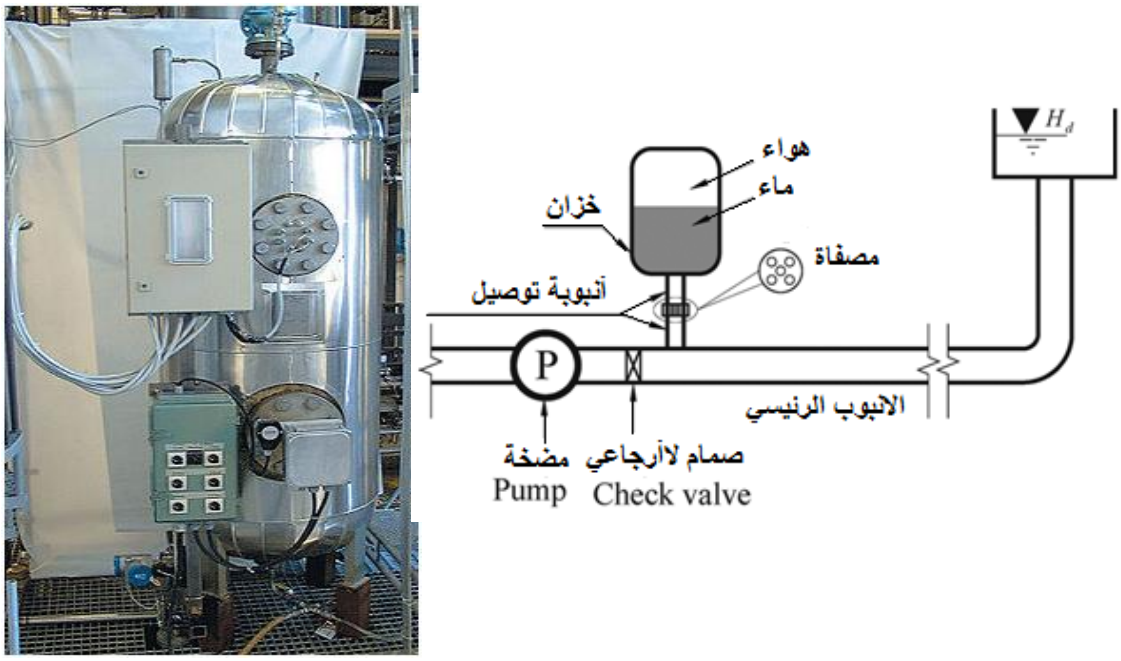
في الحالات التي لا يمكن فيها التحكم في قيم الضغوط العابرة في الأنابيب عن طريق تعديل عملية إغلاق الصمام أو التخفيف من سرعة تباطؤ المضخة ، فإن تحويل جريان السائل إلى خزانات حماية قد يخفف من معدل تباطئه ومن ثم من قيم الضغوط الناتجة من ذلك. يبين الشكل (14.3) صورة لخزان حماية منفذ من «البيتون» المسلح ومفتوح من الأعلى.



الشكل (14.3) مخطط وصورة لخزان حماية

3 ـ خزانات الضغط

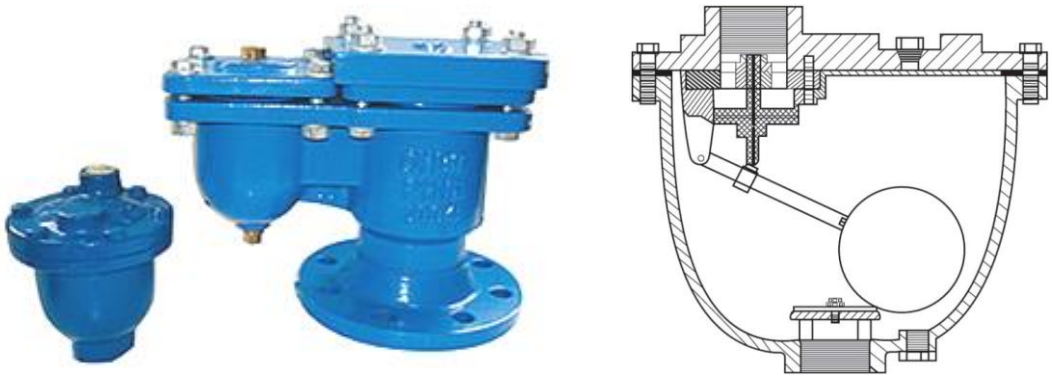
تُستخدم خزانات الضغط في الحالات التي لا يمكن فيها استخدام خزانات حماية مفتوحة من الأعلى لأسباب اقتصادية أو فنية. وخزان الضغط هو وعاء يحتوي على غاز مضغوط في جزئه العلوي (عادة هواء) وسائل في جزئه السفلي. وغالباً ما تستخدم خزانات الضغط وسيلةً للحماية من المطرقة المائية الناتجة من توقف المضخات يوضع في هذه الحالة خزان الضغط عند طرف دفع (جهة التصريف) المضخة وبعد صمام عدم الرجوع. في حال توقف المضخات عن العمل فجأة ينخفض الضغط عند طرف دفع المضخة؛ مما يؤدي إلى تمدد الهواء الموجود في الخزان دافعاً السائل أمامه باتجاه الأنبوب الناقل ومخففاً بذلك من حدة التغير في معدل الجريان في الأنبوب ومن ثم من مقدار الهبوط في الضغط. أما عند انعكاس الجريان في الأنبوب الناقل، فيُغلق صمام عدم الرجوع الموجود عند طرف دفع المضخة، ويتم تحويل كامل الجريان نحو الخزان مما يؤدي إلى انضغاط الهواء وتقلص حجمه. وتؤدي عملية الجريان من الخزان وإليه تمدد الهواء وتقلصه فيه إلى التخفيف من قيم الضغوط الدنيا والعظمى الناجمة الناتجة. الشكل (15.3). لخزانات الضغط ميزات عديدة بالمقارنة مع خزانات الحماية المفتوحة ،أهمها أن حجم خزان الضغط اللازم للحفاظ على قيم الضغوط العظمى والدنيا ضمن الحدود المقبولة هو أصغر دوماً. كما أنه من الممكن تركيبها بشكل أفقي وبالقرب مـــن المضخة، وهـــو ما يتعذر فعله لخزانات الحماية التي قد تكون كبيرة الحجم. أما مساوئها الرئيسة فهي حاجتها إلى ضواغط هواء للتعويض عن الهواء المنحل في السائل وما يتطلب ذلك من صيانة دورية للضواغط.



شكل (15.3) المخطط والشكل الخارجي لخزان الضغط

4 ـ صمامات إدخال الهواء وإخراجه Air valve

عندما ينخفض الضغط في مواقع معينة في الأنبوب الناقل إلى ما دون قيمة الضغط الجوي (حدوث تخلخل بالضغط) ثم إعادة رفع الضغط في مرحلة لاحقة، وما يرافق ذلك من ضغوط عالية؛ يكون من المناسب في هذه الحالة استخدام صمامات إدخال وأخراج الهواء. تتلخص مهمة الصمام أنه يساعد مثلاً في حل مشكلة تجمع الهواء عند النقاط المرتفعة من الأنبوب الطويل الذي يسبب انسداداً جزئياً له وإعاقة للجريان ضمنه، وهنا يسمح الصمام للهواء بالخروج آلياً من الأنبوب. كذلك تحتاج أنابيب الشبكة لتصريف المياه منها دورياً سواء لإجراء أعمال الصيانة أو الإصلاح، يؤدي خروج المياه من الأنبوب عبر صمام التصريف إلى حدوث تكهف في الأنبوب (أي هبوط الضغط فيه إلى ما دون قيمة الضغط الجوي). فإذا كان التكهف شديداً، يمكن للأنبوب أن ينهار بالكامل. وتسمح صمامات إدخال الهواء وإخراجه بدخول الهواء إلى الأنبوب ليشغل الحجم الذي كان يشغله السائل مما يمنع حدوث التكهف. يوضح (الشكل 16.3) صمام ادخال واخراج الهواء.



الشكل (16.3) صمام إدخال الهواء وإخراجه

قد يكون من الأنسب في بعض الحالات استخدام صمامات تحرير الضغط أو pressure relief valves للحماية من موجات الضغط العالية عوضاً عن استخدام خزانات حماية أو خزانات الضغط. ويحتوي صمام تحرير الضغط عموماً على فتحة مغلقة بوساطة مكبس يرتكز على نابض أو بوساطة بوابة مثقلة بوزن خارجي. فإذا زاد ضغط السائل الجاري في الأنبوب عن حدٍ مسبق التعيين (وهو الضغط الأعظم المسموح للأنبوب تحمله مع هامش أمان مناسب)؛ يتحرك عند ذلك المكبس أو البوابة فتنكشف الفتحة، ويخرج منها السائل، ويخف بذلك الضغط. وبعد زوال الضغط المرتفع يعود المكبس أو البوابة إلى وضعهما الأصلي بفعل النابض أو الثقل الخارجي (الشكل 17.3).

شكل (17.3) صمام حماية لتحرير الضغط الزائد

أسئلة الفصل الثالث

1. ما هي خواص أنابيب الخرسانة العادية والمسلحة ؟
2. ما هي مزايا أنابيب الفايبرجلاس ؟
3. ماهي مزايا أنابيب حديد الزهر وماهي عيوبها ؟
4. ما هي المميزات التي تمتاز بها أنابيب الزهر عن أنابيب الصلب ؟
5. ما هي أهم مميزات أنابيب البلاستيك ؟
6. ما هي محاسن ومساوئ ربط الأنابيب البلاستكية بالمواد اللاصقة ؟
7. ما الفرق بين وصلة الشفة والوصلة الميكانيكية ؟
8. ما هي المطرقة المائية وما أسبابها ؟
9. وضح طرق الحماية من الطرق المائي للأنابيب والمضخات ؟
10. وضح فائدة خزانات الضغط في الحد من ظاهرة الطرق المائي وكيفية عملها ؟

الفصل الرابع

4. التخثير والتلبيد وعملية الترسيب

(Coagulation & Flocculation & sedimentation process)

1.4 المقدمة Introduction :

تحتوي المياه الخام على مواد عالقة تختلف في حجمها وتتكون من مواد عضوية وطينية ، كما يحتوي على بعض الكائنات الدقيقة مثل الطحالب والبكتيريا. ونظرا لصغر حجم هذه المكونات وكبر مساحتها السطحية مقارنة بوزنها فإنها تبقى معلقة في الماء ولا تترسب أو تحتاج إلى وقت أطول لتترسب . يعتمد الترسيب الطبيعي على حجم هذه المواد الصلبة وأدناه حجم المواد العالقة الصغيرة والمدة اللازمة لترسيبها لمسافة متر واحد :

المواد بقطر 1ملم تحتاج إلى ثواني .

المواد بقطر 0.1 ملم تحتاج إلى 3 دقلئق .

المواد بقطر 0.01 ملم تحتاج إلى 3 ساعات .

المواد بقطر 0.001 ملم تحتاج إلى 300 ساعة.

المواد بقطر 0.0001 ملم تحتاج إلى 1500 يوما .

وبما أن قطر المواد الدقيقة العالقة يترأوح بين 0.001 إلى 0.000001 ملم ، عليه يستحيل الاعتماد على الترسيب الطبيعي في عمليات تنقية المياه، لذلك تحتاج هذه الشوائب العالقة الصغيرة إلى عملية التخثير والتلبيد .

أن مصطلح التخثير (Coagulation) يعني إضافة مادة كيميائية أو أكثر وخلطها مع الماء الخام خلطا جيدا ، وتضاف هذه المواد حسب نوعية المياه ومكوناتها، تسمى هذه المواد بالمخثرات (Coagulants)، اذ تقوم بتجميع الشوائب العالقة بشكل كتل بعملية التكتيل أو التخثير. أما التلبيد (Flocculation) وهي المرحلة التالية يتم فيها تكوين الندف الأكبر حجما التي ترسب لثقل وزنها .

2.4 أنواع المخثرات Types of coagulants :

المخثرات أو ما يسمى بالمروبات هي مواد كيميائية تستخدم لتساعد على تجميع الجسيمات العالقة وترسيبها بسرعة ومن أهمها :

- كبريتات الألومنيوم Aluminum sulfate وقد يطلق اسم الشب (alum) على كبريتات الألومنيوم في الكلام العامي، ولكن هذا الكلام غير دقيق علميا، فخصائصه مختلفة تماما عن خصائص مركبات الشب ،التي تتألف من ملحين بسيطين، تُؤلف باتحادهما بلّورات بنسب ثابتة. و هو عبارة عن خليط من كبريتات البوتاسيوم والألومنيوم ذو الصيغة $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ويُسَمَّى شب البوتاسيوم.
- كلوريد الحديديك Ferric chloride. وكبريتات الحديديك Ferric sulfate.
- كبريتات الحديدوز والجير Ferrous sulfate and lime .

كما تستعمل مواد كمساعدات التخثير من أهمها :

- السليكا المنشطة (سليكات الصوديوم) Activated silica (sodium silicate).
  طين البنتونايت Bentonite clay.
- البولي الكتروليتات poly electrolyte (الكاتيونية موجبة الشحنة ، أو الأنأيونية سالبة الشحنة ، أو المتعادلة الشحنة)

ان كل مادة من هذه المواد لها درجات معينة من الرقم الهيدروجيني (pH) تكون كفائتها أكبر ما يمكن .ويعّد كبريتات الألومنيوم أكثر المواد المخثرة استعمالاً.

3.4 عملية التخثير Coagulation Process :

أن التخثير الجيد يحتاج إلى خلط المواد الكيميائية والماء الخام بصورة متجانسة ويتم ذلك بإضافة المواد الكيميائية إلى الماء في قنوات عند الفقرات الهيدروليكية أو عند مقياس فنشوري أو قبل المضخات أو في أحواض الخلط السريعة . وتتم عملية التخثير في أحواض الخلط السريع التي تدور بسرعة عالية اذ تضاف المخثرات في صورة محلول إلى خزان الخلط السريع ولمدة مكوث 30 - 60 ثانية .

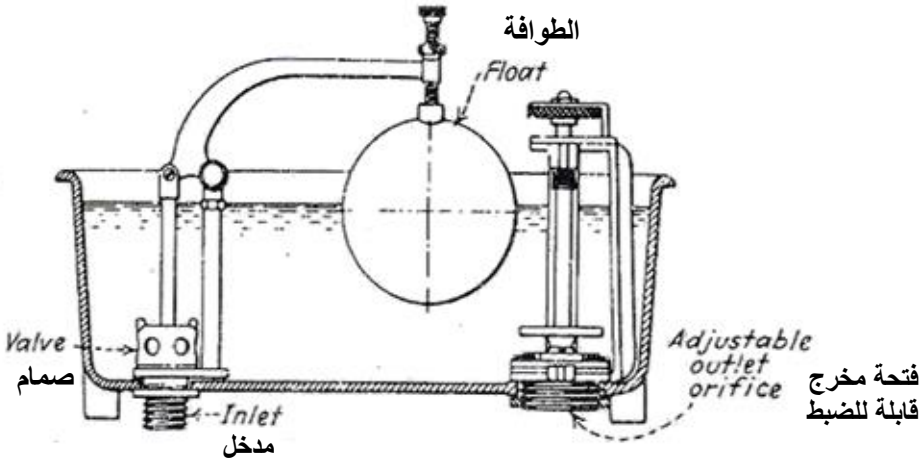
1.3.4 إضافة جرعات المخثر

تحدد كمية الجرعة الفعالة من المخثر المختار مختبرياً التي تعطي اقل عكارة للماء ، بوساطة جهاز فحص الجرة (Jar test) على الماء الخام ، ومنها تحسب كمية المخثر التي يجب أضافته إلى المياه التي يراد معالجتها .

هناك طريقتان لإضافة مواد التخثير للماء هي :

1 – التغذية بالمحلول

وهي طريقة قديمة لإضافة المخثر اذ تستعمل مواد بتركيز معلوم وتجهز وتخزن في أحواض ويوجد حوض أضافي ليتمكن العاملين من أجراء معايرة للتركيز المطلوب ويتم ذلك باستخدام حوض ذو شحنة ارتفاع ثابتة باستعمال صمام عائم Float Valve لضمان جريان ثابت كما في الشكل (1.4) .أن هذه الطريقة تستخدم في العمليات الصغيرة .



شكل (1.4) جهاز تغذية الشب (التغذية بالمحلول)

2- التغذية الجافة

تتم هذه العملية بإذابة المخثر (الشب أو كبريتات الألومنيوم الأكثر استخداما) في احد الأحواض بتركيز عالٍ ثم نقله إلى الحوض الآخر وتخفيفه بالماء الصافي .ثم تقوم مضخات الشب بدفع محلول الشب المركز هذا إلى حوض الخلط السريع . يتم تحضير محلول الشب في تلك المحطات داخل أحواض كونكريتية تعالج سطوحها الداخلية بمواد مضادة للتآكل نتيجة التركيز الحامضي فيها وكذلك الأنابيب والصمامات ، ويتم المزج بمازجة كهربائية وبوساطة نفخ هواء بشبكة أنابيب مثقبة أسفل الحوض.

يحضر محلول الشب في خزان يكفي لتجهيز المحلول لمدة (24) ساعة وبهذا يوجد حوضان سعة كل منهما يكفي للمطلوب من المحلول خلال (12) ساعة ويضــخ المحلول إلى حوض المـزج

السريع (Rapid Mixing) باستخدام المضخات أو الجاذبية. أن الإضافة الجافة تشغل حيزاً أقل ويستغنى فيها عن المجهود المبذول لعمل محلول يمكن ذلك في حالة استخدام كميات كبيرة من المخثرات. كما يمكن تقسيم المخثرات المستعملة من حيث طريقة الإضافة إلى :

- مواد تضاف جافة أو على هيئة محلول مثل الشب وكبريتات الحديديك وكبريتات الحديدوز .
- مواد تضاف على هيئة محاليل فقط مثل كلوريد الحديديك وسليكات الصوديوم .
- مواد تضاف جافة مثل الجير الحي والجير المطفئ ومساعد تخثير طين البنتونايت.

2.3.4 الخلط السريع Rapid mixing :

أن الخلط السريع ضروري جدا في عملية التخثير لتجانس توزيع المخثرات في جميع أجزاء الماء الخام ، والتلامس الأول للمخثر مع الماء هو من أكثر الفترات حرجا في عملية التخثير بأكملها وذلك لأن التفاعل يحدث بسرعة عالية ، وعليه فمن المهم أن يتلامس المخثر والجسيمات الغروية فوراً وان يتم التقليب عدة ثواني من 10 إلى 30 ثانية حتى تتلامس جزيئات المخثر مع الجسيمات المعلقة تلامساً تاما .

أن معظم المواد المخثرة تسبب تآكلاً بسيطاً في المواد المعدنية (Corrosive)، عليه يجب أن تكون الأجهزة والأحواض من مادة تقاوم التآكل أو تبطن بها. في حالة الشب كمادة مخثرة يتم خلطه في أحواض خاصة من الخرسانة المسلحة والمبطنة بمادة مقاومة للتآكل سعة 1-2 متر مكعب بعد أذابته ويجب معايرته بدقة وأضافته إلى الماء الخام بوساطة مضخة خاصة تسمى "مضخة المعايرة " لانها تضخ حجما معايرا بدقة من المحلول تبعا لمعدل تصريف المياه .

وتتم عملية الخلط السريع بطرق عدة وتشمل :

1 - الخلط الميكانيكي .

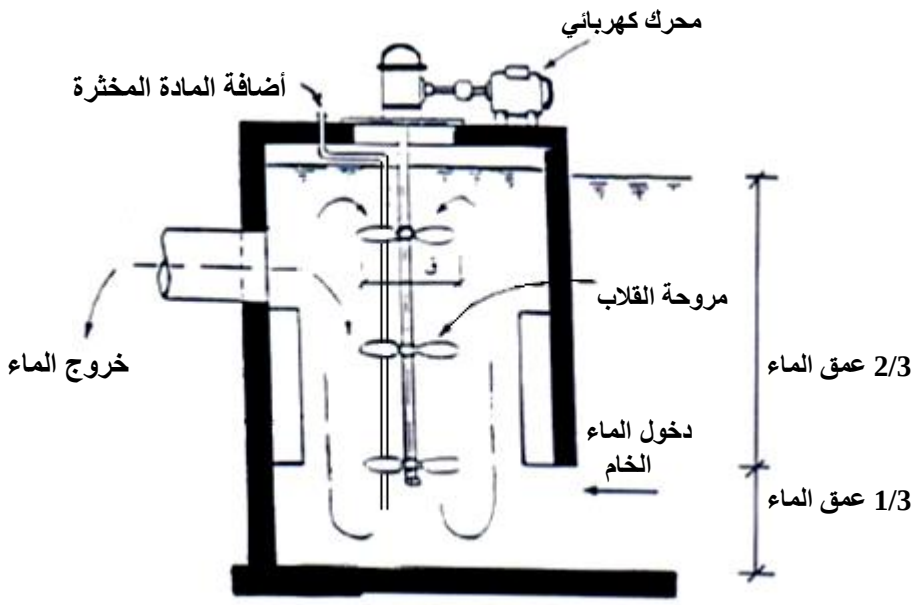
2 - الخلط الهيدروليكي .

3 - الغرف ذات الحواجز.

4 – مضخة التغذية في الخلط

ويتم **الخلط الميكانيكي** بتحريك الماء وتقلبيه بوساطة مراوح بتصاميم مختلفة ، كما في الشكلين (2.4) و (3.4 أ) .

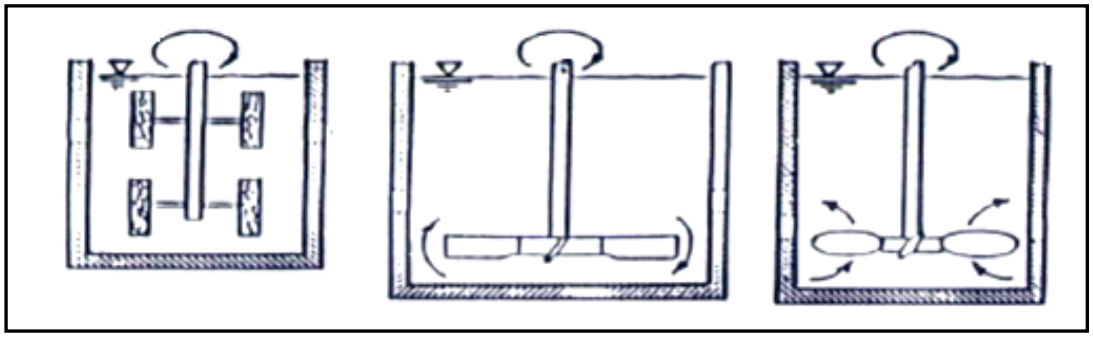
أما **مضخة التغذية في الخط** تقوم بحقن المحلول بواسطة مضخة إلى خط أنابيب المياه فينتشر المحلول في الماء من خلال فتحات في أنبوب التغذية . الشكل (3.4 ب)



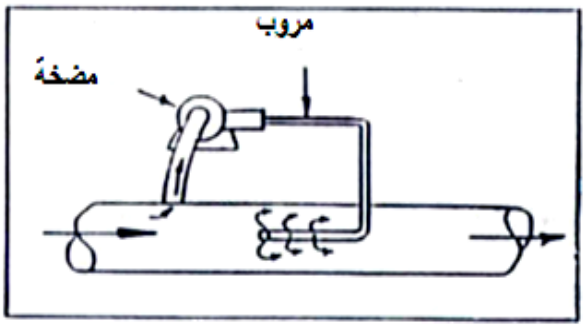
شكل (2.4) حوض الخلط السريع وفيه تضاف المواد المخثرة

ويستخدم **الناشر في الخلط** عن طريق دفع المحلول ليخرج من ثقوب في أنابيب لينشر في الماء كما موضحة في الشكل (3.4 ج)

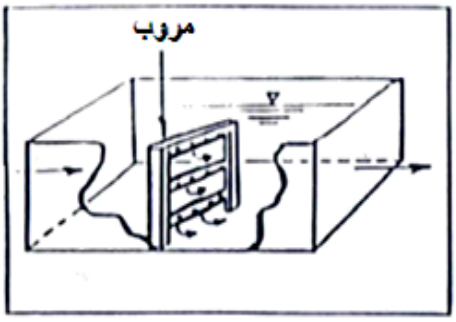
أما **الخلط الهيدروليكي** يكون باستغلال اندفاع الماء وخاصة أذا بلغت سرعة الماء درجة تحدث دوامات من شانها أتمام عملية الخلط .ويتم ذلك اما بوجود صمام دوار او وجود حواجز داخل الحوض . موضحة في الشكل (3.4 د)



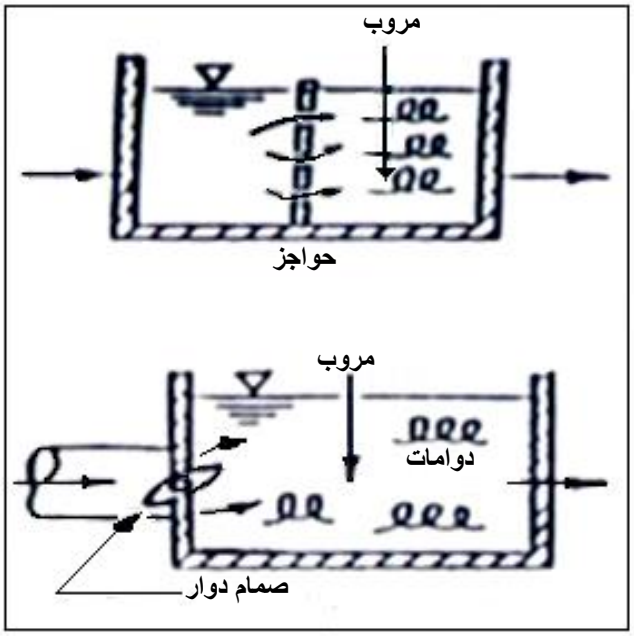
أ - خلاطات ميكانيكية



ب- مضخة تغذية في الخط



ج- الخلط باستخدام الناشر



د- نظام الخلط الهيدروليكي

شكل (3.4) أنواع مختلفة لطريقة مزج المخثرات في أحواض المزج السريع

ويمكن تلخيص مكونات منظومة تهيئة الشب كما يأتي :

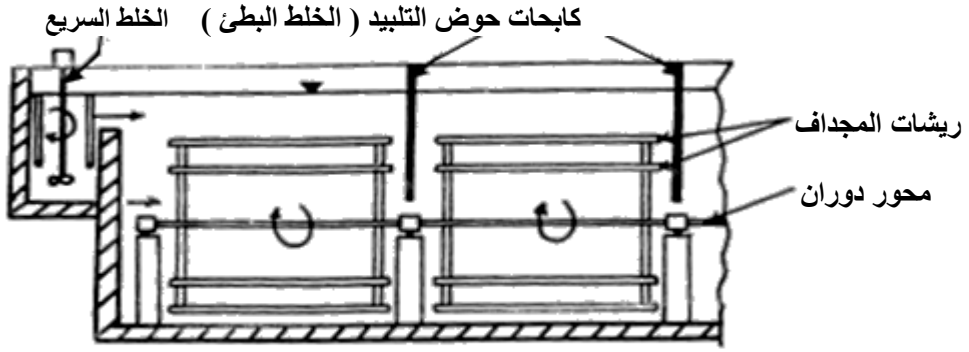
- خزان تحضير محلول الشب ويعتمد حجمه على سعة المحطة ومضخة حقن الشب، ويصنع عادةً من مادة لا تتأثر بمحلول الشب (تستخدم أحواض كونكريتية مغلفة بمادة السيراميك).

- خلاط لضمان إذابة الشب بشكل كامل في خزان محلول الشب (هو خلاط مربوط بصندوق تروس يدار بوساطة محرك كهربائي. يعتمد حجم الخلاط على حجم خزان الخلط) .
- مضخات لحقن الشب شكل (4.4) يعتمد عددها على تصميم المحطة. تستخدم مضخات نبضية (مضخات الغشائية ذات مكبس) في عملية الحقن. ويحرص على عدم تماس المحلول مع أجزاء المضخة "لتلافي التآكل" عن طريق طلائها بمادة عازلة (الايبوكسي) .

شكل (4.4) مضخات حقن الشب

4.4 التلبيـــد Flocculation :

تتكون وحدة التلبيد من حوض ووسيلة للخلط والتقليب البطيء اذ يجري الخلط ببطء وتكون سرعة التصريف خلال الحوض بطيئة لمنع تفتت الندف . أن التحريك وإثارة السائل تزيد فرص التماس بين اللبادات الصغيرة ويسمى هذا بالتلبيد اذ تدمج الجسيمات الغروانية غير المنتشرة للتماس الوثيق مع بعضها مما يعزز جمعها. يعتمد معدل التجميع أو التلبيد على عدد الجسيمات الموجودة والحجم النسبي الذي تحتله الجسيمات وانحدار السرعة في الحوض . زمن التلبيد أو مدة المكث في الحوض يتراوح بين 20- 40 دقيقة . الشكل (5.4) يوضح حوض التلبيد الذي يسبقه حوض الخلط السريع . إن الإسلوب الأكثر استعمالا في عملية الخلط هو النهج الميكانيكي بدواليب ذات مجاديف دوارة أو عنفات مثبتة شاقوليا وتدور ريشات المجداف ببطء أما على محور أفقي أو عمودي مثيرة العالقات الخفيفة التركيز،أو إجراء الخلط أو التقليب هيدروليكيا.



شكل (5.4) حوض التلبيـد ذات مجاديف على محور أفقي

وتشمل خلاطات أو قلابات التلبيد الميكانيكية على أنواع عدة مصنفة حسب طبيعة حركة الريش منها :

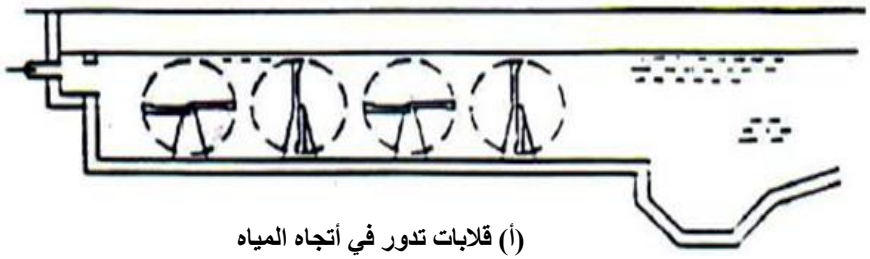
1- القلابات ذات العجلات الأفقية / الرأسية .

2- قلابات مروحية .

3- القلابات التربينية .

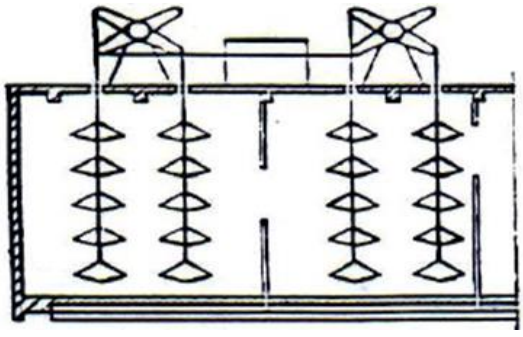
4- القلابات المترجحة .

ويوضح الشكل (6.4) أنواع القلابات .



(أ) قلابات تدور في أتجاه المياه

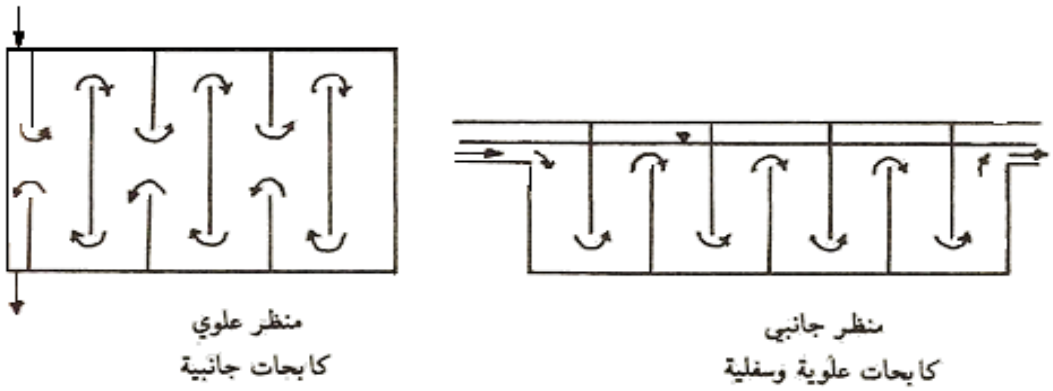
(ب) قلابات تدور عمودياً على أتجاه المياه



(جـ) قلابات تتحرك أعلى وأسفل

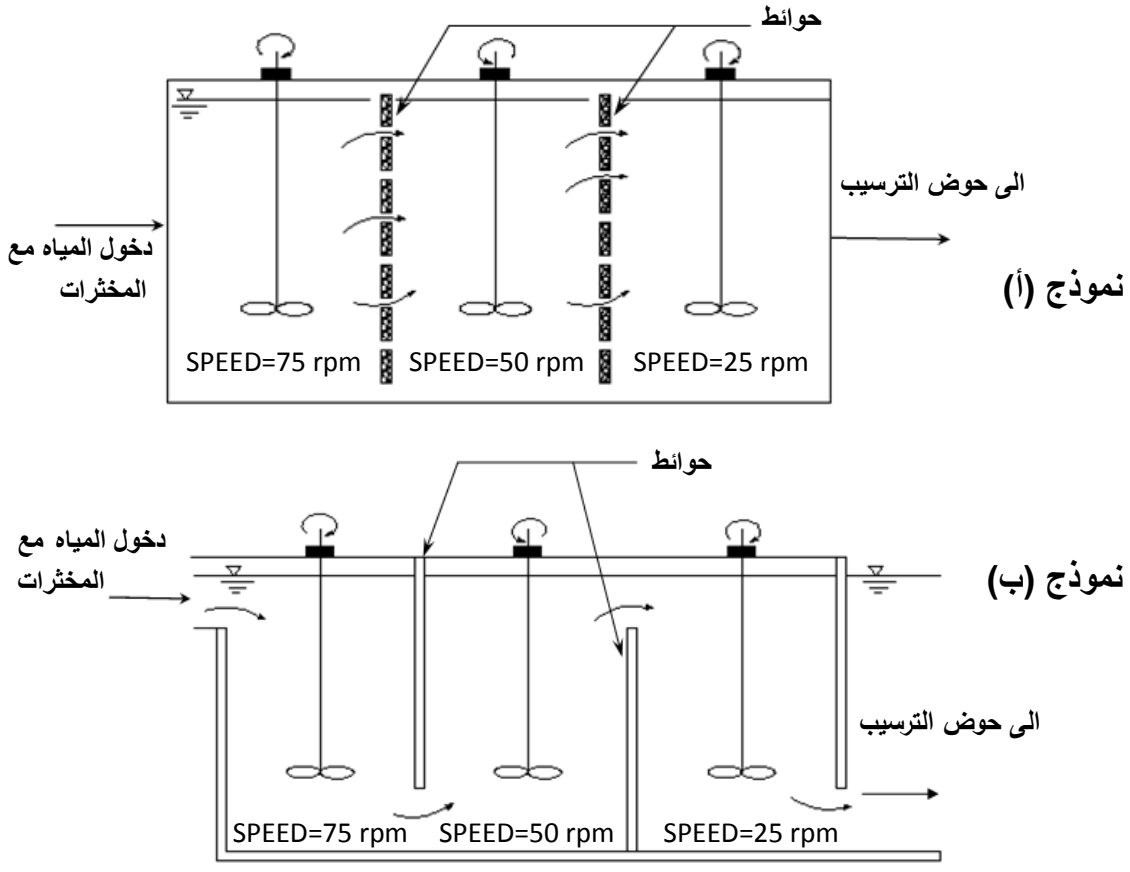
شكل (6.4) أحواض فيها مزج بطئ بالطرق الميكانيكية

ومن أنواع الخلط البطيء هو الخلط بدون أداة تحريك باستخدام كوابح ثابتة في الحوض تعترض طريق الماء مما يسمح بالخلط البطيء له ، موضحة بالشكل (7.4).



شكل (7.4) كابحات حوض التلبيد

وقد تجرى عملية التخثير والتلبيد في حوض واحد مكون من مقاطع كل مقطع تكون سرعة الخلاط فيه مختلفة كما موضحة بالشكل (8.4) (أ) و (ب) ابتداءاً من السرعة العالية 75 دورة بالدقيقة (وهي مرحلة التخثير) وتنتهي بالسرعة البطيئة 25 دورة بالدقيقة (مرحلة التلبيد) . وتصمم الأحواض هذه بحيث تتضمن حساب زمن التلامس والمكوث للماء في كل مقطع منه .



شكل (8.4) نوعان من الأحواض التي تشترك فيها عمليتي التخثير والتلبيد

5.4 عملية الترسيب Sedimentation process :

تعّد عملية الترسيب من أوائل العمليات التي استخدامها الإنسان في معالجة المياه . وتستخدم هذه العملية لفصل وإزالة المواد العالقة والقابلة للترسيب بقوة الجاذبية الأرضية.وتعتمد المرسبات في أبسط صورها على فعل الجاذبية اذ تزال الرواسب تحت تأثير وزنها. بعد عمليتي التخثير والتلبيد يوجه الماء إلى أحواض الترسيب للتخلص من الندف المتكونة التي تترسب وتتجمع في قاع أحواض الترسيب .

6.4 أجزاء حوض الترسيب Sedimentation tank parts :

تتكون المرسبات غالبا من أحواض دائرية أو مستطيلة الشكل ذات جريان افقي أو عمودي تحتوي على مدخل ومخرج للماء يتم تصميميها بطريقة ملائمة لإزالة أكبر كمية ممكنة من الرواسب ويتألف حوض الترسيب المثالي من أربع أجزاء هي :

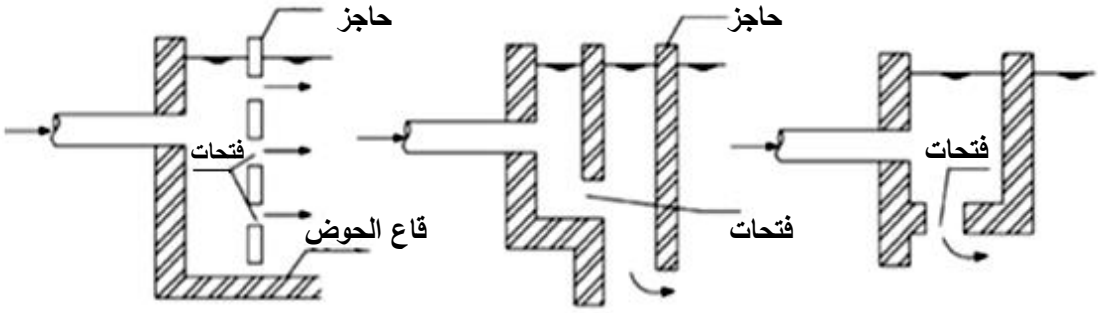
1- منطقة الدخول 2- منطقة الترسيب 3- منطقة الحمأة 4- منطقة الخروج

في منطقة الدخول يتوزع الماء على امتداد المقطع العرضي، أما في منطقة الترسيب فيتم ترسيب المواد العالقة، وتتجمع هذه المواد في منطقة الحماة، ثم يخرج الماء والدقائق غير القابلة للترسيب من منطقة الخروج .

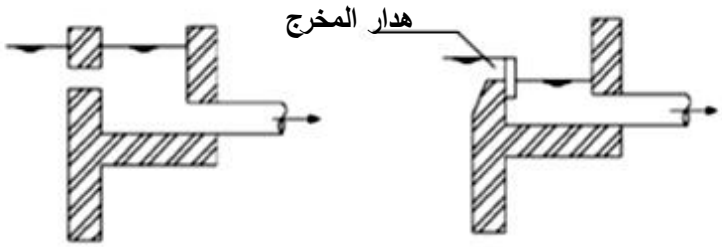
1.6.4 المداخل والمخارج Entrances and exits:

يتم الاعتناء بتصميم المداخل والمخارج لضمان أداء مقبول لحوض الترسيب شكل (9.4) ، أن المدخل المثالي لحوض الترسيب يقلل من سرعة الدخول لمنع التيارات نحو المخرج، ويوزع الماء بشكل منتظم قدر الإمكان على مقطع الجريان في الحوض.

أما المخارج فتحتوي غالباً على سدود غاطسة (weirs) التي تصرف مياهها في قنوات الجريان الخارج . تحدد معدلات الحمل للسد الغاطس لمنع سرعة الاقتراب العالية قرب المخرج ، وتوضع المخارج ابعد ما يكون عن المداخل وتصمم السدود الغاطسة بشكل مثلث v-notch .



مداخل لأحواض الترسيب



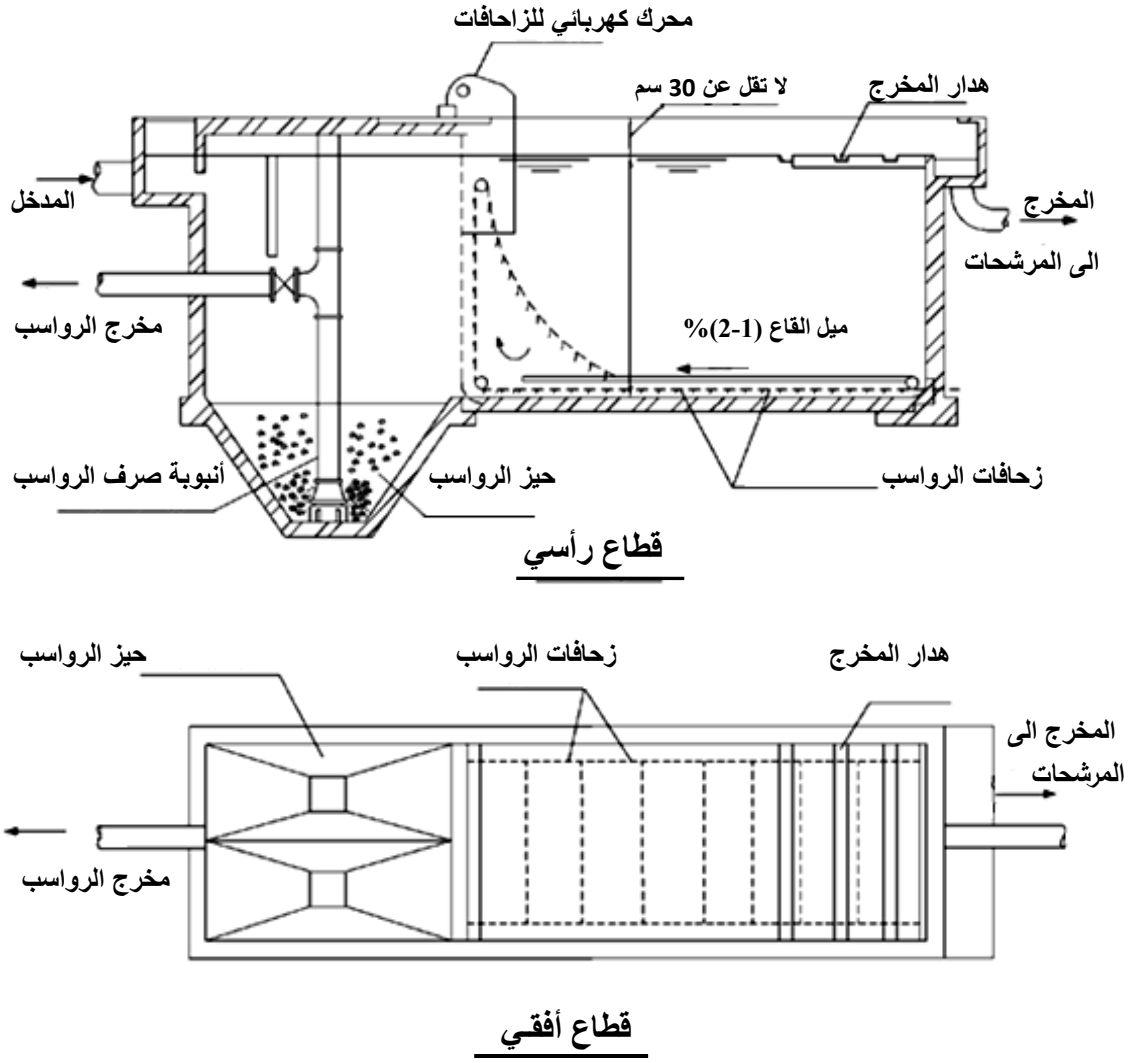
مخارج لأحواض الترسيب

شكل (9.4) أنواع المداخل والمخارج لحوض

تصمم احواض الترسيب بعمق (2-5 م) تصل أطوال الأحواض إلى (30 م) وعرض(10 م) كما ويؤثر حجم القاشطات في اختيار أبعاد الحوض .

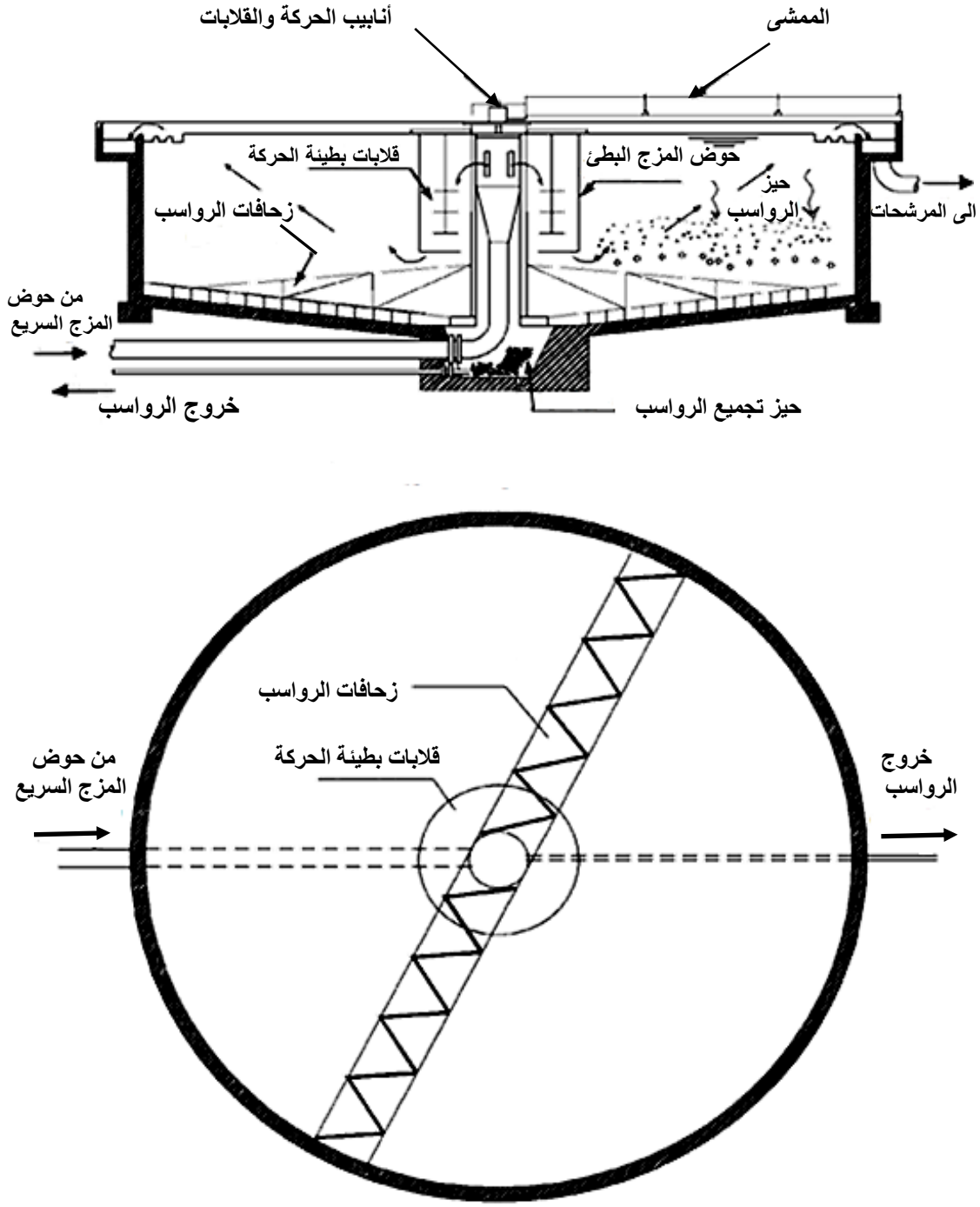
2.6.4 القاشطات (الزحافات) Scrapers :

من الملامح الرئيسة لحوض الترسيب احتواؤه على نظام لجمع الرواسب اذ يتم سحبها والتخلص منها بطريقة تضمن عدم رجوعها مرة ثانية إلى الحوض وتزاح الرواسب المتجمعة أما بالكسح (flushing) بوساطة القاشطات وتجمع في أحواض سفلية (sump) ثم تسحب بالجاذبية أو بالضخ المباشر. تكون قاشطات الحمأة في الأحواض المستطيلة مثبتة على جارفات أفقية شكل (10.4) لازالة المواد الصلبة إلى احد طرفي الحوض من ثم رفعها بالطرق المشار إليها سابقاً .



شكل (10.4) حوض ترسيب مستطيل

أما معدات التنظيف في الأحواض الدائرية (القاشطات) فتكون مثبتة على أذرع شعاعية تجمع المواد المترسبة في حيز تجميع الرواسب المركزي من ثم يزال بالجاذبية شكل (11.4) و(12.4)، تثبت هذه القاشطات مع الجسر الذي تدور معه بالسرعة البطيئة نفسها وتكون الشفرة المطاطية المثبتة بالقاشطة ملامسة للسطح السفلي للحـــوض لكي تتمكن من تنظيف السطح السفلي بصـــورة جيـدة وتخليصه من الأطيان المترسبة ومن ثم يتم فتح صمام تصريـف الأطيان للحوض



شكل (11.4) حوض ترسيب دائري مشترك بزحافات رواسب بجناحين فيه عملية التلبيد والترسيب

الذي يكون متصلاً بأنبوب قطره يعتمد على تصميم الحوض (عادة يصمم في المحطة خزان لتصريف الأطيان والمواد المترسبة يكون قريباً من حوض الترسيب) لتخليص الحوض من المواد المترسبة والأطيان لان استمرار بقائها داخـــل الحوض سوف يؤدي إلى تجميـع الأطيان داخـله

مما يؤثر على عمل القاشطات وعلى طعم ورائحة الماء بعد إن تم تخليصه من المواد المترسبة العالقة.

شكل (12.4) حوض ترسيب دائري مع القاشطة

7.4 خزان تصريف الأطيان:

بناية خراسانية تستخدم لتصريف الأطيان من أحواض الترسيب إلى محطة الأطيان عبر بوابات تحكم ويكون عددها حسب تصميم المحطة مما يتلاءم مع عدد الأحواض وتكون قريبة من الأحواض.

8.4 الصيانة Maintenance:

إن صيانة وحدة التحريك والتدوير لمنظومة التلبيد تتضمن تزييت المحرك ووحدة التدوير طبقا لمواصفات وتعليمات المصنع. ريش المراوح الأفقية عادة ما تحتوي على محامل (Bearings) غاطسة وسلاسل متحركة و(Backing) التي تتطلب أعمال تدقيق وصيانة. يجب أن يعطى خلال فصل الشتاء اهتماماً كبيراً لمنع الثلوج والانجماد من تعطيل الأجزاء الدوارة . يجب أن يفرغ حوض التلبيد كل 6 أشهر لفحص حالة الريش والشفرات وإزالة المواد المترسبة وفحص حالة أحواض التلبيد من الناحية الإنشائية والتصنيعية.

أسئلة الفصل الرابع

1. ما أهمية عملية التخثير والتلبيد في تصفية المياه ؟
2. عرف عملية التخثير والتلبيد وما هي ظروف استخدام كلاً منها ؟
3. عدد أنواع المخثرات ومساعدات التخثير المستخدمة ؟
4. ما هي طرق التغذية بمواد التخثير للماء اشرحها ؟
5. عدد طرق الخلط السريع مع شرح واحدة منها معززاً إجابتك بالرسم ؟
6. ما هي مكونات منظومة تهيئة الشب أشرحها ؟
7. ما هي أنواع قلابات التلبيد الميكانيكية عددها مع رسم واحد منها ؟
8. ارسم حوض تخثير وتلبيد مشترك مؤشراً على الأجزاء ؟
9. ما فائدة القاشطات أو الزحافات موضحاً طريقة عملها في احواض الترسيب المختلفة (المستطيلة والدائرية) ؟

الفصل الخامس

5 . الترشيح (Filtration)

1.5 المقدمة Introduction :

تعد عملية الترشيح المعالجة النهائية للماء وذلك بالتخلص من الجزيئات الصغيرة التي تولدت جراء عملية التخثير التي لم تترسب عند المعالجة الأولية للماء في أحواض الترسيب. ينتقل الماء في هذه العملية خلال طبقة من الرمل أو خليط من المواد الحبيبية .

ويمكن تلخيص الغرض من المرشحات :

1 - إزالة ما تبقى من مواد غروية دقيقة .
2 - إزالة 80% من البكتريا .
3 - إزالة الطحالب .
4- إزالة الحديد والمنغنيز .
5- إزالة الطعم والرائحة .

2.5 أنـــــواع المرشحـــات Types of filtration tank :

أ ـ مرشحات الجاذبية : 1 ـ المرشح الرملي البطـئ .

2 ـ المرشح الرملي السريع .

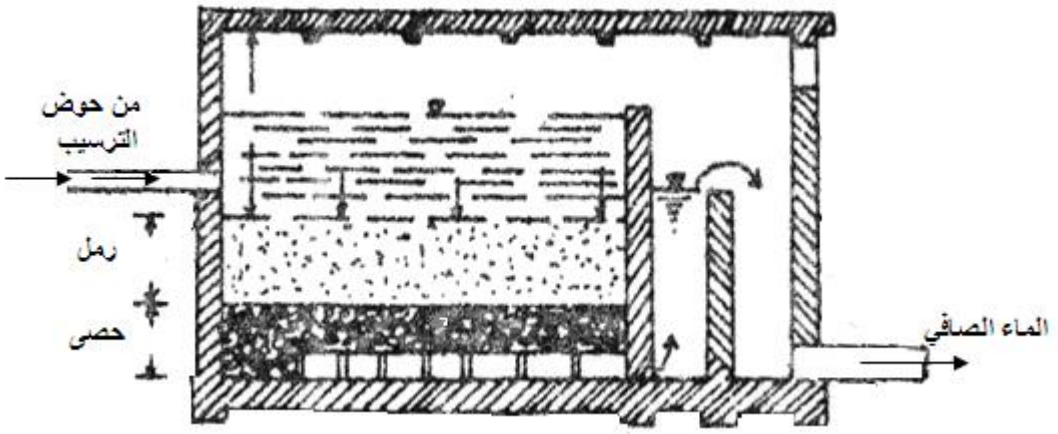
ب ـ مرشحات الضغط : 1 ـ مرشحات الضغط الراسية .

2 ـ مرشحات الضغط الأفقية .

3.5 مرشحات الجاذبية Gravity filters :

1.3.5 المرشح الرملي البطئ Slow sand filter :

وهو من أقدم المرشحات التي استخدمت ويعمل المرشح الرملي البطئ بصورة مشابهة لترشيح الماء خلال طبقات الأرض ويستخدم الرمل والحصى كوسط للترشيح وعلى شكل طبقات ويكون معدل أرتفاع الماء فوق الرمل (**1 – 1.5** م) ومعدل الترشيح (**0.1 - 0.4**) م^3\م^2.ساعة يتكون المرشح من حوض من الخرسانة توجد على أرضية المرشح شبكة من الأنابيب المثقوبة يعلوها طبقة من الحصى المتدرج بسمك **30- 60** سم ، ويعلو طبقة الحصى طبقة أخرى من الرمل بسمك **60– 120** سم ، كما موضحة بالشكل (1.5) . ومن المعروف عن المرشحات البطيئة أنها تحتاج إلى مساحات واسعة من الأرض مما يجعل تكاليفها أكثر فضلاً عن صعوبة التنظيف والصيانة اذ يجب إيقاف الحوض عن العمل وتنظيف وقشط الطبقة العليا من الرمال وإعادة طبقة جديدة وهذه العملية مكلفة وغير فعالة لذلك لم يعد استخدام هذا النوع من المرشحات ممكناً فضلا عن عدم صلاحيتها في المناطق الحارة اذ تنمو الطحالب بكثرة . والأصل في استعمال المرشحات البطيئة هو لترشيح المياه ذات العكارة البسيطة . ونادرا ما تستخدم لأغراض الشرب في المدن الكبرى بسبب المساحات الكبيرة التي يشغلها نتيجة بطئ عملية الترشيح وتستخدم في ترشيح المياه في التجمعات الصغيرة.



شكل (1.5) المرشح الرملي البطيء

2.3.5 المرشحات الرملية السريعة Rapid sand filters :

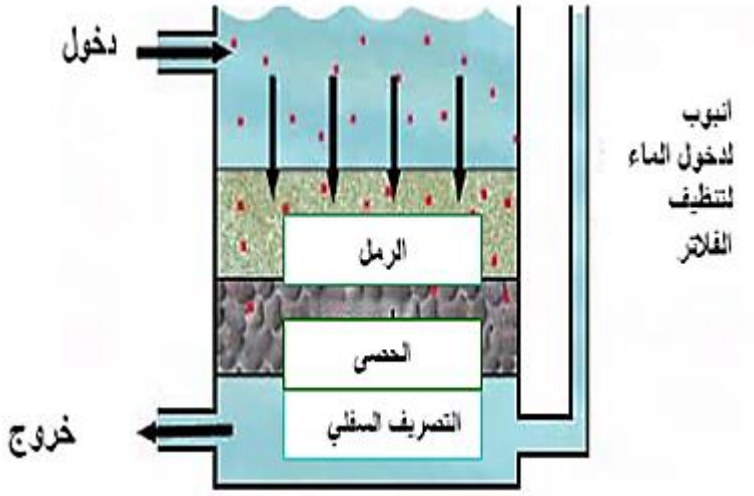
وهي أحواض من الخرسانة المسلحة . توجد في قاع الحوض شبكة من الأنابيب المثقبة قطر ثقوبها **19.6** ملم والمسافة **8 - 30** سم الغرض منها تجميع المياه المرشحة. تعلو هذه الشبكة طبقة من الحصى بسمك **(38 – 60)** سم ؛ ثم طبقة من الرمل بسمك **80** سم في الأعلى . توضع طبقة بسمك **7.5**سم من الرمل الخشن ذي حجم فعال **(0.8 – 2)** ملم بين رمل المرشح والحصى . يجب أن ترتفع حافة الحوض بما لا يقل عن **50** سم فوق سطح الماء الذي لا يزيد عمقه عن **150** سم . الرمال الناعمة تتسخ بشكل سريع لذلك تحتاج إلى عمليات غسل مستمرة وتستخدم عملية الغسل العكسي التي لها فاعليه أكثر أما الرمال الخشنة فإنها تسمح بمرور بعض الأجسام الصلبة العالقة والبكتريا. طبقات الحصى عملها الأساس هو إسناد طبقات الرمل وكذلك توزيع المياه .يوضح الشكل (2.5) مخطط مبسط لعمل المرشحات الرملية السريعة.

يدفع الماء بمعدل **120 - 180 م^3 / يوم / م^2** من المرشح .

مساحة المرشح الواحد في حدود **50 متر** مربع لضمان مرونة التشغيل .

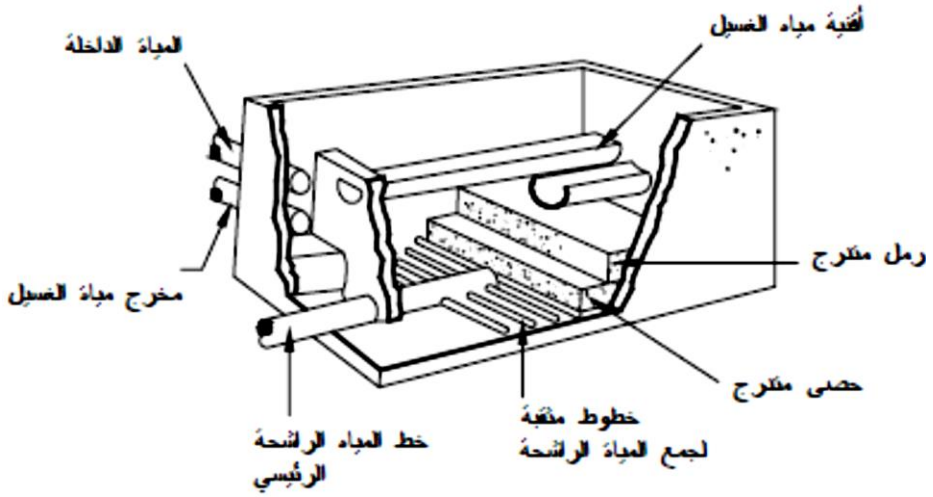
سرعة المياه من أسفل إلى الأعلى = **50 - 80 سم / دقيقة .**

تختلف عملية تنظيف المرشح الرملي السريع عن المرشح البطيء اذ تتم بطريقة إرجاع الجريان (عكس الجريان) حين تصل قيمة الضائعات إلى مقدار معين، يحتاج المرشح الرملي السريع إلى منظومة تصريف معقدة نسبياً لجمع الماء المرشح ولتوزيع ماء الغسيل وكذلك



شكل (2.5) مخطط عمل المرشحات الرملية التي تعمل بالجاذبية

أنشاء أرضية كونكريتية لتثبيت أنابيب الماء والهواء المضغوط وتثبيت مصفاة من البورسلين أو البلاستك أو المعدن، يدفع الهواء مع ماء الغسيل بضغط (5 م ماء) . أن منظومة ماء الغسل تصمم لمعدل جريان (56 م^3\م^2.ساعة) ويجب أن تكفي كمية ماء الغسل في الخزان لغسل مرشح واحد لمدة ربع ساعة في الأقل وعموماً فإن ماء الغسل يتراوح من (1 -6%) من الماء المرشح . الشكلان (3.5) و (4.5) يوضحان أجزاء وتركيب المرشح الرملي السريع .



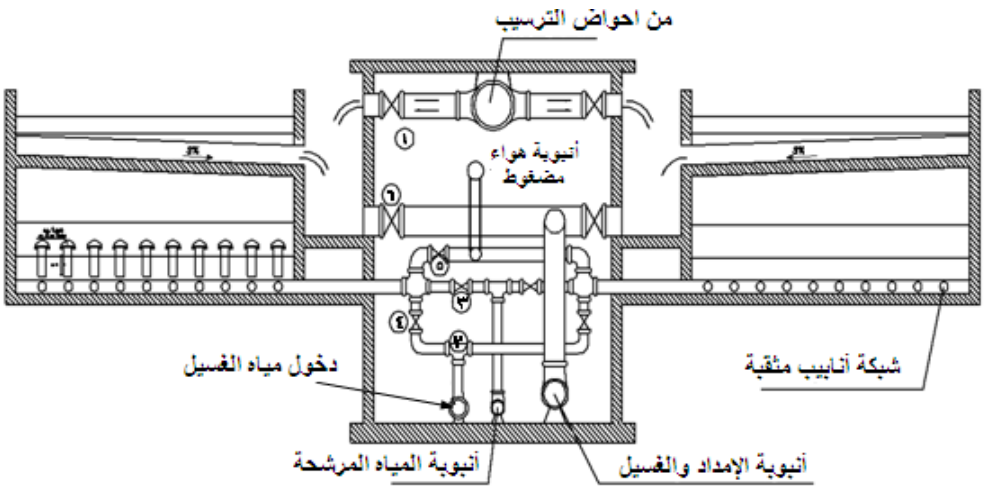
شكل (3.5) مقطع في مرشح رملي سريع

شكل (4.5) المرشح الرملي السريع موضح فيه أنابيب التصريف الأرضية والغسيل

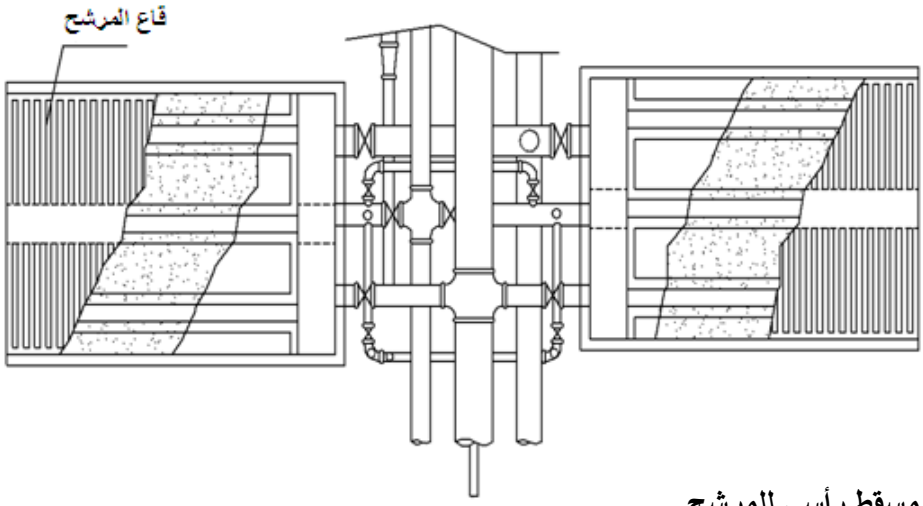
3.3.5 تنظيف المرشحات الرملية السريعة :

ومن أجل التخلص من الجزيئات والمواد الصلبة التي تجمعت في الطبقات المسامية للمرشحات يدفع الماء المرشح عبر هذه الأنابيب إلى الأعلى بوساطة مضخة وهذه العملية تستعمل لتنظيف المرشحات وتسمى (الغسيل العكسي) وعملية الغسيل العكسي تتم بعكس اتجاه جريان الماء في المرشحات وذلك من أجل إزالة المواد الصلبة المتراكمة والغسيل العكسي للمرشحات يعتمد إما على الوقت اذ إن المرشح يغسل كل (24 ساعة) أو يعتمد على فقدان الطاقة التي هي (تناقص معدل الجريان عبر المرشح بسبب تراكم المواد الصلبة في المرشح). ينحدر الماء في عملية الترشيح العادية إلى الأسفل خلال طبقات المرشح، وفي عملية الغسيل العكسي يضخ الماء للأعلى خلال طبقات المرشح. المخطط (5.5) يوضح هذه العملية .

في عملية الغسل العكسي سوف تزاح الجزيئات المترسبة من مكانها لتخرج من بوابة التصريف إلى خزان تجميع الأطيان اذ إن قنوات الغسيل العكسي هي نفسها التي توصل الماء إلى المرشح ولكن الفرق الذي يحدث في هذه الحالة هو أن الصمام الذي يوصل الماء إلى المرشح يكون مغلقا والصمام الذي يصرف ماء الغسيل العكسي يكون مفتوحاً ولتحسين عملية الغسيل العكسي يستخدم ضاغط الهواء وهذه الطريقة تسمى التنظيف الهوائي وذلك بضخ الهواء من أسفل المرشح قبل البدء بعملية الغسيل العكسي وتستمر إلى أن يبدأ ماء الغسيل بالجريان عبر قنوات التصريف، بما أن فقاعات الهواء هي اقل كثافة من ماء الغسيل فهي تتحرك بسرعة أكثر مقارنة بجريان الماء فتزيد بذلك الاضطراب في المرشحات وبدوره يزيد من قوة القشط خلال طبقات المرشح.



(أ) مقطع أفقي للمرشح



(ب) مسقط رأسي للمرشح

① - صمام دخول المياة من احواض الترسيب .

② - صمام خروج المياة فى مدة إعداد المرشح الى أنبوب خروج مياة الغسيل .

③ - صمام خروج المياة المرشحة الى الخزان الارضى والتحكم من خلال صمام الفنشورى فى معدل دخول المياة من صمام (١) .

④ - صمام دخول المياة لغسيل المرشح .

⑤ - صمام دخول الهواء المضغوط مع مياة الغسيل .

⑥ - صمام خروج مياة الغسيل .

مرحلة الانضاج
يفتح صمام رقم (١) و (٢)

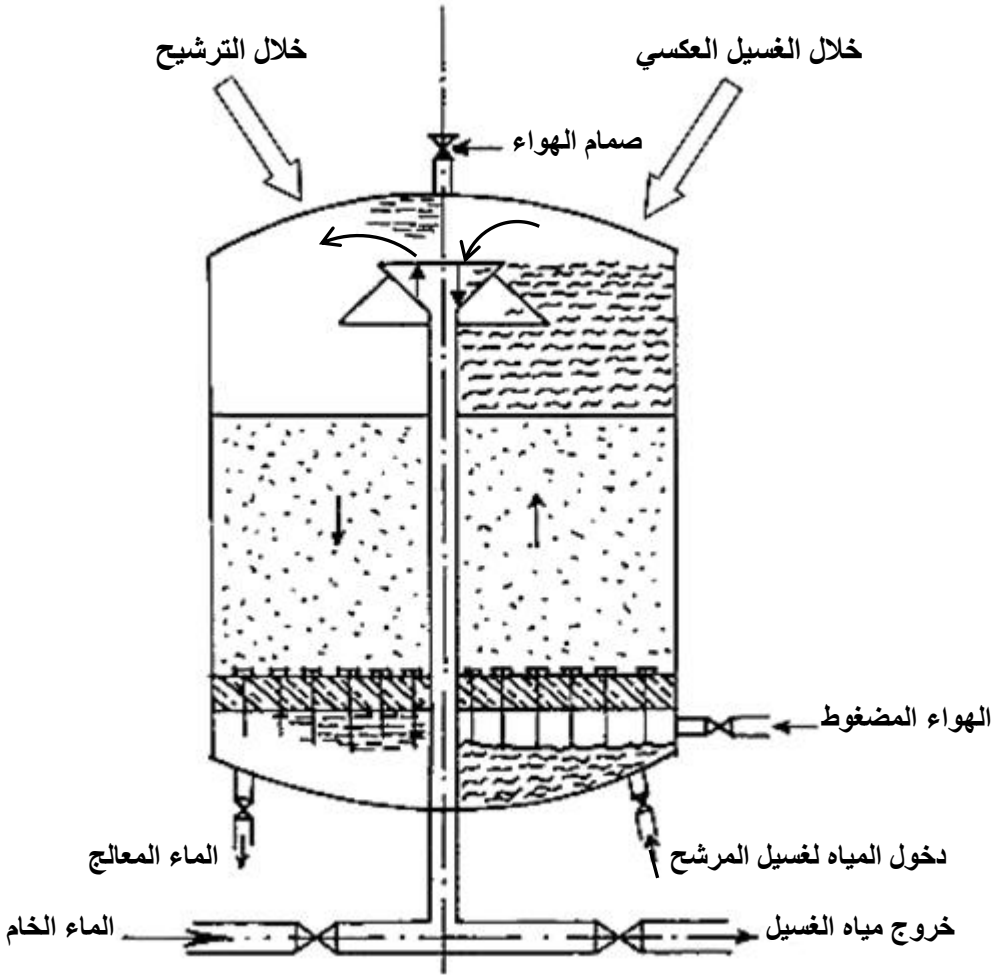
مرحلة التشغيل
يفتح صمام رقم (١) و (٣)

مرحلة الغسيل
يفتح صمام رقم (٤) و (٥) و (٦)

شكل (5.5) حوض المرشح الرملي السريع موضحاً فيه الأجزاء التي يتم فيها عملية الترشيح والغسيل العكسي

4. 5 المرشحات الضغطية Pressure filters :

عبارة عن هيكل اسطواني رأسي أو أفقي أو كروي الشكل يتحمل ضغطاً داخلياً يزيد عن 4 جو، يتكون هذا المرشح من الرمل والحصى وشبكة الأنابيب السفلية مثل المرشح السريع بيدَ ان المياه يتم ترشيحها تحت ضغط وبذلك يمكن الاستغناء عن استعمال المضخات الرافعة للمياه المرشحة، أن سريان الماء يكون رأسيا من الأعلى إلى الأسفل كما موضحة بالشكل (6.5) . ومرشحات الضغط صغيرة الحجم تحتاج إلى مساحة أقل من المرشح السريع . تستعمل على نطاق واسع في التصاريف الصغيرة ولترشيح مياه حمامات السباحة بوجه خاص وتستخدم كذلك في الصناعات الغذائية والدوائية. ويبين الجدول (1.5) مقارنة الأنواع الثلاث من المرشحات.



شكل (6.5) المرشح الضغطي من النوع الرأسي

جدول (1.5) مقارنة بين خواص المرشحات المختلفة

الخواص	المرشح البطئ	المرشح السريع	مرشح الضغط
معدل الترشيح(م^3 / م^2 / يوم)	5 – 3	180 – 120	240
وسط الترشيح	**رمل ـ حصى**	**رمل ـ وحصى**	**رمل ـ وفحم**
سمك وسط الترشيح (م)	1.5	1 – 0.8	حسب الحجم
أبعاد المرشح	40 × 40 متر	6 × 9 متر	القطر = 50 - 260 سم الطول= 100 - 750 سم
نوع الرمل	ناعم	خشن	خشن
زمن التشغيل (يوم)	60 – 20	1.5 – 0.5	1.5 – 0.5
عملية الغسيل	تكشط الطبقة العليا	يستخدم الماء والهواء للتنظيف	يستخدم الماء والهواء للتنظيف
جودة المياه المنتجة	عالية جدا	عالية	عالية
كفاءة المشغل المنتجة	عالية	عالية	عالية
المساحة المطلوبة	كبيرة جدا	محدودة	محدودة للغاية
تكلفة التشغيل	منخفضة	متوسطة	عالية

5.5 الصيانـــة Maintenance :

- يجب فحص عمل صمامات السيطرة بشكل دوري وملاحظة أي تسرب قد يحدث.
- يجب فحص أجزاء السيطرة على عمل المرشح مثل مقياس الضغط و معدل الجريان ومقياس العكورة بصورة دورية وإجراء عملية معايرة إذا تطلب الأمر ذلك.
- طبقات المرشِحَ يَجِبُ أَنْ تُفْحَصَ سنوياً لتَقييم الظروف كافة. هَلْ طبقات المرشح تُدرّجُ بشكل موحّد ؟ هَلْ أن العمق صحيح لكُلّ طبقة؟ فحص الصمامات والتأكد من أنها تعمل بصورة جيدة أم لا.
- فحص مضخات المرشحات وضاغطات الهواء وإجراء عمليات الصيانة اللازمة.

أسئلة الفصل الخامس

1. ما فائدة وعمل المرشحات ؟
2. ما هي أجزاء تركيب المرشح الرملي البطيء مع الرسم ؟
3. ما هي أجزاء تركيب المرشح الرملي السريع مع الرسم ؟
4. ما الفرق بين المرشح الرملي البطيء والمرشح الرملي السريع ؟
5. كيف يتم تنظيف المرشحات الرملية السريعة،ما المقصود بعملية الغسل العكسي وضح ذلك ؟
6. وضح المكونات والأسس التصميمية للمرشحات الضغطية مع الرسم ؟
7. علل ما يأتي :

1- استخدام عملية الترشيح في تصفية المياه .

2- لتحسين عملية الغسيل العكسي يستخدم ضاغط الهواء .

3- لا يفضل استخدام المرشحات الرملية البطيئة في المدن الكبيرة وفي المناطق الحارة .

الفصل السادس

6 . التعقيم (Sterilization)

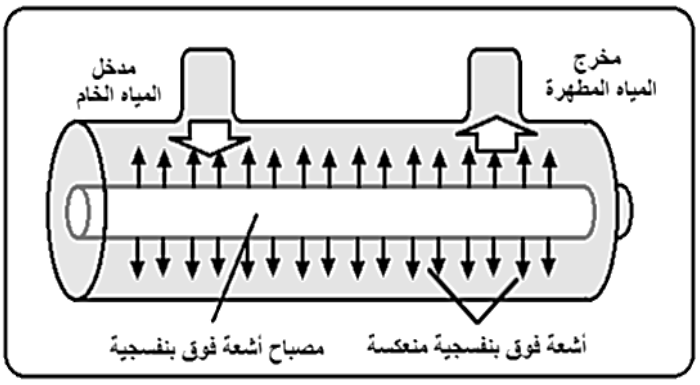
يعد التعقيم من أهم مراحل تنقية مياه الشرب اذ يقضي على البكتريا والميكروبات الضارة بالإنسان والحيوان والمسببة للإمراض . وهناك طرائق عدة للتعقيم ندرج منها ما يأتي :

1.6 التعقيم بالحرارة Sterilization by heat :

تعد طريقة التسخين إلى درجة الغليان من أقدم الطرائق المستخدمة في التعقيم وما تزال أفضلها في حالات الطوارئ عندما تكون كمية المياه قليلة ، لكنها غير مناسبة عندما تكون كمية المياه كبيره كما في محطات المعالجة نظرا لارتفاع تكلفتها . يكون التعقيم بتسخين الماء لدرجة حرارة تزيد عن 75 درجة مئوية ولعدة دقائق يؤدي الى قتل الجراثيم الموجودة فيه. نظراً لكلفتها فإنها تستخدم عادة في المستشفيات والسفن والمخيمات وفي المنازل(في حالات خاصة) أذ ينصح بتسخين الماء حتى درجة الغليان نظراً لعدم توفر مقاييس للحرارة في المنازل .

2.6 التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية Ultra violet (UV) :

تعتمد عملية التعقيم بتعريض الماء للأشعة فوق البنفسجية ، ألا أن عملية إنتاج هذه الأشعة مكلفة ، تولد هذه الاشعة بواسطة مصابيح ضوئية خاصة توجه الاشعة الناتجة منها على المياه ، لكي تتم عملية التعقيم بنجاح يجب أن يكون عمق الماء بعض سنتمترات ، عليه يتم تعريض طبقة رقيقة من الماء إلى الأشعة وبسرعة مرور بطيئة جداً. يوضح الشكل (1.6) التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية. إن استخدام هذه الطريقة محدود اذ تستخدم في المستشفيات وبعض الصناعات وفي وحدات تحليه مياه البحر .



مصباح الأشعة فوق البنفسجية

شكل (1.6) جهاز التعقيم باستخدام الأشعة فوق البنفسجية

3.6 التعقيم بالكلور Chlorination :

هو من اهم طرائق التعقيم وأكثرها انتشارا نظرا لسهولة إنتاجه وتكلفته البسيطة بالقياس إلى طرائق التعقيم الأخرى . وتعقم المياه غالباً باستخدام غاز الكلور أو مركبات تحتوى على الكلور على هيئة مسحوق مثل هيبوكلورايت الكالسيوم $Ca(OCl)_2$ وبعضها الاخر على هيئة محلول مثل هيبوكلورايت الصوديوم NaOCl التي تستخدم غالبا في عمليات تعقيم الشبكات والخزانات والعمليات الصغرى .ويلاحظ أنه لابد أن يترك الماء بعد إضافة الكلور لمدة ثلاثين دقيقة قبل استخدامه للتأكد من تمام المعالجة ويمكن أن يتم ذلك في حالة الاستخدام المباشر فى أحواض احتجاز ذات سعات مناسبة .

1.3.6 التعقيم بغاز الكلور:

أن غاز الكلور غاز خانق لونه أخضر مصفر واثقل من الهواء ، يؤثر على أغشية الانف والحنجرة والعين ، لذا يتم الحذر والوقاية منه عند التسريب بلبس كمامات واقية . ويضاف غاز الكلور بجرعات تحدد مختبرياً للقضاء على الكائنات المرضية وتتراوح بين (0.6 - 1.2) جزء في المليون وبما لا تتجاوز نسبة الكلور المتبقية بعد المعالجة (0.2 – 0.6) جزءاً فى المليون .

إن انحلال الكلور في الماء يؤدي إلى تشكيل حامضين حامض الهيدروكلوريك وحامض الهيبوكلوريت:

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HCl + HOCl$$

غاز الكلور الماء حامض الهيدروكلوريك حامض هيبوكلوريت

ان حامض الهيدروكلوريك (HCl) ليس له أثر فى عملية التعقيم في حين حامض hypochlorite (HOCL) له أثر فعال في التعقيم لانه مؤكسد قوى يؤكسد مواد كيميائية معينة فى البكتريا مما يؤدى الى موتها. وكذلك فإن الكلور يتفاعل بدوره مع الأمونيا (الموجودة في المخلفات العضوية) الموجودة في الماء لضمان بقاء الماء محمياً وتحوله الى مجموعة الكلور امينات. وفي الشبكات الكبيرة يضاف الكلور مرة اخرى في مواقع متفرقة من الشبكة وعند انتهاء الكلور من تفاعله مع جميع المواد والعضوية واللاعضوية (المعدنية) يتبقى جزء منه في مياه الشرب وهو ما يحس به الناس في منازلهم عن طريق الرائحة والطعم. حيث يقتل الكلور جميع البكتريا الممرضة بما في ذلك المسببة لامراض التيفوئيد والكوليرا والدسينتاريا. كما يعمل الكلور على منع اللزوجة ونمو الطحالب في الأنابيب والخزانات ليضمن بذلك مياه آمنة اثناء عبورها شبكات التوزيع وحتى وصولها الى المستهلك.

تكمن خطورة استخدام الكلورين في التعقيم من الناحية الصحية في اتحاده مع بعض المواد العضوية مما يؤدي لتكون مواد تسمى بالهالوميثانات الثلاثية(Trihalomethanes)

وتختصر هكذا(THMs) وهي مركبات تسبب مرض السرطان .

ومن الامثلة على هذه المركبات مادة الكلوروفورم و البروموفورم و البروموداي كلوروميثان وداي بروموكلورو ميثان ونتلافي هذه المشكلة الخطيرة من خلال استخدام الكربون المنشط الذي يعمل على امتزاز المركبات العضوية قبل عمليات التعقيم .تساعد عمليات التخثير و الفلترة في تقليل فرص اتحاد الكلورين مع المركبات العضوية.

تعد أضافه الكلور الى الماء على هيئة غاز أفضل الطرق يليها أضافته الى الماء على هيئة سائل . ان الكلور السائل هو غاز الكلـــور المضغوط الى درجـــة السيولة، اذ يضغط غـــاز الكلور في اسطوانة من الحديد الصلب حتى يسيل عند ضغط 3 كغم / سم^2 عند درجة الصفر المئوي . وتحدد جرعات الكلور المضافة بوساطة مانومترات وصمامات السيطرة .

تصنـــع اسطوانات غـــاز الكلـــــور مـــن الحديـــد الصلب كـي تتحمـــل ضـغطا داخليا يصـل الى 35 كغم / سم^2 ويتم ملـئ 80% من سعتها عند درجـة حرارة 20 م^0 . ويجب ألا تتعرض الاسطوانة للحرارة الزائدة والتدحرج العنيف .

وتصنع الاسطوانات بثلاثة أحجام ، صغيرة سعة 50 كغم ومتوسطة سعة نصف طن وكبيرة سعة طن واحد . ويوضح الشكل (2.6) شكل الاسطوانات .

محبس الخروج أ غاز ب سائل

شكل الاسطوانة المتوسطة الحجم والكبيرة

شكل الاسطوانة الصغيرة

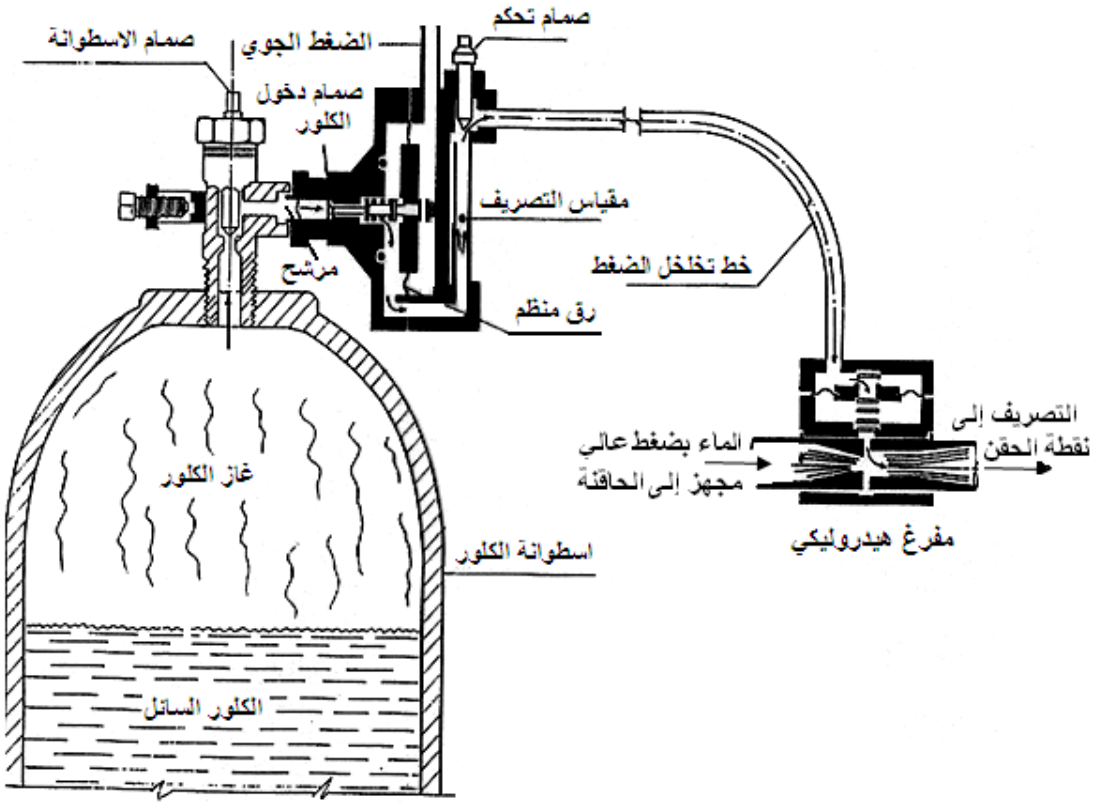
شكل (2.6) أشكال اسطوانات غاز الكلور

وتستعمل الاسطوانة الصغيرة عادة في وضع رأسي للتجهيز بغاز الكلور . في حين تشغل الاسطوانة المتوسطة والكبيرة بتجهيز الكلور كغاز من المحبس (أ) أو كلور سائل من المحبس (ب) وذلك في العمليات الكبيرة التي تتطلب كميات كلور كبيرة فيمر الكلور السائل على مبخر لتحويله إلى غاز .

2.3.6 أجهزة أضافة الكلور :

تستخدم أجهزة خاصة لاضافة جرعات الغاز إلى الماء التي تعمل بطريقة التفريغ (Vacuum)، اذ أن أي تنفيس في أي جزء يسحب الهواء إلى الداخل بعكس ما يحدث عندما تعمل الاجهزة بطريقة الضغط اذ يتسرب غاز الكلور إلى الخارج .

ويمكننا أحداث التفريغ عن طريق مفرغ مائي وهو عبارة عن قطعة فيها جزء ضيق في مسارها وطبقا لقاعدة برنولي التي تنص على أن زيادة سرعة الماء في هذا الجزء الضيق يزيد من طاقته الحركية ومحدثاً هبوطاً في الضغط فيه. ويستخدم ضغط الماء الذي يقوم بتشغيل المفرغ في حقن جرعات الكلور المذاب بالجرعات المناسبة.الشكل (3.6) يوضح تركيب اسطوانة غاز الكلور الصغيرة ، والأجهزة المرتبطة بها.

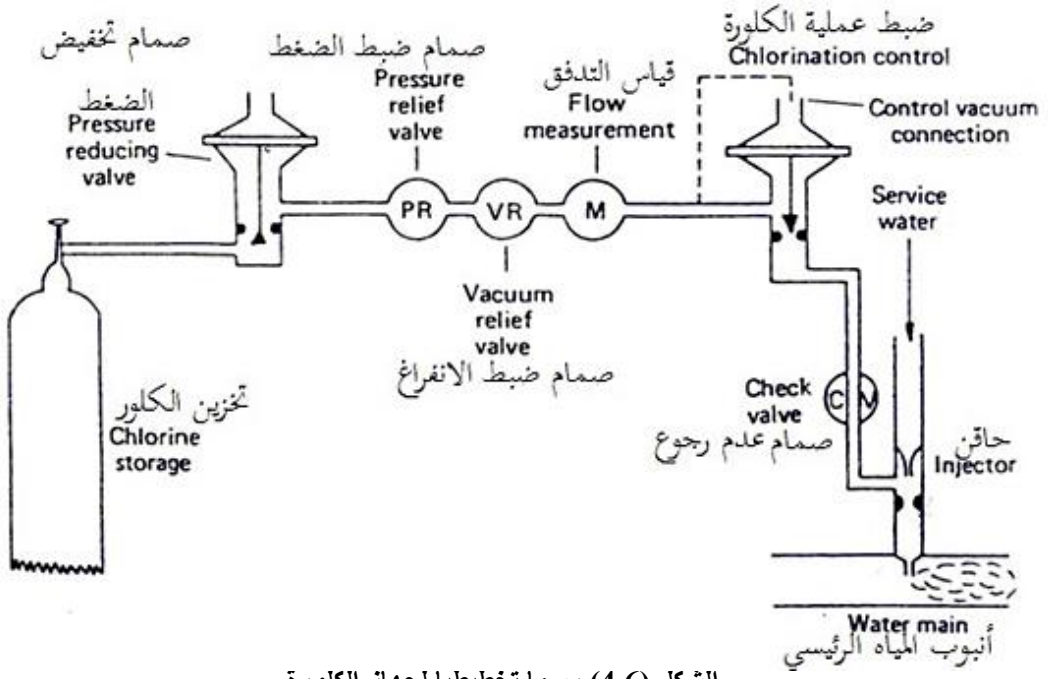


شكل (3.6) تركيب اسطوانة غاز الكلور والأجهزة الملحقة بها

ويمكن توضيح طريقة حقن غاز الكلور من الاسطوانة ، اذ يحدث التفريغ بوساطة المفرغ الهيدروليكي فيفتح صمام دخول الكلور فتحة مناسبة بوساطة الرق المنظم . وذلك حسب جرعة الكلور المطلوب اضافتها ، وتضبط بوساطة صمام تحكم . ويمكن مشاهدة الجرعة المضافة على تدريج انبوبة مقياس التصريف . وعندما يتوقف تدفق المياه بالمفرغ ، يقوم صمام عدم الرجوع الموجود بداخل المفرغ بمنع دخول الماء للجهاز .وفي حالة كسر الأنبوبة المرتبطة بالمفرغ ، يزول التفريغ على الرق المنظم فيقفل صمام سريان الكلور .

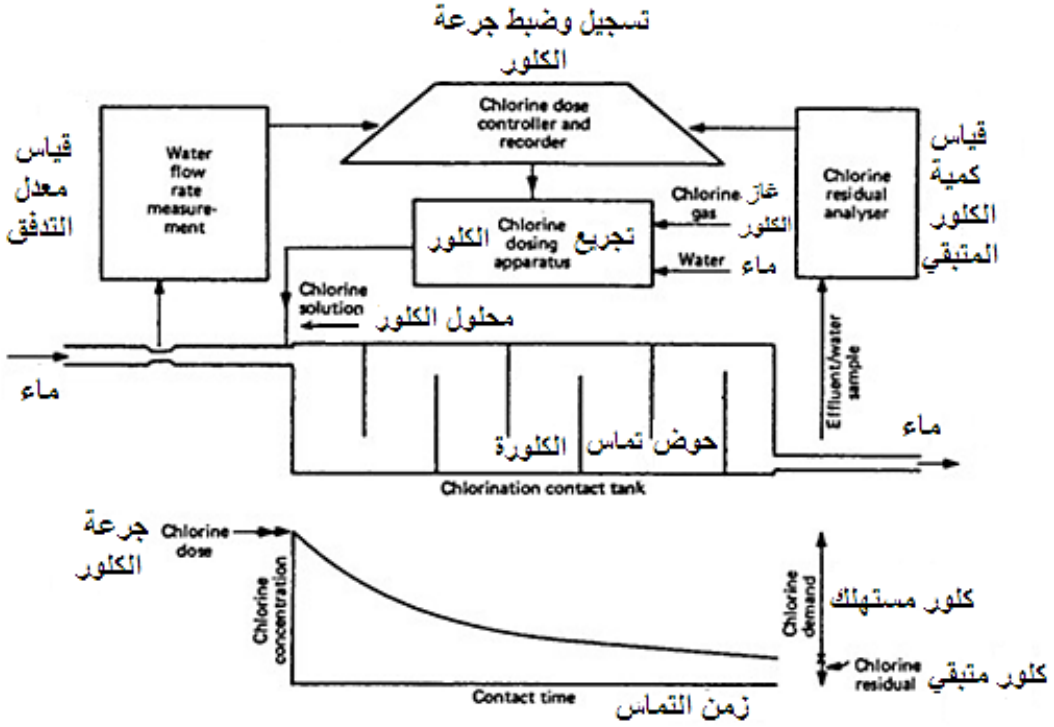
3.3.6 المخطط التكنولوجي لعملية التعقيم بالكلور :

تتم عملية التعقيم بالكلور من خلال اخذه من اسطوانات من الفولاذ تحتوي على الكلور السائل تحت ضغط 6-8 بار يصل وزن عبوات الكلور في المحطات الكبيرة الى 1600 كيلوغرام او اكثر . يتم حقن الكلور في الماء اما على شكل غاز مباشرة ، او على شكل محلول كلوري، أي عن طريق اذابته في الماء قبل ضخه الى احواض التعقيم ، و الطريقة الثانية هي الاكثر انتشارا لانها تؤمن التجانس والمزج الجيد قبل اضافة الكلور للماء . يخرج الكلور من الاسطوانة الى جهاز لفصل الغاز عن السائل بعد تسخينه ثم يمر عبر مرشح يحتوي على الصوف الزجاجي المبلل بحامض الهيدروكلوريك حيث يتم التخلص من الشوائب الصلبة ثم ينتقل الغاز الى جهاز لتخفيض الضغط الى (1.5) بار ثم الى جهاز التدفق لتحديد الكمية ثم يمزج الكلور مع كمية من الماء ويضخ إلى حوض التعقيم. يوضح الشكل (4.6) رسماً تخطيطياً لجهاز الكلورة الذي يتضمن صماماً لخفض الضغط وصمامين لتغيير الضغط والانفراغ ومقياساً للتدفق ووصلة لضبط الانفراغ وصماماً للضبط .او يتم ضخ غاز الكلورين فورا الى مناطق محددة في احواض المعالجة مثل مرحلة ما بعد الترسيب و مرحلة ما بعد الترشيح.



الشكل (4.6) رسما تخطيطيا لجهاز الكلورة

وتستعمل في احواض التعقيم حواجز عمودية او افقية لضمان مدة تلامس كافية مع الماء . وفي نهاية الحوض تكون السيطرة على تركيز الكلور باستخدام احد مركبات الكبريت . والشكل (5.6) يبين تخطيطاً لعملية الكلورة .



الشكل (5.6) تخطيطاً لعملية أضافة جرعات الكلورالى حوض التعقيم (حوض تماس الكلور)

4.3.6 تعليمات للسلامة:

لا يشكل غاز الكلور اي اخطار في حالة تعامل معه فنيون اصحاب خبرة ويتحلون بالوعي الكامل ومدربون على اجراءات السلامة.

وفيما يأتي مجموعة من الإرشادات اللازم إتباعها واحتياطات السلامة العامة في التعامل مع الكلورين:

1. زود الفنيون بتعليمات واضحة عن السلامة وأمن لهم المعدات الضرورية في هذا المجال مثل الكمامات و النظارات وواقيات اليدين و القدمين و الملابس الواقية من الحوامض.
2. حضر خطط لإخلاء المكان في حال انتشار غاز الكلور واعتمد فوراً مسارب تصاعدية.
3. لا تخزن ابداً مواد قابلة للاشتعال في المكان مع الكلور.
4. لا تعرض اسطوانات غاز الكلور الى حرارة مباشرة
5. لا تقم بأعمال لحام الأنابيب فيها غاز الكلور.
6. قم بتجهيز حمام دش مجهز بغسول للعيون قرب مكان التخزين.
7. تأكد من وجود معدات الصيانة الطارئة والعاجلة Repair Kit لاسطوانات الغاز.
8. في حال وجود تسرب للغاز تذكر ان يقوم شخصان مجهزان باللوازم بأعمال الصيانة.
9. احذر رش المياه على عبوات الكلور التي تسرب فإن ذلك سيجعل الامر اكثر سوءاَ.
10. جميع اسطوانات الغاز يجب ان تكون محكمة الربط الى الجدران بواسطة سلاسل معدنية او ربطات معدنية تمنع انزلاقها.
11. تامين عبوات الكلورين ضد السقوط و التدحرج خشية الانفجار.
12. فتح الصمام ببطء ويفحص بواسطة الامونيا لمعرفة التسرب. يمكن الكشف عن تسرب الكلور من خلال رائحته المميزة ومن خلال استخدام الامونيا حيث يشكل الكلور مع الامونيا ضبابا ابيضا.
13. تسخن الصمامات التي لا تنفتح بسهولة بواسطة الهواء الساخن وليس بشعلة ظاهرة لكن بدرجة حرارة تقل عن(40) م ° ، ولا يجوز استخدام القوة لتشغيلها.
14. اتمام تفريغ العبوات بتاثير الضغط الذاتي ويمكن الكشف عن العبوة الفارغة عن طريق فحص وزنها.
15. تبنى عادة محطات الكلورة في مناطق بعيدة عن المناطق السكينة بمسافة لا تقل عن (150) م.

16. يتم تصميم قسم اجهزة الكلور في محطة المعالجة بحيث يتم الدخول اليه بشكل مباشر وليس عبر أي من الأقسام الاخرى ويجب الا تقل مساحته عن (7) م ^{2} وارتفاعه عن (2.6) م كما يجب تامين انارة كافية وتهوية مناسبة.
17. نظرا لأن الكلور اثقل من الهواء لذا يتجمع الكلور المتسرب عادة في القنوات والحفر الارضية و الأقبية . لذا يجب تهوية الاماكن التي تحتوي اسطوانات الكلور وان تجهز بابواب هروب تتناسب مع اتجاه الريح.
18. اذا لم تتوفر امكانيات منع التسرب يمكن حفر حفرة في الارض عمقها مترين تقريبا ووضع الخزان المتسرب فيها على ان تكون نقطة التسرب الى اعلى ثم تغطيتها بكبريتات الصوديوم .
19. يجب ان تتوفر نفس الشروط في مخازن اسطوانات الكلور بالاضافة الى عدم تخزين الاسطوانات لاكثر من ثلاثين يوما والا تزيد الكمية عن خمسة اطنان والا تزيد الحرارة عن(12 م°) ولا تقل عن الصفر . تجهز المخازن بفتحات تهوية قريبة من الارض لأن الكلور اثقل من الهواء.
20. الاسعاف الاولي من حروق الغاز.

يجب إبعاد الذين تسمموا بالغاز حالاً من منطقة الغاز وعلى المسعف ان يرتدي الملابس الواقية عند إنقاذ المصاب . كما ينبغي ابعاد الملابس عن المصاب بسرعة لأن الكلور يبقى عالقا في الملابس. ويجب وضع اغطية على المصاب لتوفير الدفء له . تغسل التقرحات في انحاء الجسم الخارجية بالماء غسلاً جيد كما يمكن تخفيف الحرق في العينين بغسلها بالماء ايضا. يجب توفير الهواء النقي للمصاب لحين نقله للمستشفى.

4.6 التعقيم بالأوزون Ozone :

الأوزون غاز غير ثابت يحمل الصيغة الجزيئية (O_3)، مطهر ممتاز يفوق الكلور بنحو 20 مرة يحتاج الى تكنولوجيا معقدة لإنتاجه وهو غير اقتصادي بالقياس الى الكلور. ويتولد الأوزون من خلل تمرير هواء جاف أو أوكسجين نقي من خلال مجال كهربائي قوي أذ يتحول (1%) تقريبا من الأوكسجين الى أوزون من خلال أستهلاك طاقة قدرها (25) كيلو واط . ساعة لكل غرام أوزون.

يتم تفاعل تحول الأوكسجين الى أوزون من خلال تحويل جزيئات الأوكسجين الى ذرات فردية

حرة تتفاعل مع جزيئات الأوكسجين نفسها كالآتي:

$$O_2 \longrightarrow O + O$$

$$O_2 + O \longrightarrow O_3$$

ويجب أن تكون محطة توليد الأوزون قريبة من محطة التنقية لانه يتفكك بسرعة الى مكوناته الأصلية . يمكن استخلاص 30 غم من الأوزون لكل 1 متر مكعب من الهواء . الأوزون صعب الذوبان في الماء كثافته 1.6 مرة من كثافة الهواء لونه يتراوح بين عديم اللون إلى اللون الازرق.

يتكون جهاز أنتاج الأوزون من انبوب خاص لتوليد الأوزون ويكون عادة من الزجاج القطبي، يتم تمرير تيار كهربائي متردد(AC) عالي التردد خلال الأنبوب لتامين فولتية قدرها من 6 -12 كيلوفولت من خلال اليكترودين. يتم طلاء الأنبوب من الداخل بمعدن خاص موصل للتيار الكهربائي أذ يتم تمرير الهواء الجاف من خلال الأنبوب بعد فصل الرطوبة والأبخرة و الغبار منه والتي تؤثر في نسبة تكون الأوزون.

عملية تعقيم الماء بالأوزون :

يتم توليد فقاعات من الأوزون خلال التيار المائي الداخل للوحدة او من خلال رش الماء الساقط على تيار الأوزون الصاعد من خلال عمود مخصص لهذا الغرض.

ويعتبر الأوزون من أقوى العوامل المؤكسدة ومن أقوى المواد المعقمة إذ يستخدم للحد من نمو البكتيريا والفطريات بالاضافة لفعاليته الجيدة في قتل الفيروسات. كما يستخدم لأكسدة المواد المسببة للطعم و الرائحة كالفينولات و البنزين و الكحول بالأضافة للمواد السامة و الحديد و المنغنيز . يمكن استخدام الكلور مع الأوزون لجمع ميزات كل منهما فالأوزون معقم قوي و الكلور يدوم مدة أطول في الماء . و يستخدم الأوزون مع الأشعة فوق البنفسجية احيانا اخرى مما يضاعف قوة الأوزون في الأكسدة (10) مرات وتكون النواتج عن الأكسدة غير ضارة .

يستخدم الأوزون بجرعة مقدارها (0.25) ملغم / لتر للمياه الجوفية ذات النوعية الجيدة وتصل الى (5 ملغم / لتر) بعد ترشيح المياه السطحية ذات النوعية الرديئة ويبقى منه في الماء (0.1) ملغم / لتر بعد (10) دقائق، يحتاج الأوزون الى زمن تلامس يتراوح بين (25) ثانية الى دقيقتين لضمان قتل الجراثيم و الفيروسات. ولا يتجاوز عمر النصف (Half – life) للأوزون اكثر من (20) دقيقة وهي احدى سيئاته حيث لا يضمن بقاء الماء معقما بعد انتهاء عملية التعقيم.

ينجح الأوزون في تحطيم مركبات الهالوميثانات الثلاثية (THMs) المسرطنة الناتجة عن الكلورة ، لكنه قد يؤدي الى تكون نواتج جانبية عن الأكسدة مثل البيروكسايد و الايبوكسايد وهي ضارة بصحة الانسان ، لذا يفضل استخدام فلتر كربوني بعد عملية التعقيم لفصل هذه المركبات العضوية.

وبما ان الأوزون اثقل من الهواء فيجب مراعاة الحذر لدى استخدامه حيث يسبب تخريش الأغشية المخاطية ويمكن الاستدلال عليه من خلل لونه الأزرق ورائحته المميزة.

أسئلة الفصل السادس

1. ما الفرق بين طريقة التعقيم بالحرارة والتعقيم بالأشعة فوق البنفسجية ؟
2. أشرح طريقة ضخ غاز الكلور من اسطوانة الغاز ذات الحجم الصغير بشكل جرعات الى الماء مع رسم الاجهزة المرتبط بالاسطوانة ؟
3. أملأ الفراغات بما يناسبها :

1- أن مبدأ أضافة جرعات غاز الكلور تعمل بطريقة ـــــــــ طبقا لقاعدة ـــــــــ ؟

2- تصنع اسطوانات غاز الكلور من ـــــــــــــ بحيث تتحمل ضغط داخلي حوالي ـــــــــ ؟

3- يتكون جهاز انتاج الأوزون من ـــــــــــــــــــــــــــ ؟

4 - ما الفرق بين التعقيم بالكلور والأوزون .

5- ارسم مخطط لعملية الكلورة في أحواض التعقيم .

6. ماهي تعليمات السلامة والارشادات اللازم اتباعها في التعامل مع الكلور .

الفصل السابع

7 . طبيعة الكهرباء (Electricity)

يعد الكهرباء من الضروريات في حياتنا اليومية لاستخدامه في مجال الإنارة وتشغيل الأجهزة والمعدات الكهربائية في المصانع وغيرها. في هذا الفصل سنتعرف على أساسيات وطبيعة الكهرباء .

1.7 مكونات المادة Material components :

من المعروف ان المادة تتألف من جسيمات صغيرة جدا تدعى بالذرات التي تمثل الوحدات البنائية للمادة اذ ترتبط عدد من الذرات مع بعضها بأواصر مكونة الجزيئات التي تشكل المادة المعنية. تحتوي الذرة على الالكترونات السالبة الشحنة (e^-) تتوزع حول النواة وتدور بسرعة عالية جدا على مدارات متفاوتة في بعدها عن مركز النواة . وتحتوي النواة على بروتونات موجبة الشحنة (P^+) ونيوترونات (n) متعادلة الشحنة ، شكل (1.7). وترتبط الالكترونات بنواة الذرة بقوى مقاديرها متفاوتة حسب بعدها عن النواة وان معظم ذرات المواد تكون متعادلة كهربائيا (عدد الكتروناتها يساوي عدد بروتوناتها).

شكل (1.7) مكونات الذرة

2.7 الشحنات الكهربائية Electric charges:

تختلف العناصر الكيمياوية في عدد مداراتها واعداد الالكترونات الموزعة على هذه المدارات كما تتوزع الالكترونات ضمن المدار الواحد على مستويات مختلفة وتحافظ الالكترونات الدائرة فـي المدارات الداخليـة علـى مداراتها عادة ، بينمـا تستطيع الالكترونات

الموجودة في المدارات الخارجية احيانا الانتقال من ذرة الى اخرى ، فاذا حصل نقص في عدد الكترونات الذرة بسبب انتقال بعض منها الى خارج جسم المادة ، تتحول الذرة أيونا موجبا ويكون الجسم مشحونا بالشحنة الموجبة . أما الجسم الذي تكتسب ذراته بعضا من الكترونات ذرات أجسام أخرى تتحول أيونا سالبا ويكون الجسم مشحونا بالشحنة السالبة .

3.7 وحدات الشحنة Charge units:

تقاس الشحنة بالكولوم (Coulomb) ويرمز لها (C)

المايكروكولوم $1\mu C = 10^{-6} C$ والنانوكولوم $1n C = 10^{-9}$

أن شحنة الالكترون تساوي (-1.6×10^{-19}) كولوم وشحنة البروتون تساوي ($+1.6 \times 10^{-19}$) كولوم . الكولوم الواحد يعادل شحنة كمية من الالكترونات عددها (6.25×10^{18}) الكترون .

4.7 الخاصية الكهربائية للمواد Electrical property of the material :

تقسم المواد حسب قابليتها للتوصيل الكهربائي الى :

1. **الموصلات** Conductors

هي مواد تحتوي عدداً كبيراً من الشحنات الكهربائية السالبة الشحنة المتمثلة بالالكترونات ضعيفة الارتباط بالنواة وتسمح للالكترونات هذه بالحركة داخل المادة بدرجة من الحرية وتختلف من مادة إلى أخرى مثال (النحاس ،الالمنيوم ،والفضة) .

2. **المواد العازلة** Insulators

المواد التي لا تسمح بإعطاء أي الكترونات من مداراتها الخارجية أو لا تسمح بتجوال الالكترونات بين ذراتها . مثال (الخزف والمطاط) .

3. **أنصاف الموصلات** Semiconductors

تسمح بسريان الالكترونات بين ذراتها بدرجة أسوأ بكثير من الموصلات وأفضل بكثير من العوازل مثال (الجرمانيوم ، والسليكون) .

5.7 التيار الكهربائي Electric current :

أن انتقال الالكترونات باتجاه معين وبحركة منتظمة يولد سرياناً في الشحنات يدعى بالتيار الكهربائي (Electric current) . واذ ان الشحنات التي تمر في مسار معينٍ قد لا تكون متساوية في المُدد المتعاقبة ، وعليه يعرف التيار كما يأتي :

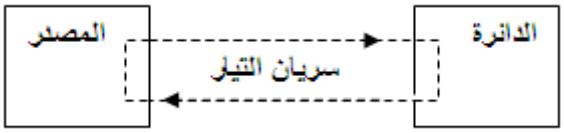
التـيـار : معدل مرور الشحنة في مقطع معين من مقاطع الدائرة الكهربائية خلال وحدة الزمن ويقاس التيار بالأمبير

$$\text{الأمبير} = \frac{\text{كولوم}}{\text{ثانية}} \quad ، \quad \text{كولوم وحدة الشحنة .}$$

وهناك نوعان من التيار هما : 1 - تيار مستمر Direct Current (DC)

2 - تيار متناوب Alternating Current (AC)

تتحرك الالكترونات في مسار مغلق تنطلق من نقطة وتعود اليها مارة بأجزاء معينة من تلك الدائرة وإذا لم تستطيع العودة إلى نقطة انطلاقها فلا يكون هناك سريانا في التيار. إن سبب انطلاق الالكترونات هو وجود ضغط عليها يؤدي بها إلى مغادرة موقع معين من الدائرة متمثلاً بالمصدر المجهز بالطاقة الكهربائية، والبطاريات الجافة مثال على هذه المصادر. يوضح الشكل (2.7) المكونات الاساسية لضمان سريان التيار في دائرة بسيطة .



شكل (2.7) دائرة أولية

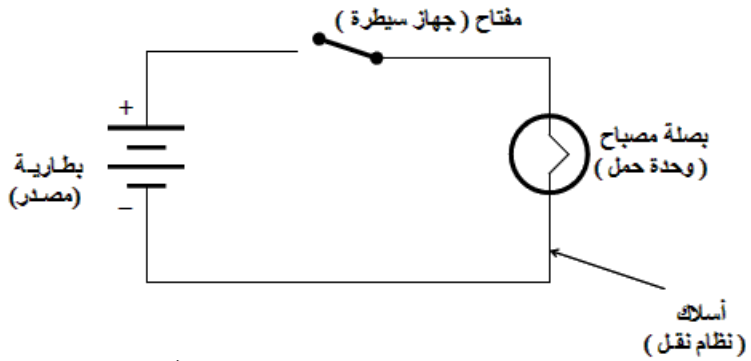
6.7 فرق الجهد Potential difference :

هو التغير في مستوى الفولتية عبر طرفي الحمل وان مقدار فرق الجهد بين نقطتين يحدد مقدار التيار الكهربائي المنساب بينهما فيكون اتجاه التيار الكهربائي من النقطة ذات الجهد الكهربائي العالي إلى النقطة ذات الجهد الكهربائي الواطئ . وحدة قياس الجهد الكهربائي هو الفولت (Volt) ويرمز لها بالرمز (V)

7.7 القوة الدافعة الكهربائية Electromotive Force :

عبارة عن الطاقة اللازمة لإمرار وحدة الشحنات خلال المصدر ، أي أن القوة الدافعة الكهربائية تحاول دفع تياراً كهربائياً في الدائرة يتسبب في استهلاك طاقة خلال الحمل . وبمعنى أخر أن القوة الدافعة الكهربائية هي فرق الجهد الكهربائي بيـن القطـب السالب والقطب الموجب

لأي بطارية عندما تكون الدائرة الكهربائية مفتوحة. وحداتها فولت (Volt). الشكل (3.7) يوضح دائرة كهربائية مبسطة .



شكل (3.7) دائرة مصباح بسيطة

8.7 القدرة الكهربائية Electric power :

عبارة عن حاصل ضرب الجهد والتيار وحدة قياسها هو واط (Watt) ويرمز له بالرمز (W) ولحساب القدرة في دائرة ما يقاس التيار المار فيها والفولتية المسلطة عليها ، حاصل ضربهما يعطي القدرة في تلك اللحظة .

الواط = فولت × أمبير

مثال : مضخة تعمل على فرق جهد (220 V) ينساب فيها تيار مقداره (10 A) ما مقدار القدرة المستهلكة

القدرة = فرق الجهد × التيار

$$P = V \times I$$

$$P = 220 \times 10 = 2200 \text{ Watt}$$

9.7 المقاومة الكهربائية وقانون أوم Electric resistance and Ohm's law :

المقاومة (Resistance) : هي مقياس للمعاقة التي تبديها المادة للتيار الكهربائي. ويرمز لها بالرمز (R) تختلف أدوات استهلاك الطاقة الكهربائية أو الأحمال Loads في درجة سماحها للتيار بالمرور خلالها، أن للأحمال مقاومة للتيار تختلف من حمل لأخر ويتحدد قياس درجة مقاومة الحمل للتيار بحاصل قسمة فرق الجهد بين طرفيه على التيار الذي يسري فيه. وهو مايسمى بقانون أوم

$$\therefore \quad \text{المقاومة} = \frac{\text{فرق الجهد}}{\text{التيار}} \quad \Longleftarrow \quad \left(\frac{}{I}\right)$$

وحدة المقاومة هي الأوم Ohm ويرمز لها بالرمز (Ω)

- أن المقاومة للتيار تتمثل باستهلاكها مقداراً من الطاقة الكهربائية ومن ثم يتحول إلى نوع آخر من الطاقة مثل التسخين في السخان الكهربائي ، الضوء والحرارة في مصباح كهربائي أو الحركة في المحركات الكهربائية ..... الخ

ويمكن حساب المقاومة بطريقة اخرى حسب أبعاد الموصل والمادة المصنوع منها. اذ يتناسب تناسباً طردياً مع الطول وعكسياً مع مساحة مقطع الموصل.

كلما زادت مساحة المقطع العرضي للموصل تحرك التيار بحرية أكثر ومن ثم قلت معارضة الموصل .

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

L : الطول (m)

A : المساحة المقطعية (m^2)

ρ : ثابت التناسب يعتمد على نوع المادة المصنوع منها الموصل ويدعى بالمقاومية (Resistivity) وحداتها (أوم . متر) .

يوضح الجدول (1.7) قيمة المقاومية لبعض المواد الشائعة في درجة $20\ C^{o}$

جدول (1.7) مقاوميات بعض المواد الشائعة في درجة $20\ C^{o}$

المادة	المقاومية ρ (أوم . متر)
الفضــة	1.59×10^{-8}
النحــاس	1.68×10^{-8}
الـذهـب	2.44×10^{-8}
الألمنيوم	2.82×10^{-8}
الحديد	1.0×10^{-7}
النايكروم	1.10×10^{-6}
الكاربون	3.5×10^{-3}
الجرمانيوم	4.6×10^{-1}
السليكون	6.40×10^{2}
الزجاج	1.0×10^{14}
المـايكـا	1.0×10^{15}

وحسب قــانـون أوم فأن :

$$V \propto I$$

$$V = R \cdot I$$

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{..... (1.7)}$$

V : الفولتية ؛ فولت I : التيار ؛ أمبير R : المقاومة ؛ أوم

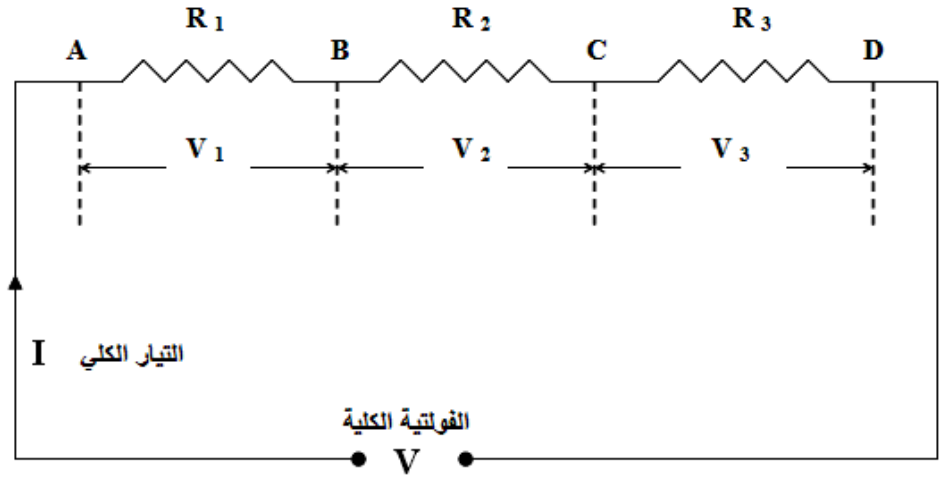
الرموز والوحدات المستخدمة في الدوائر الكهربائيــة

نوع الوحدة	الرمز	الوحدة بالعربي	الوحدة بالإنكليزي	رمز الوحدة	الملاحظــة
التيــار	I	أمبير	Ampere	A	كمية أساسيـة
الشحنـة	Q	كولوم	Coulomb	C	الكولوم = أمبير . ثانية
الجهد الكهربائي	V	فولت	Volt	V	الفولت = جول / كولوم
المقاومـة	R	أوم	Ohm	Ω	الأوم = فولت / أمبير
القـدرة	P	واط	Watt	W	الواط = جـول / ثانيـة

10.7 ربــط المقاومــات resistors connection :

1.10.7 ربــط التـوالي Series Connections :

يوضح الشكل (7- 4) ربط المقاومات على التوالي (Series)



الشكل (7. 4) ربط المقاومات على التوالي

التيار الكلي I يمر خلال المقاومات بدون تغيير أي أن

$$I = I_1 = I_2 = I_3 \ldots\ldots\ldots\ldots (2.7)$$

أمـا الفولتية الكلية V فأنها تمثل مجموع الفولتيات للمقاومات الثلاث أي أن

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.7)$$

I_1 ، I_2 ، I_3 التيار للمقاومات R_1 , R_2 , R_3

V_1 , V_2 , V_3 الفولتيــة للمقاومات R_1 , R_2 , R_3

وحسب قانــون أوم $V = I R$

بتعويض قانون أوم بالمعادلة (3.7)

$$\therefore \quad V = I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4.7)$$

وبما أن $I = I_1 = I_2 = I_3$

تصبح معادلة (4.7)

$$V = I (R_1 + R_2 + R_3)$$

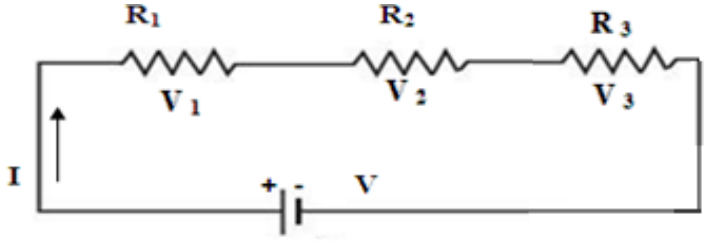
$$\therefore \quad V = I R_S \quad \ldots\ldots\ldots (5.7)$$

R_S : المقاومــة المكافئة للمقاومات الثلاث المربوطــة على التوالي

أي أن $R_S = R_1 + R_2 + R_3$ ..... (6.7)

2.10.7 قانون تـقسـيم الفولتـية :

بالرجوع إلى المعادلة (5.7) يـتـبـيـن أن مرور التيار في المقاومات المربوطة على التوالي نفسه يتسبب في أن تكون الفولتية الكلية مكونة من حاصل جمع قيمة الفولتية لجميع المقاومات المربوطة ، كل من هـذه الفولتيات تتناسب مع التيار كما يتناسب مع قيمة المقاومة نفسهـا . فإذا كان هناك ثلاث مقاومات مربوطة على التوالي كما في الشكل (7. 5)



الشكل (7. 5) ربط ثلاث مقاومات على التوالي

من المعادلة (5.7) فأن

$$V = I \cdot R_S$$

$$\therefore \quad I = \frac{V}{R_S} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (7.7)$$

$$R_S = R_1 + R_2 + R_3 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (6.7)$$

بتعويض معادلة (6.7) في معادلة (7.7) ينتج

$$\therefore \quad I = \frac{V}{R_1 + R_2 + R_3} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (8.7)$$

$$V_1 = I \cdot R_1 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (9.7)$$

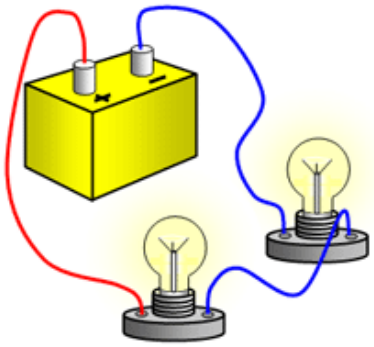
بتعويض معادلة (8.7) في المعادلة (9.7) ينتج

$$\therefore \quad V_1 = \frac{V \cdot R_1}{R_1 + R_2 + R_3} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (10.7)$$

و بالطريقة نفسها تصبح :

$$V_2 = \frac{V \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_3} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (11.7)$$

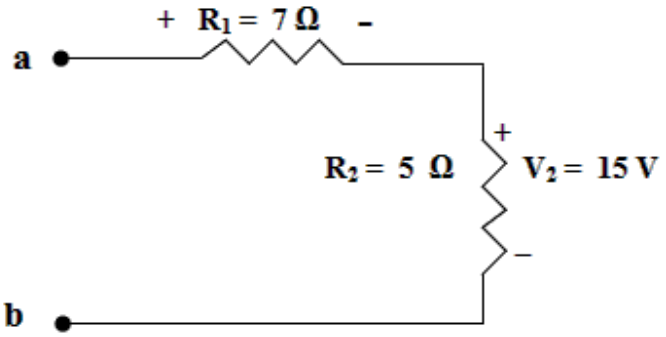
تعني المعادلتان (10.7) و (11.7) أن الفولتية عبر أي من المقاومات الثلاث المربوطة على التوالي تساوي الفولتية الكلية مقسومة على مجموع المقاومات ومضروبة في تلك المقاومة . أو بكلمة أخرى أن الفولتية عبر كل مقاومة تتناسب مع قيمة تلك المقاومة.



شكل (6 .7) يوضح ربط مصباحين على التوالي

مــثال :

في الدائرة أدناه كانت الفولتية عبر المقاومة 5 Ω تساوي 15 V . أوجد الفولتية الكلية بين النقطتين a , b



شكل (7.7) مقاومتان مربوطتان على التوالي

الحـل :

التيار المار بالمقاومة (R_2) يحسب

$$I = \frac{V_2}{R_2} = \frac{15}{5} = 3\ A$$

وهو يساوي التيار المار بالمقاومة الأخرى (R_1) وهو التيار الكلي أي أن :

لان الربط توالي $I = I_1 = I_2$

لحساب المقاومة المكافئة $R_S = R_1 + R_2 = 5 + 7 = 12\ \Omega$

لحساب الفولتية الكلية $V = I\ R_S$

$V = 3 \times 12 = 36\ v$

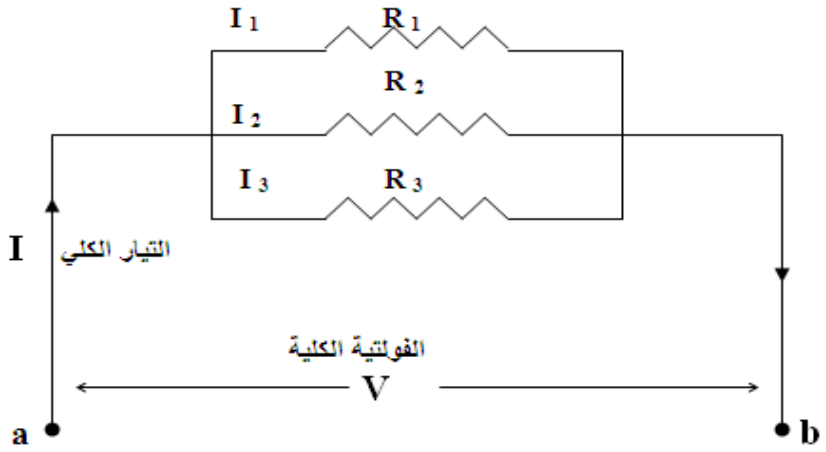
طريقة ثانية للحـل : بتطبيق المعادلة (11.7) ولكن على مقاومتين مربوطتين على التوالي

$$V_2 = \frac{V \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$15 = \frac{V \cdot 5}{5 + 7}$$

$V = 36\ v$

3.10.7 ربـط التوازي Parallel Connections :



شكل (8.7) ربط المقاومات على التوازي

يقال لعدد من المقاومات (وحتى المصدر) أنها مربوطة على التوازي Parallel أذا كانت الفولتية عبر طرفي كل منها هي الفولتية عينها (نفسها) بغض النظر عن مقدار التيار المار في كل منها .

أي أن : $V = V_1 = V_2 = V_3$ ..... (12.7)

التيار الكلي المار بين طرفي a , b الذي يمثل بـ I هو عبارة عن مجموع التيارات I_1 , I_2 , I_3

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad \text{.....} \quad (13.7)$$

وبتطبيق قانون أوم على كل مقاومة وتعويضها بالمعادلة (13.7) ينتج

$$I = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} \quad \text{……..} \quad (14.7)$$

بتطبيق قانون أوم على الدائرة بأكملها فان حاصل قسمة الفولتية الكلية على المقاومة المكافئـة R_S

$$I = \frac{V}{R_S} \quad \text{.....} \quad (7.7)$$

وبتعويض معادلة (7.7) في المعادلة (14.7) ينتج

$$\frac{V}{R_S} = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3}$$

واذ ان V_1 , V_2 , V_3 الفولتيـة للمقاومات R_1 , R_2 , R_3 على التوالي متساوية وتساوي الفولتية الكلية

$$V = V_1 = V_2 = V_3 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (12.7)$$

$$\therefore \quad \frac{\cancel{V}}{R_S} = \cancel{V}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)$$

$$\frac{1}{R_S} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (15.7)$$

∴ مـقـلوب المـقـاومة المكافئة لعـدد مـن المقاومات المربوطة على التوازي يساوي مجموع مـقـلوبات المقاومات .

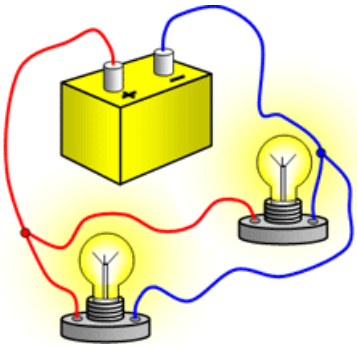
إذا كان لدينا مـقـاومـتـين مـربوطتين على التوازي :

$$\frac{1}{R_S} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_S} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2}$$

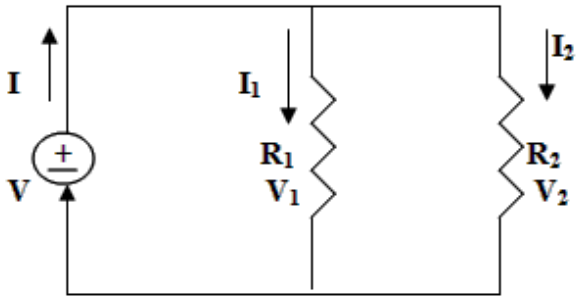
$$\therefore \quad R_S = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \ldots\ldots\ldots\ldots (16.7)$$ مقاومتان مربوطتان على التوازي

أي لو كانت مقاومتين فقط فأن المقاومة المكافئة لهما تساوي حاصل ضربهما مقسوم على حاصل جمعهما



شكل (9.7) يوضح ربط مصباحين على التوازي

4.10.7 قانون تقسيم التيار :



شكل (10.7) مقاومتان مربوطتان على التوازي

في الشكل (10.7) التيار الكلي I والتياران في المقاومتين هما I_1 ، I_2

فالفولتية الكلية عبر المقاومتين تساوي

$$V = I \cdot R_s$$

$$I_1 = \frac{V}{R_1}$$

$$\therefore I_1 = \frac{I R_S}{R_1} = \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17.7)$$

بتعويض معادلة (16.7) بالمعادلة (17.7) ينتج

$$I_1 = I \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{1}{R_1}$$

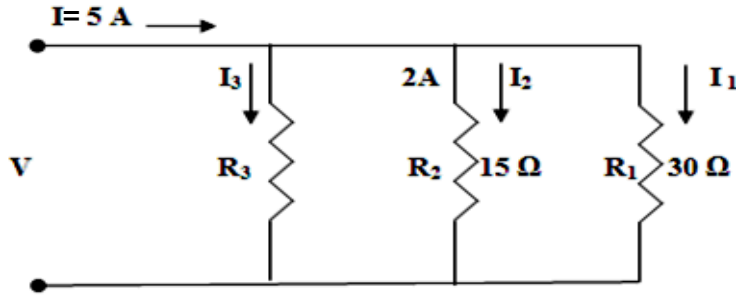
$$\therefore I_1 = I \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (18.7)$$

$$I_2 = I \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \ldots\ldots\ldots \quad (19.7)$$ وبالطريقة نفسها

وتعني هاتان المعادلتان أن التيار المار في أحدى المقاومتين يساوي التيار الكلي مقسوماً على مجموع المقاومتين ومضروباً في المقاومة الأخرى . أو بمعنى أخر أن التيار يتناسب مع المقاومة الأخرى . اذ إن التيار الكبير يمر في المقاومة الصغيرة وبالعكس . عرضاً أن هذا القانون لايصلح في حالة وجود ثلاث مقاومات فأكثر مربوطة على التوازي .

مثـال :

في الدائرة أدناه التيار الكلي 5 A والتيار المار خلال المقاوم 15Ω يساوي 2 A ما قيمة المقاومة R_3 وما قيمة التيار في كل مقاومة ؟



شكل (11.7) ثلاث مقاومات مربوطة على التوازي

الحـل :

الفولتية عبر طرفي المقاومة الوسطى(R_2) تساوي

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} \Rightarrow V_2 = I_2 \cdot R_2$$

$$V_2 = 2 \times 15 = 30\ v$$

$V = V_1 = V_2 = V_3 = 30\ v$ لأن الـربط توازي فأن

$$V = I \cdot R_s \quad , \quad \therefore R_S = \frac{30\ v}{5\ A} = 6\ \Omega$$

$$\frac{1}{R_S} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

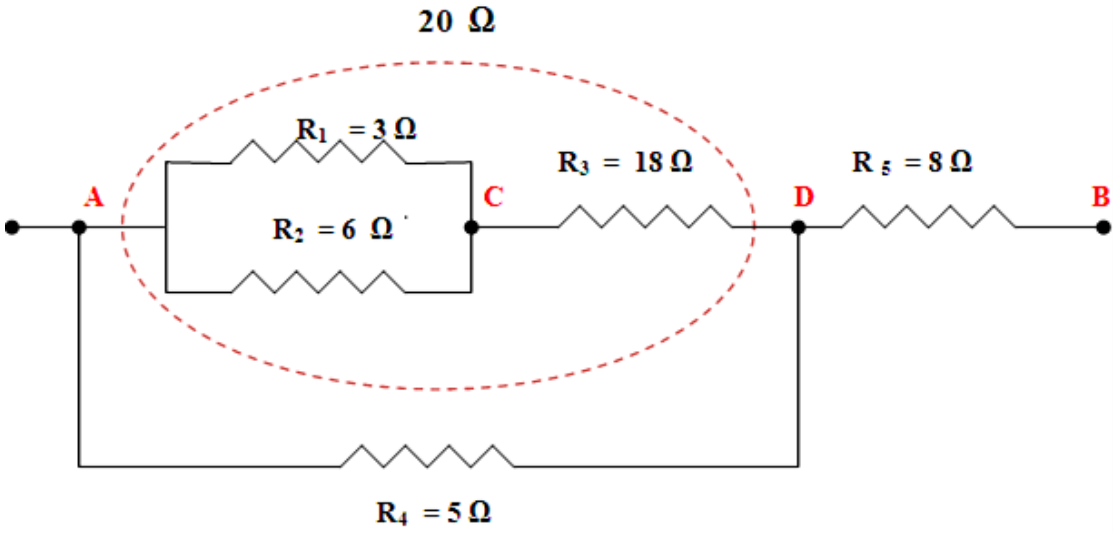
$$\frac{1}{6} = \frac{1}{15} + \frac{1}{30} + \frac{1}{R_3}$$

$$R_3 = 15\ \Omega$$

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V}{R_1} = \frac{30}{30} = 1\ A$$ التيار في المقاومة الأولى

$$I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{V}{R_3} = \frac{30}{15} = 2\ A$$ التيار في المقاومة الثالثـة

5.10.7 الـربط المركب للمقاومات combination series -parallel :



شكل (12.7) الربط المركب للمقاومات

مـثـال :

في الدائـرة أعـلاه شكل (12.7) أوجـد المقاومة المكـافئـة بـيـن A , B ؟

المقـاومة المكـافئة بـيـن A,C المكافئة $R_{AC} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

$$R_{AC} = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 2\ \Omega$$

وهذه المقاومة على التوالي مع المقاومة R_3

$\therefore$ المكافئة $R_{ACD} = R_{AC} + R_3 = 18 + 2 = 20\ \Omega$

المقاومـات في النقطة A ,C, D على التوازي مع المقاومة R_4

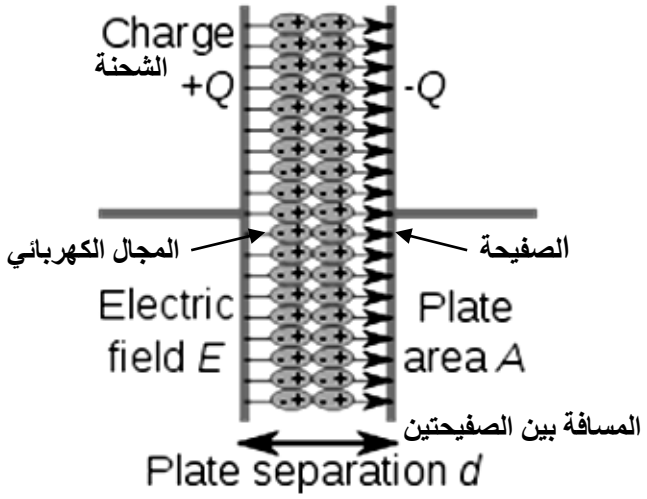
$$R_{AD} = \frac{R_{ACD} \cdot R_4}{R_{ACD} + R_4} = \frac{20 \times 5}{20 + 5} = 4\ \Omega$$

وأخيراً لإيجاد المقاومة الكلية بين A , B اذ تربط المقاومة الكلية R_{AD} مع R_5 على التوالي

$$R_s = 4 + 8 = 12\ \Omega$$

11.7 المتسعــة Capacitor :

أحد مكونات الدوائر الكهربائية التي تقوم بتخزين الطاقة بشكل مجال كهربائي . تتالف من زوج من الصفائح الموصلة يفصل بينهما عازل كهربي. تتجمع شحنات متساوية في المقدار ولكن متعاكسة في الإشارة على الصفيحتين في حالة تسليط جهد مستمر عليها تصبح المتسعة بذلك مشحونة. عند تركيبها في دائرة كهربية يمكن تفريغ الشحنة المخزونة فيها ، كما يمكن إعادة شحنها. والمتسعات المصنعة لها صفائح معدنية رقيقة موصلة للكهرباء حسب نوع ربطها، توضع فوق بعضها تفصلها طبقات العوازل أو تلف حول بعضها لتصغير حجم المتسعة.الشكل (13.7) المتسعة وأجزاءها .



شكل (13.7) المتسعة وأجزائها

1.11.7 أنواع المتسعات حسب نوع المادة العازلة:

يتحدد نوع المتسعة على حسب المادة العازلة المستخدمة في صناعتها إلى :

1- المتسعة الهوائية : الهواء هو المادة العازلة الموجودة بين لوحي المتسعة

2- المتسعة البلاستكية : المادة العازلة مصنوعة من مادة البلاستيك .

3- متسعة الميكا : المادة العازلة من الميكا.

4- المتسعة السيراميكة : المادة العازلة من السيراميك.

5- المتسعات الورقية : المادة العازلة هي الورق.

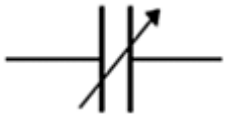
6 - المتسعة الكيماوية أو الإلكتروليتية : المادة العازلة محلول كيماوي بين لوحي المتسعة .

2.11.7 أنواع المتسعات المستخدمة عمليا:

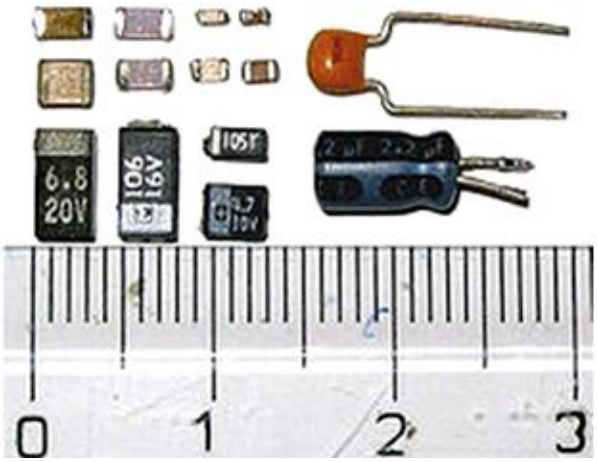
1 - المتسعات الثابتة : و قيمتها ثابتة حسب الشركـــة الصانعة، و مــن أنواع المتسعات الثابتة المتسعات الورقية ومتسعات السيراميك كما موضحة فــي الشكل **(14.7)** أ

2 - المتسعات متغيرة القيمة :- يمكن الحصول منها على سعات مختلفة كما موضحة فـــي الشكل **(14.7)** ب

متسعة متغيرة



رمز للمتسعة المتغيرة



رمز للمتسعة الثابتة

أ ـ المتسعة الثابتة ب ـ المتسعة المتغيرة

شكل (14.7) أنواع وأشكال المتسعات ورموزها

3.11.7 وحدات المتسعة Capacitor units:

أن وحدة قياس السعة هي الفاراد F ولكن هذة القيمة عالية جداً فيمكن القياس باجزائها وهي المايكرو فراد µF والنانو فاراد nF والبيكوفاراد ونسبها كما يلي :

10^{6} مايكروفاراد = 1 فاراد

10^{9} نانوفاراد = 1فاراد

10^{12} بيكوفاراد = 1 فاراد

تعمل المتسعات تحت جهد كهربائي يتراوح من بضع أجزاء الفولت كما في الدوائر الإلكترونية والكهربائية إلى آلاف فولت كما في شبكات القدرة الكهربائية.

4.11.7 سعة المتسعة Capacitor Capacity:

تعرف سعة المتسعة بانها : قدرة المتسعة على تخزين الإلكترونات، أو هي النسبة بين شحنة الموصل والجهد الكهربي الناتج عن هذه الشحنة

$$\text{سعة المتسعة} = \frac{\text{الشحنة المخزنة (كولوم)}}{\text{فرق الجهد بين لوحي المتسعة (فولت)}}$$

$$C = Q / V \quad \ldots\ldots\ldots (20.7)$$

حيث C : سعة المتسعة ، (فاراد)

Q : الشحنة ، (كولوم)

V : فرق الجهد ، (فولت)

5.11.7 العوامل المؤثرة على سعة المتسعة:

يوجد ثلاث عوامل أساسية تؤثر على سعة المتسعة بصورة مباشرة وهذه العوامل هي:

1. المساحة السطحية لألواح المتسعة (A) :

إن سعة المتسعة تتناسب طرديا مع المساحة السطحية للألواح، فإذا زادت مساحة سطح اللوح زادت سعة المتسعة وذلك لزيادة استيعابه للشحنات الكهربائية، وبالعكس تقل سعة المتسعة كلما قلت هذه المساحة.

2. المسافة بين الألواح (d):

تقل السعة عندما تزداد المسافة بين الألواح وتزداد كلما قلت تلك المسافة.

3. الوسط العازل :

تتغير سعة المتسعة بتغير المادة العازلة بين الألواح ويعتبر الهواء الوحدة الأساسية لمقارنة قابلية عزل المواد الأخرى المستعملة في صناعة المتسعات. يوجد لكل مادة ثابت عزل و يرمز له (**Є**)

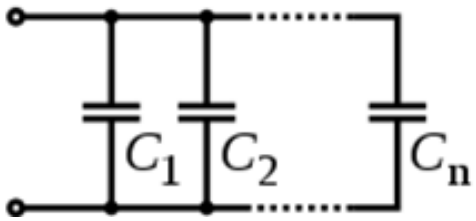
6.11.7 استعمالات المتسعة في الدائرة إلكترونية :

تستعمل المتسعة في الدوائر الالكترونية :

- كمتسعة ربط (Coupling) أو متسعة تسريب (Bypass). أي ان وظيفة المتسعة السماح بمرور التيار المتغير كالإشارة اللاسلكية أو الموسيقى والكلام وتمنع مرور جهد التغذية المستمر أو تختزنه.
- تستعمل المتسعة الكيماوية لكون قيمتها عالية، للشحن والتفريغ في دوائر تقويم التيار التي تحول التيار المتغير إلى تيار مستمر، ويمكن استخدامها ايضاً في دوائر فلاش كاميرا التصوير، اذ تخزن شحنات كهربية عالية ، وعندما تُفرغ فجأة تعطي الضوء الأبيض الباهراللازم لالتقاط الصورة.
- تربط المتسعة المتغيرة على التوازي مع ملف لاختيار المحطات (تردد الموجات) في جهاز الراديو(عملية توليف راديو أو جهاز التلفزيون)
- توصل المتسعة مع المقاومة في الدائرة الإلكترونية للحصول على أشكال موجات متنوعة وفي تطبيقات عديدة .

7.11.7 طرق ربط المتسعات Capacitors Connection:

أولاً: الربط على التوازي Parallel Connection



شكل (15.7) توصيل المتسعات على التوازي

يتصف ربط التوازي، الشكل (15.7) كما في ربط المقاومات على التوازي ، بان فرق الجهد نفسه V. أما التيـار (الذي يمثل متوسط مرور الشحنات) الذي نعبر عنه بالشحنة الداخلة الى عدد من المتسعات المربوطة على التوازي يساوي مجموع الشحنات المتجمعة على كل المتسعات .

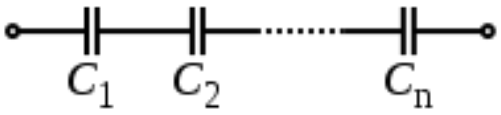
السعة المكافئة للمتسعات مربوطة على التوازي :

$$C_e = C1 + C2 + C3 + \cdots \cdots \quad \text{.....} \quad (21.7)$$

ويتم التوصيل على التوازي اذ يتم توصيل الأطراف السالبة مع بعضها والموجبة مـع بعضها

ثانياً : الربط على التوالي Series Connection

تتسبب المتسعات المربوطة على التوالي في تجميع شحنات متساوية عبر صفيحتيها بمعنى ان مرور التيار نفسه فيها اما فرق الجهد الكلي يساوي مجموع فولتيات المتسعات المربوطة على التوالي ، الشكل (16.7).



شكل (16.7) توصيل المتسعات على التوالي

يكون ربط المتسعات على التوالي بتوصيل الصفيحة الخارجية للمتسعة الأولى بالصفيحة الداخلية بالمتسعة الثانية بواسطة سلك. والآن توصل الصفيحة الداخلية للمتسعة الأولى بالقطب الموجب في الدائرة والصفيحة الخارجية للمتسعة الثانية بالقطب السالب.

السعة المكافئة لمتسعات المربوطة على التوالي :

$$\mathbf{1/C_e = 1/C1 + 1/C2 + 1/C3 + \ldots\ldots}$$

$$\therefore \mathbf{C_e = 1 / (1/C1 + 1/C2 + 1/C3 + \cdots\cdots)} \quad \ldots\ldots\ldots (22.7)$$

ويتم توصيل الطرف الموجب بالطرف السالب والسالب بالموجب والموجب بالسالب وهكذا.

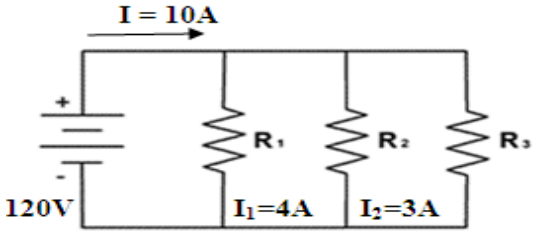
اسئلة الفصل السابع

1. اشتق معادلة لحساب المقاومة المكافئة لاربع مقاومات مربوطة كما يأتي:

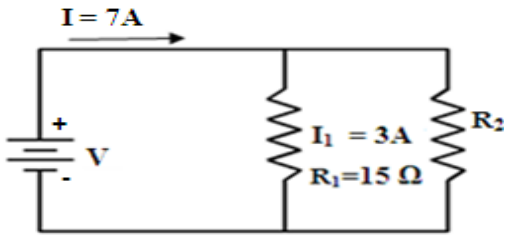
   1 . التوالي 2 . التوازي

2. صنف المواد حسب توصيلها للكهرباء ؟

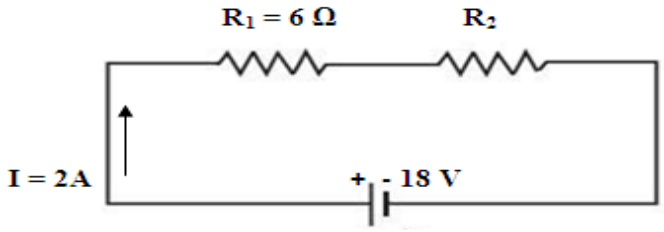
3. أوجد القيم المجهولة للتيار والفولتية والمقاومة لكل من المقاومات في الدوائر الكهربائية الآتية



(a)

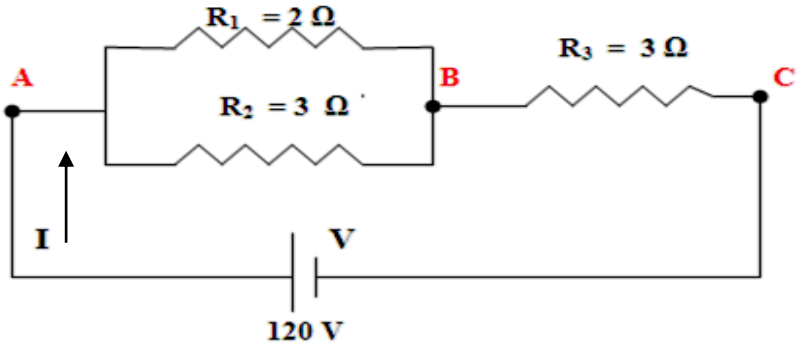


(b)



(c)

4. أوجد المقاومة الكلية للدائرة المبينة في الشكل ومقدار التيار والفولتية في كل مقاومة ؟



5. عرف المتسعة وما فائدتها واستخداماتها ؟

6. ما هي أنواع المتسعات على ضوء المادة العازلة ؟

7. ما هي العوامل المؤثرة في سعة المتسعة ؟

8. ما الفرق بين ربط المتسعات على التوالي وربطها على التوازي ؟

الفصل التاسع

9 . المحولات (Transformers)

المحولة ماكنة أستاتيكية كهرومغناطيسية (غير متحركة) ليس بها أجزاء دوارة ، تستخدم المحولة اما لرفع الفولتية المتناوبة (AC) فتسمى محولة رافعة ولكنها في هذه الحالة تخفض التيار. أو لخفض الفولتية المتناوبة فتسمى محولة خافضة ولكنها في هذه الحالة ترفع التيار . بأهمال الخسائر داخل المحولة فإن القدرة الداخلة تساوي القدرة الخارجة .

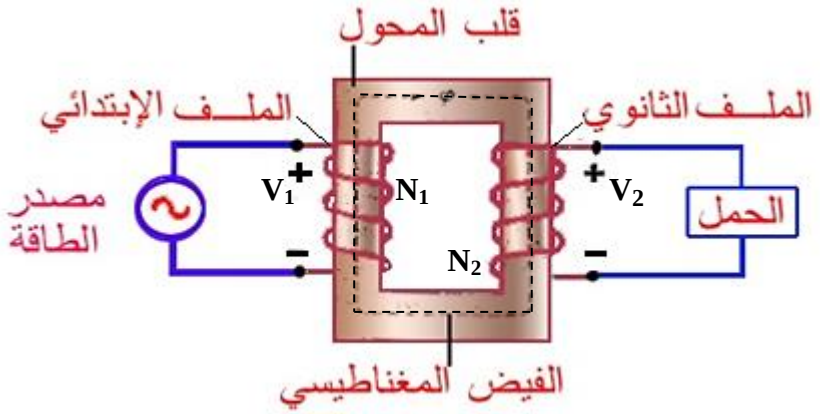
1.9 أجزاء المحولة transformer parts :

تتكون المحولة من ثلاث اجزاء اساسية موضحة في الشكل (1.9) وهي :

1 - ملف ابتدائي **primary winding** يوصل مع مصدر التيار (المتناوب) .

2 - قلب حديدي **Steel core** .

3 - ملف ثانوي **secondary winding** يوصل مع الجهاز المراد تشغيله .



شكل (1.9) المحول الكهربائي ومكوناته الأساسية

ان الملفين الابتدائي والثانوي مصنوعان من أسلاك نحاسية معزولة ملفوفة حول قلب مغلق من الحديد المطاوع .

2.9 مبدأ عمل المحولة :

ان فكرة عمل المحول هو ان الملف اذا مر به تيار كهربائى متغير(ولابد ان يكون متغير) سيتكون حوله مجال مغناطيسى متغير ايضاً ينتقل خلال القلب الحديدي الى الملف الثانوي تولد جهداً خلال طرفي الملف الثانى على الرغم من عدم ملامسته للملف الأول ويتوقف الجهد الكهربائي المتكون في هذا الملف الثانى على عدد لفاته . عند تعرض الملف الثانى للمجال الناشئ من الملف الأول فأن خطوط المجال المغناطيس تقطع لفات الملف الثانى وبما انها متغيرة فإنه ينشأ عن ذلك تيار فى الملف الثانى يعرف بالتيارالمستنتج بالحث الذاتى . وعليه فان المحولة تعمل على الحث الكهرومغناطيسي، يزداد الحث الذاتى فى الأحوال الأتية:

1- زيادة عدد لفات الملف

2- زيادة مساحة مقطع الملف ونقصان طوله .

3 - إذا كان للملف قلب من مادة مغناطيسيه كالحديد أو مسحوق الحديد او الفرّيت (Ferrite) (أوكسيد الحديد مخلوطا مع فلزات أخرى) .

ومن الجدير بالذكر فان المحولة لا تعمل مطلقا مع الجهد المستمر وذلك لأن المجال المغناطيسي في هذه الحالة يكون ثابتاً لا يتغير ولا يولد تياراً محتثاً في الملف الثانوي .

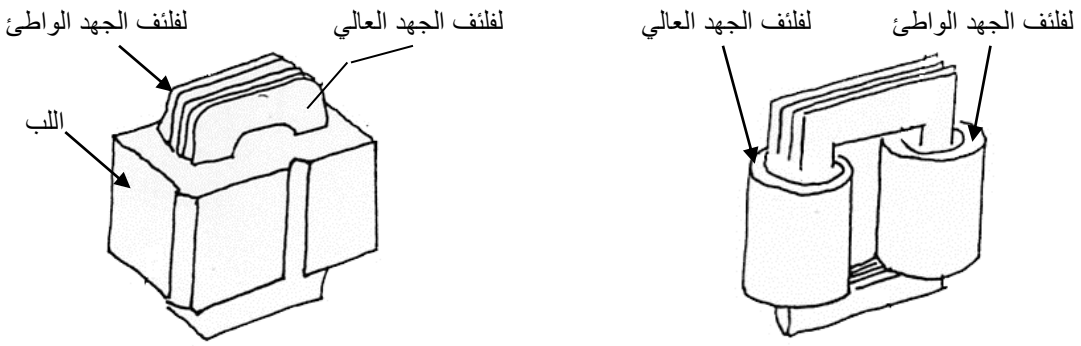
3.9 الملفات Coils :

وهما ملفان غير متصلين كهربائياً تربطهما دائرة مغناطيسية ذات معاقة صغيرة . وقد يكون ملفاً واحداً كما في المحول الذاتي . وقد يكون ملفات عدة كما في حالة المحولات ذات الأطوارالثلاثة. في حالة المحولة ذات الملفين يسمى الملف الأول المتصل بالمصدر الملف الأبتدائي Primary Coil بينما يسمى الملف الثاني الذي تؤخذ منه الطاقة بالملف الثانوي Secondary Coil . ويمكن تصنيف لفائف المحول الى

أ ـ لفائف متحدة المركز Concentric Winding

ب ـ لفائف شطيرية Sandwich Winding

الشكل (2.9) يوضح هذين النوعين .



محول آحادي الطور ذو درع ولفائفه شطيرية **محول آحادي الطور ذو لفائف متحدة المركز**

شكل (2.9) أنواع المحولات حسب شكل الملفات

4.9 نظرية عمل المحولة :

يمكن تلخيص نظرية عمل المحولة كما يأتي :

1 ـ مرور التيارالمتردد في الملفات الابتدائية ينشئ مجالا مغناطيسيا متغيرا.

2 ـ يقطع الفيض المغناطيسي المتغير لفات الملف الثانوي فيتولد فيها **بالحث** جهد كهربي يعارض التغير في شدة واتجاه المجال المغناطيسي .

3 - الجهد المستحث المتولد في الملفات الثانوية يسبب تدفق التيار من هذه الملفات عندما توصل بحمل ما .

لو فرضنا عدد لفات الملف الابتدائي N_1 وعدد لفات الملف الثانوي N_2

واذ إن القدرة الكهربائية P التي تقاس بالواط (Watt) تحسب من المعادلة :

$$\mathbf{P = I \times V}$$

وعليه فان :

القدرة الداخلة في الملف الابتدائي = التيارالداخل إلى الملف الابتدائي × الفولتية الداخلة إلى الملف الابتدائي

$$\mathbf{P_1 = I_1 \times V_1}$$

القدرة الخارجة من الملف الثانوي = التيار الخارج من الملف الثانوي × الفولتية الخارجة من الملف الثانوي

$$\mathbf{P_2 = I_2 \times V_2}$$

والعلاقة التي تربط بين عدد اللفات والفولتية :

$$\frac{\mathbf{N_2}}{\mathbf{N_1}} = \frac{\mathbf{V_2}}{\mathbf{V_1}}$$

وعلى فرض ان أهمال خسائر القدرة في المحولة الكهربائية ، عندئذ تدعى المحولة مثالية والقدرة الخارجة من المحولة تساوي القدرة الداخلة اليها أي أن :

$$\mathbf{P_2 = P_1}$$

وبالتعويض $\mathbf{I_2 \times V_2 = I_1 \times V_1}$

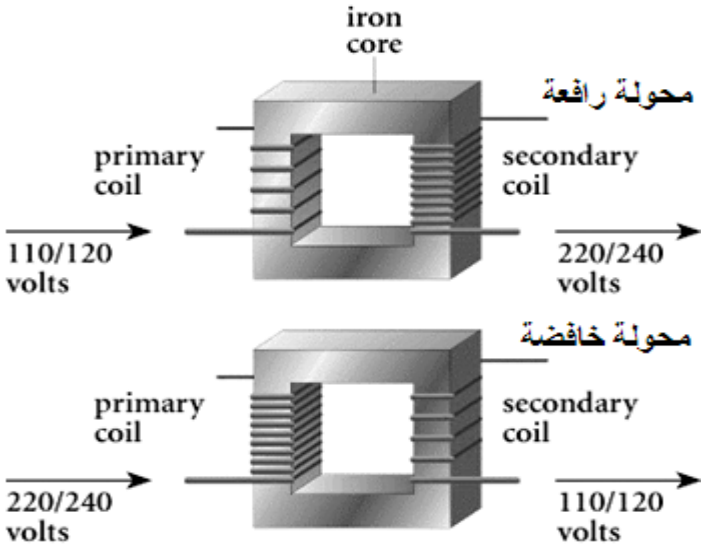
$$\therefore \quad \frac{\boldsymbol{V_2}}{\boldsymbol{V_1}} = \frac{\mathbf{I_1}}{\mathbf{I_2}}$$

وعليه تصبح العلاقة بين عدد اللفات والتيار في المحولة المثالية :

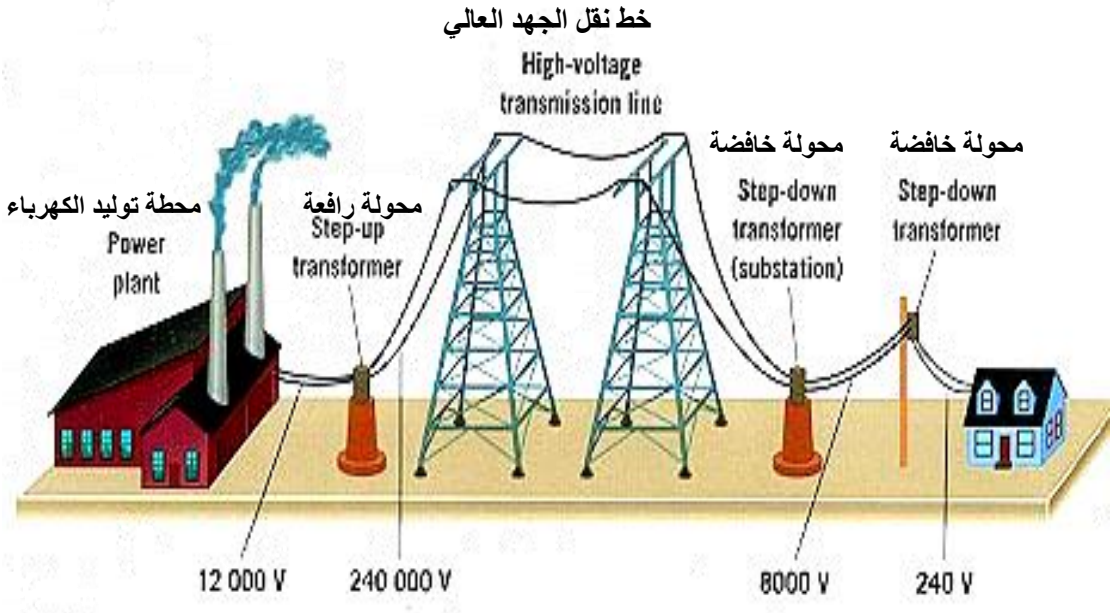
$$\frac{\mathbf{N_2}}{\mathbf{N_1}} = \frac{\mathbf{I_1}}{\mathbf{I_2}}$$

اذا كانت نسبة التحويل في المحولة $\frac{\mathbf{N_2}}{\mathbf{N_1}}$ أكبر من واحد ، فالمحولة تكون رافعة للفولتية (Step –up transformer) فتكون : $\mathbf{V_2}$ أكبر من $\mathbf{V_1}$ وخافضة للتيار أي $\mathbf{I_2}$ أصغر من $\mathbf{I_1}$ ، أذا كانت نسبة التحويل في المحولة $\frac{\mathbf{N_2}}{\mathbf{N_1}}$ أصغر من واحد ، فالمحولة تكون خافضة للفولتية (Step –down transformer) فتكون : $\mathbf{V_2}$ أصغر من $\mathbf{V_1}$ ورافعة للتيار أي $\mathbf{I_2}$ أكبر من $\mathbf{I_1}$ بمعنى ان المحولة الرافعة للفولتية تكون خافضة للتيار وبالعكس .

الشكل (3.9) يوضـــح المحولات الرافعة والخافضة ، اما الشكل (4.9) يبين كيفية نقل التيار من محطة التوليد والى المنازل عبر محولات الخفض والرفع.



شكل (3.9) شكل توضيحي لمحولات رافعة وخافضة



شكل (4.9) استخدام المحولات الرافعة والخافضة في نقل التيار من محطة التوليد الى المنازل

مثال (1)

نفترض ان الملف الابتدائى مكون من 200 لفه والملف الثانوى مكون من 600 لفه وفولتية الملف الثانوى 90 فولت فكم هي فولتية المصدر ؟

الحل

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

$600 / 200 = 90 / V_1$

$\therefore V_1 = 30$ volt

هنا المحولة رافعة اذ اصبحت الفولتية بعد ان كانت 30 فولت في الملف الابتدائي التي هي فولتية المصدر الى 90 فولت في الملف الثانوي .

مثال (2)

محولة كهربائية عدد لفات ملفها الابتدائي (800) لفة ربط مع مصدر للفولتية المتناوبة (250V) والمصباح المربوط مع ملفها الثانوي يشتغل على فولتية متناوبة (15V).

1 - ما نوع هذه المحولة 2 - أحسب عدد لفات ملفها الثانوي

الحل

1 - المحولة خافضة لان فولتية ملفها الثانوي $V_2 = 15$ V أصغر من فولتية ملفها الابتدائي $V_1 = 250$.

2 -

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

$N_2 / 800 = 15 / 250$

$N_2 = 48$ لفة عدد لفات ملفها الثانوي

5.9 أنواع المحولات Types of transformers :

يمكن تصنيف المحولات الكهربائية بطرق عدة كل منها يستند الى أساس معين نذكر منها :

أ - تصنيف المحولات الكهربائية من حيث نوع الاستخدام الى :

1 - محولات قدرة : وهي التي تستخدم في شبكات الكهرباء ذات الفولتية العالية .الشكلين (5.9) و (6.9)

2 - محولات توزيع : وهي التي تستخدم في تجهيز المواطنين بالطاقة وتقوم بتحويل الفولتيات العالية إلى فولتيات واطئة صالحة للاستخدام في مواقع العمل ومواقع السكن . الشكل (7.9) .

3 - محولات سيطرة : وتستخدم في أجهزة الحماية والسيطرة .

4 - محولات قياس : وتستخدم في أجهزة ومعدات الفحص .

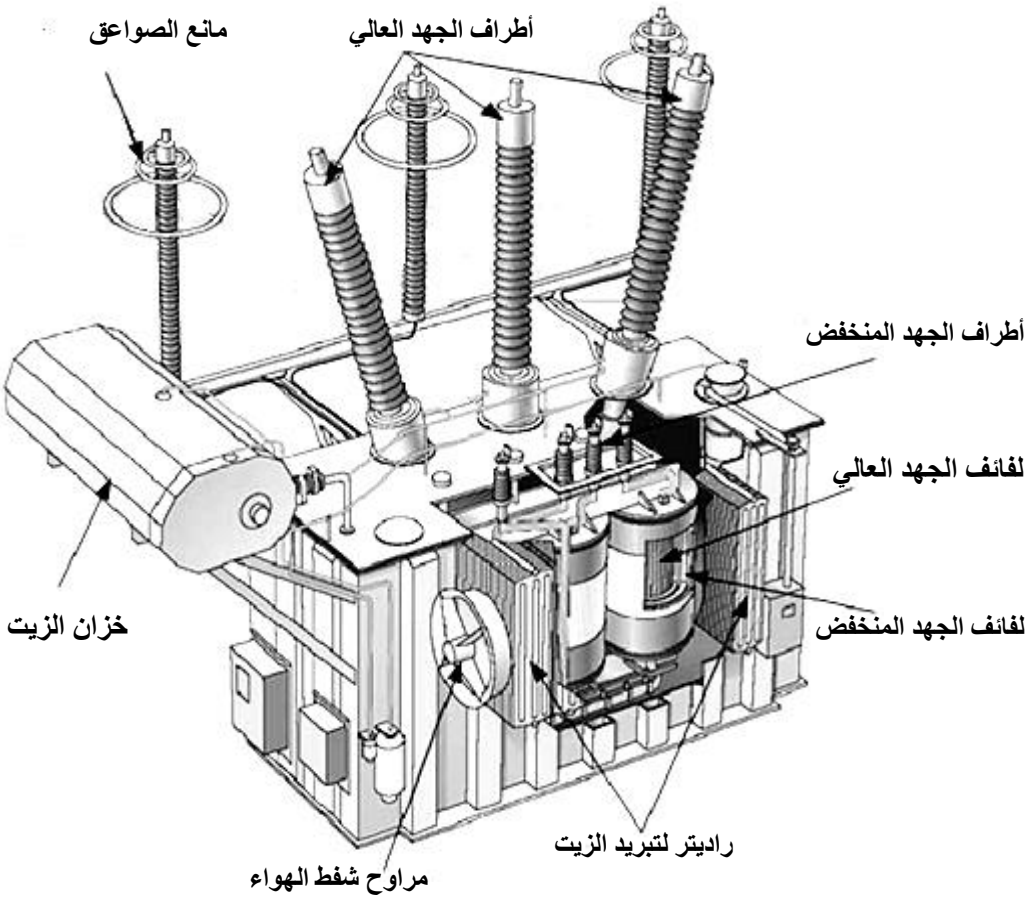
ب - تصنيف المحولات الكهربائية من حيث نظام التبريد المستخدم فيها إلى :

1 - محولات مبردة بالهواء .

2 - محولات مبردة بالهواء والزيت

3 - محولات مبردة بالزيت والماء والهواء .

الشكل(5.9) الشكل الخارجي لمحولة القدرة لتخفيض الضغط العالي وتوضع فى نهاية شبكات التوزيع لخفض الجهد



شكل (6.9) شكل توضيحي لأجزاء محولة قدرة لتخفيض الضغط العالي

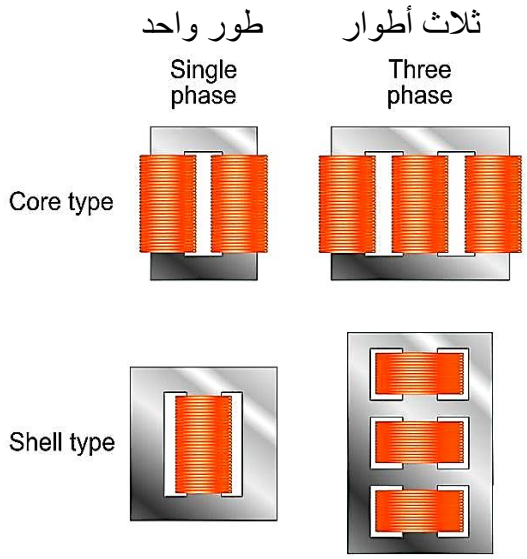
شكل (7.9) محول توزيع

جـ ـ تصنيف المحولات الكهربائية من حيث عدد الأطوار إلى :

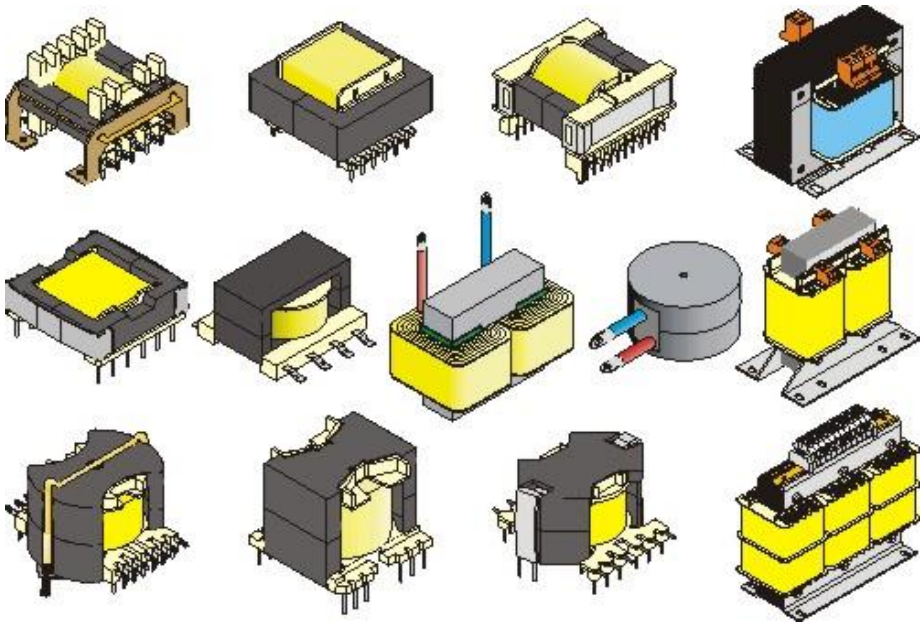
1 ـ محولات ذات طور واحد .

2 ـ محولات ذات أكثر من طور

يوضح الشكل (8.9) انواع المحولات مختلفة الطور . والشكل (9.9) يظهر فيه اشكال مختلفة وانواع مختلفة للمحولات .



شكل (8.9) انواع من المحولات حسب الطور



شكل (9.9) أشكال وأنواع المحولات لمختلف الاجهزة الكهربائية

6.9 الطاقة المفقودة (Energy losses) في المحول وكيفية الحد منها :

- يتحول جزء من الطاقة الكهربية الى طاقة حرارية بسبب مقاومة الأسلاك مما يشكل خسائر في الطاقة وللحد منها بسبب المقاومة تصنع الملفات من النحاس الذي له مقاومة نوعية منخفضة .
- يفقد جزءاً من الطاقة بسبب التيارات الدوامية المتولدة في القلب الحديدي ، يصنع القلب الحديدي من شرائح رقيقة من الحديد المطاوع السليكوني معزولة عن بعضها للحد من التيارات الدوامية .
- تسرب جزء من خطوط الفيض خارج القلب الحديدي فلا تقطع الملف الثانوي، لذا يوضع الملف الابتدائي داخل الملف الثانوي ويعزل عنه .
- يفقد جزء من الطاقة في صورة طاقة ميكانيكية تستنفذ في تحريك الجزيئات المغناطيسية للقلب الحديدي، وللحد من الفقد يصنع القلب من الحديد المطاوع لسهولة حركة جزيئاته المغناطيسية .

7.9 التبريد cooling :

لقد عرفنا إن قسم من الطاقة الداخلة الى المحولة يحصل فيها خسارة بشكل طاقة كهربائية في الملفات وطاقة مغناطيسية في القلب الحديدي . الخسائر الكهربائية في الملفات ستتحول الى حرارة تتسبب في ازدياد درجة حرارة أجزاء المحولة كافة. عليه يتطلب الامر عملية تبريد ، هنالك طرق عدة لتبريد المحولة هـي :

1 - **تبريد طبيعي بالهواء :** هذه الطريقة تستخدم الهواء الاعتيادي المحيط للتبريد ، وهي تستعمل في المحولات الصغيرة فقط التي تعمل عند جهود منخفضة .

2 - **تبريد بدفع الهواء :** يتم بهذه الطريقة تحسين التبريد بوساطة دفع هوائي من مروحة .

3 - **تبريد طبيعي بالزيت والهواء** : هذه الطريقة شائعة الاستعمال في كل من محولات التوزيع . ويستخدم فيها الزيت الذي يدور بشكل طبيعي والهواء الذي يدور هو أيضا بشكل طبيعي .

4 - تبريد بدفع الزيت، ودفع الهواء : وهـــي طريقـة شائعة الاستخدام فـــي محولات القـدرة الكبيرة . ويستخدم فيها الزيت الذي يدور بشكل اصطناعي والهواء المضغوط .

5 - تبريد بدفع الزيت، ودفع الماء (تبريد خارجي) : وتستخدم هذه الطريقة في محولات القدرة الكبيرة . ويستخدم فيها الزيت المدور بقوة اصطناعية ، والماء المدور بقوة أيضا

أن ملاحظة قراءة مقياس الحرارة لزيت المحولة يجب أن تكون يومية ومستمرة ومن ضمن أعمال التشغيل للأجهزة والمعدات، وعند وصول درجة الحرارة إلى 80 م^{o} في حالة المحولات المبردة بالزيت والهواء يجب مراجعة حالة التحميل للمحولة ومعالجتها . أما إذا وصلت درجة حرارة الزيت إلى 90 م^{o} يجب توقيف المحولة عن العمل والبدء فوراً بمعالجة السبب . تستخدم المحولات المبردة بالزيت في المواقع التي تكون خارج الأبنية.

8.9 زيـت المحولة transformer oil :

يستخدم الزيت المعدني (Mineral Oil) وهو احد مشتقات النفط في المحولات الكهربائية لغرضين هما :

1 - التبريد

2 - العزل

يستخدم الزيت كمادة عازلة في المحولات لأنه أجود وأكفأ من الهواء في هذا المجال . أن استخدام الزيت في المحولة لمدة طويلة بدون فحص قد يسبب مشكلة في وقت ما لهذه المحولـــة اذ إن خواص الزيت تختلف مع الوقت لوجود مسببات كثيرة تعمل على تخفيض كفاءته كالرطوبة والأوساخ والأجزاء المعدنية أو التأكسد الكيمياوي الذي يحصل عند ارتفاع درجة حرارة المحولة والزيت أو غيرها ، لذا يتطلب الأمر أجراء فحوصات دورية مستمرة له للتأكد من سلامته للاشتغال . هذه الفحوصات يجب أن تتضمن :

1 - قوة العـزل

2 - اللزوجـة

3 - الحامضيـة

أسئلة الفصل التاسع

1. علل : لايعمل المحول ألا في تيار متناوب
2. ما هي الأجزاء الرئيسة للمحولة ؟
3. بماذا تختلف المحولة الرافعة عن المحولة الخافضة ؟
4. في أي المجالات تستعمل المحولة الكهربائية 1- الرافعة 2- الخافضة ؟
5. ماهي طرق تبريد المحولات ؟
6. ماهي طبيعة الفقد والخسارة في المحولة وكيفية الحد منها .
7. ما هو مبدأ عمل المحولة ؟
8. محولة كهربائية عدد لفات ملفها الابتدائي 5000 لفة وعدد لفات ملفها الثانوي 250 لفة ، فاذا كانت الفولتية المتناوبة على ملفها الابتدائي 200 فولت أحسب الفولتية الخارجة من ملفها الثانوي ؟
9. محرك كهربائي يشتغل بفولتية 5 V وقدرة 10 Watt ربط هذا المحرك مع الملف الثانوي لمحولة كهربائية ، وربط ملفها الابتدائي مع مصدر الفولتية المتناوبة 250 V وكان عدد لفات ملفها الابتدائي 6000 لفة. عّد المحولة مثالية وأحسب :

   1 - عدد لفات ملفها الثانوي .

   2 - التيار المتناوب في المحرك .

   3 - التيار المتناوب في الملف الابتدائي .

الفصل العاشر

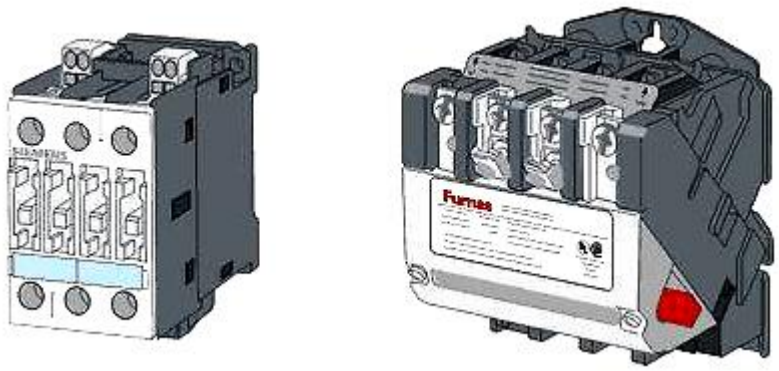
10 . اللاقـــــط (Contactor)

1.10 تركيب اللاقـــط Parts of the Contactor:

هو عبارة عن جهاز كهرومغناطيسي يقوم بعملية توصيل وقطع التغذية الكهربائية في دوائر السيطرة على الأجهزة الكهربائية ذات القدرة العالية نسبياً ، الشكل (1.10) .
معظم تطبيقات المحركات الكهربية تتطلب إستخدام أجهزة التحكم عن بعد لتشغيل (بدء) وإيقاف الأجهزة والمعدات ، واللاقـط (الكونتكتر) شائع الاستخدام للقيام بهذه الوظيفة ، يستخدم ايضاً للتحكم في توزيع القدرة فى دوائر الإنارة والتدفئة كما أنه يستعمل في لوحات المصاعد الكهربائية والسلالم المتحركه والروافع الكهربائية وفي لوحات أبار الماء والمولدات الكهربائية في عملية التحويل الألي للتيار الكهربائي عند الانقطاع ويستخدم ايضا في اشارات المرور الضوئية .

يتصف اللاقـــط بما يأتي :

1 ـ سرعة أجراء الغلق والفتح لتقليل مدة الشرارة .
2 ـ الفصل والعودة الى حالة ماقبل التشغيل (أي حالة الفصل) في حالة انقطاع فولتية المصدر أي الفولتية المجهزة وعدم الاشتغال وعمل التوصيل تلقائياً إلا عن طريق المشغل .



شكل (1.10) الجزء الخارجي للاقـــط

ويتكون اللاقــط بصورة رئيسة من :

1 - **ملف الاشتغال Operating coil** يعمل بوساطة التيار الذي يمر فيه ويمغنـط القلب الحديدي له ليقوم بسحب الموصلات المتحركة لتتصل بالموصلات الثابتة عنـــد توصيل التغذية له . وعند انقطاعها ينقطع التيارالكهربائي المارفيه فيفقد القلب الحديدي الخاصية المغناطيسية له فترجع الموصلات المتحركة الى مواضعها الأصلية بتأثير النابض المعدني الموجود في اللاقــط الذي يعاكس تأثير القلب الحديدي عندما يمغنط .

2 - **موصلات ثابتة Stationary contact:** تربـط إلى مصدر التـغذيـة .

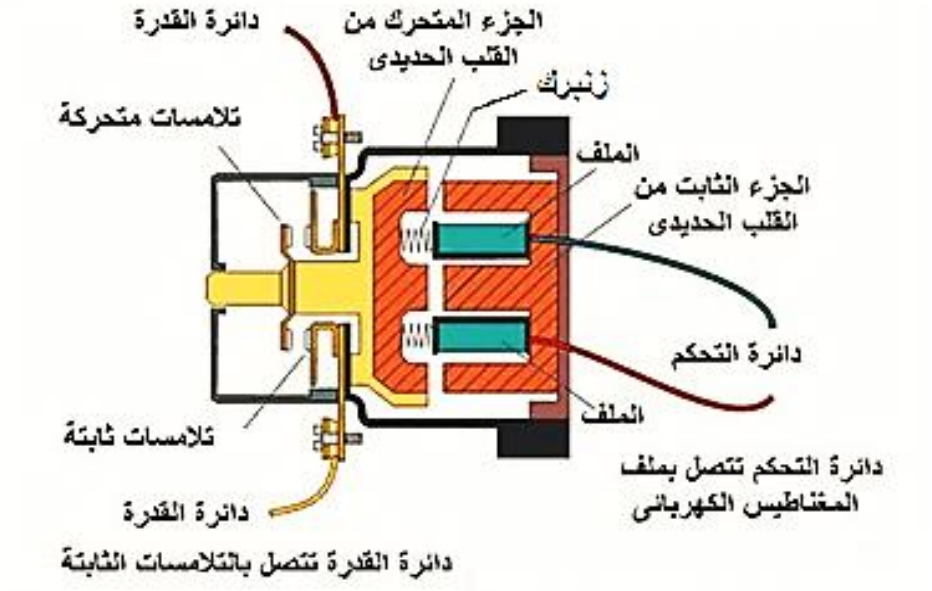
3 - **موصلات متحركة Movable contact:** وتربـط إلى المـحـرك .

4 - **موصلات مساعدة :** من النـوع المفتـوح اعتياديـاً (NO) ومـن النـوع المغلق اعتياديـاً (NC) وتفيد في دوائر السيطرة لتشغيل اللاقــط نفسه .

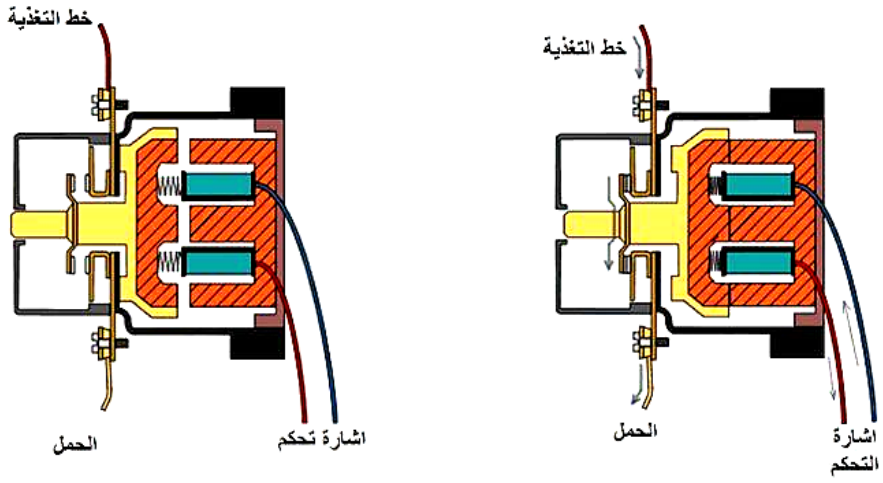
5 - **مـاصـات الشـرارة :** وتفيد فـي امتصاص الشرارة التــي تحصل بين الموصلات الثابتة والمتحركة أثناء عملية الغلق أو الفتح .

6 - **آلية التحــرك :** وتقوم بتحريك الموصلات المتحركة باتجـاه الموصلات الثابتة علــى اثر انجذابها بسبب تمغنط قلب الملف الحديدي عند توصيل التغذية .

الأجزاء أعلاه لنوع اللاقــط الهـوائـي الذي يعمل على فولتية واطئـة، موضـحة بالشكل (2.10) والشكل (3.10)



شكل (2.10) التركيب الداخلي للاقــط



شكل (3.10) اللاقــط في حالة التوصيل والقطع للتغذية الكهربائية

2.10 طريقة (مبدأ) عمل اللاقــط المغناطيسي:

عند توصيل التغذية إلى الملف من دائرة التحكم يتولد مجالاً مغناطيسياً داخل الجزء الثابت من القلب الحديدي فيجذب الجزء المتحرك اليه الذى بدوره يعمل على توصيل التلامسات فى دائرة القدرة . نتيجة التوصيل يمر التيار فى دائرة القدرة من خط التغذية الى الحمل . عندما ينقطع التيار عن دائرة التحكم يتلاشى المجال المغناطيسي وتفتح التلامسات المتحركة تحت تأثير ضغط (انفراد) الزنبرك.

3 .10 أصنــاف اللاقــط Varieties of the Contactor :

يصنف اللاقــط إلى أصناف عديدة ، فعلى أساس الوسط الفاصل مابين الموصل الثابت والموصل المتحرك تصنف إلى :

1 - **لاقــط هوائي Air contactor** ويكون الهواء هو الوسط الفاصل بين الموصل الثابت والموصل المتحرك وهو النوع السائد في مجال الفولتية الواطئة . وميزة هذا النوع الرخص وسلبيته تكمن في تلف الموصلات الثابتة والمتحركة بسبب الشرارة لذا فإنه يحتاج إلى تبديل أو صيانة .

2 - **لاقــط غـازي SF6 contactor** ويكــون الوسط الفاصل فيــه هــو غــاز (Sulphur hexafluoride gas) هذا اللاقـط حديث ومتطور وصيانته قليلة. ويستعمل في الفولتيات العالية وكلفته مرتفعة عن النوع الأول .

3 - **لاقـط فراغي Vacuum contactor** : والوسط الفاصل في هذا النوع هو الفراغ ويعّد من أحدث الأنواع ومزاياه انه لا يحتاج إلى صيانة فيما يخص الموصل الثابت والموصل المتحرك كما وان كلفته أعلى من النوع الأول ويستعمل في الفولتيات العالية .

ويصنف اللاقـط على أساس فولتية القدرة إلى :

1 - **لاقـط الفولتية الواطئة :** وتستخدم فـي المواقع التي تعمل على فولتية ثلاثية الطور لا تزيد قيمتها على (1000) فولت .
2 - **لاقـط الفولتية المتوسطة :** وتستخدم فـي المواقع التي تعمل على فولتية ثلاثية الطور تتراوح بين (3300) ولغاية (5500) فولت .
3 - **لاقـط الفولتية العالية :** وتستخـدم فـي المواقع التي تعمل علـى فولتية ثلاثية الطور قيمتها (11000) فولت أو أكثر .

4.10 أعطـال اللاقـط وعلاجـها :

هنالك أعطال شائعة ومتكررة في اللاقـط وسنأخذ لاقـط هوائي الفجوة مابين الموصلات الثابتة والمتحركة يعمل على الفولتية الواطئة كمثال على ذلك . أن الأعطال الشائعة في هذا النوع هي :

1 - تجمع الكاربون والاكاسيد على سطح الموصلات الثابتة والمتحركة بسبب الشرارة الناتجة عند الغلق والفتح وتعالج هذه الظاهرة بتنظيف الأسطح للموصلات بورق تنعيم مناسب بين آونة وأخرى وبإسلوب يراعى فيه الدقة والمحافظة على مواصفات الموصلات.

2 - انصهار والتحام الموصلات الثابتة والمتحركة الناتج من عدم تماس احدهما الأخر بصورة مناسبة الأمر الذي يؤدي إلى رداءة في التوصيل الذي يؤدي بدوره الى ظهور مقاومة في منطقة التماس نفسها تسبب تولد حرارة عالية جراء مرور التيار فيها بشكل تسبب في انصهار والتحام الموصلات فيما بينها. إن سبب هذه الظاهرة يعود إلى تجمع طبقة سميكة من الكاربون أو الأكاسيد على أسطح الموصلات وتعالج بنفس الطريقة 1 ، وأما أن يكون سبب الانصهار قلة الكهرباء المجهزة الى الملفات وتعالج بفحص دائرة السيطرة أو فولتية مصدر

ومعالجة الخطأ الناتج . وأما أن يكون الانصهار بسبب اختلاف قيمة إنفتاح أو إنقباض النابض المعدني اذ تكون قوته اكبر من قيمة الجذب المغناطيسي المتولد في قلب الملف ، ومعالجة ذلك بتصحيح حالة النابض المعدني بالصورة المناسبة .

3 - عدم قيام اللاقـط بالتوصيل وذلك بسبب عطب ملف الاشتغال الذي قد يكون متسببا من الفولتية العالية المجهزة أو قد يكون من رداءة الصنع ويعالج هذا الأمر بالأصلاح أو بالتبديل الكلي للملف .

أسئلة الفصل العاشر

1. ماهو مبدأ عمل اللاقـط ؟
2. ما الفرق بين اللاقـط من النوع الغازي SF6 ومن النوع الهوائي ؟
3. علل سبب انصهار والتحام الموصلات الثابتة والمتحركة للاقـط الهوائي ؟

الفصل الحادي عشر

11. نظام السيطرة (Control System)

أن نظام السيطرة مهم في حياتنا اليومية ، والسيطرة مؤشر على الرفاهية المدنية والتقدم الحضاري اذ تلعب دورا في جعل الحياة اكثر أمنا وراحة ودقة في انجاز الأعمال. وقد دخلت في مجالات كثيرة ابتداءاً من ابسطها في الاجهزة المنزلية مثل الفرن الكهربائي الى اجهزة ومعدات خطوط الانتاج الصناعي وفي الاجهزة الطبية والمواصلات وغيرها من مجالات الحياة.

1.11 أجزاء منظومة السيطرة Parts of the control system :

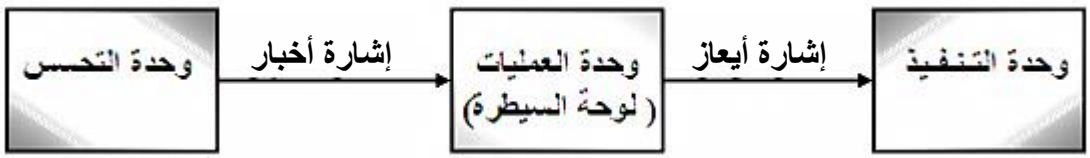
أن نظام السيطرة أو منظومة التحكم الآلية تتكون من ثلاث وحدات أساسية هي :

1 - وحدة التحسس Sense unit

2 - وحدة العمليات Operation unit

3 - وحدة التنفيذ Performance unit

تقوم **وحدة التحسس** بالتحسس والأخبار عن الحرارة أو الضغط أو الارتفاع أو التيار أو الفولتية بوساطة أجهزة متنوعة ومتخصصة يقوم كل واحد منها بالتحسس للظاهرة الفيزيائية أو الكيميائية أو الحيوية المعينة وتحويلها إلى أشارة كهربائية، هذه الإشارة ترسل إلى وحدة العمليات .تقوم **وحدة العمليات** بتحليل الإشارة القادمة من وحدة التحسس ومقارنتها مع المضبوط عليها العملية أو الظاهرة الفيزيائية ، وبعد ذلك أما أن تقوم هذه الوحدة باصدار القرار والإيعاز إلى **وحدة التنفيذ** لتصحيح الاشتغال للأجهزة إذا ما كانت قد خرجت عن القيم والحدود المسموح بها، أو أن لا يصدر أي قرار من وحدة العمليات إذا كان الاشتغال يسير بصورة صحيحة . يوضح الشكل (1.11)مخططاً يربط وحدات السيطرة مع بعضها.



شكل (1.11) مخطط هيكلي مبسط لنظام السيطرة

أن الاشارة الواردة من وحدة التحسس الى وحدة العمليات هي إشارة اخبار والإشارة الصادرة من وحدة العمليات الى وحدة التنفيذ هي إشارة أيعاز، وكلا الإشارتين يمكن أن تكون :

1 ـ إشارة رقمية يمكن تمثيلها بـقـيمـتـين فقط قيمة صغرى وقيمة كبرى مثل قيمة الصفر (0) وقيمة الواحد (1) .

2 ـ إشارة كمية التي يمكن تـمـثـيـلها بأي قـيمة في مدى معين يبدأ من قيمة صغرى وينتهي بقيمة كبرى .

2.11 وحدة التحسس Unit sensing :

تُعد المتحسسات العناصر الأساسية في أنظمة القياس والتحكم وهي ضرورية في المجالات الصناعية والطبية وغيرها ، وتمّ الاهتمام بتطويرها وإنتاجها؛ فازدادت أعدادها وأنواعها واختلفت مبادئ عملها وتعددت مجالات استخدامها.

وبفضلها تمكّن العلماء من دراسة وقياس مختلف الظواهر الفيزيائية والكيميائية والحيوية (البيولوجية)، كالحرارة والضغط وشدة الضوء والرطوبة النسبية وقياس حموضة السوائل ونسبة الايونات وغيرها. وباستخدامها أيضاً تمّ التحكم في العديد من التطبيقات، كذلك تمّ بوساطتها قياس المقادير الميكانيكية مثل السرعة والاهتزاز والإزاحات .

هناك أنواع واعداد كبيرة من المتحسسات للظواهرة المختلفة المراد قياسها ، وممكن تصنيفها الى مجموعات ، لكل مجموعة صفة مشتركة بين المتحسسات الموجودة ضمنها الى :
المحسسات الميكانيكية، المحسسات الحرارية، المحسسات الكهربائية، المحسسات المغنطيسية، المحسسات الضوئية والإشعاعية ، المحسسات فوق الصوتية، والمحسسات الكيميائية . ليس من السهل وضع المحسسات ضمن عدد محدد من المجموعات، بل تصنف في مجموعات عدة، وذلك لتعدد مواصفات المحسسات وكثرة أنواعها، اذ يمكن ترتيبها إما حسب الظاهرة المقاسة أو حسب مجال الاستخدام أو حسب الصفة الكهربائية للمحسس .
سنتناول بعض من أهم أجهزة التحسس التي تستخدم في محطات التصفية والمعالجة

3.11 جهاز تحسس الضغط Pressure Sensor :

سنتناول بعض التعاريف لفهم كيف تعمل أجهزة تحسس وقياس الضغط .

الضغط : يمثل الضغط مقدار القوة الموجهة من المادة على وحدة المساحة.

الضغط الجوي: Atmospheric Pressure

هو الضغط الذى يوجهه الهواء الجوى على أي جسم في الغلاف الجوي ، ويسمى بالضغط البارومتري . وقياس الضغط الجوي يعادل وزن عمود من الزئبق في أنبوب زجاجي مقفل من أعلى ومفرغ من الهواء ، أما الطرف السفلي للانبوب فهو مفتوح وموضوع في وعاء يحتوى على زئبق.

ويعادل(الضغط الجوي) 1جو = 760 mm Hg (ملم . زئبق) عند سط البحر ويساوي تقريبا 1.040 bar (بار)

ان اجهزة قياس الضغط لا تقيس الضغط المطلق او الحقيقي لمائع وانما تقيس مازاد عن الضغط الجوي اذ القراءة صفرا على الجهاز تعني عند الضغط الجوي.وعليه فان :

الضغط المطلق Absolute Pressure : هو مجموع الضغط المقاس والضغط الجوي

الضغط المقاس Gauge Pressure : هو الضغط الذى يسجل بجهاز ما فوق الضغط الجوي

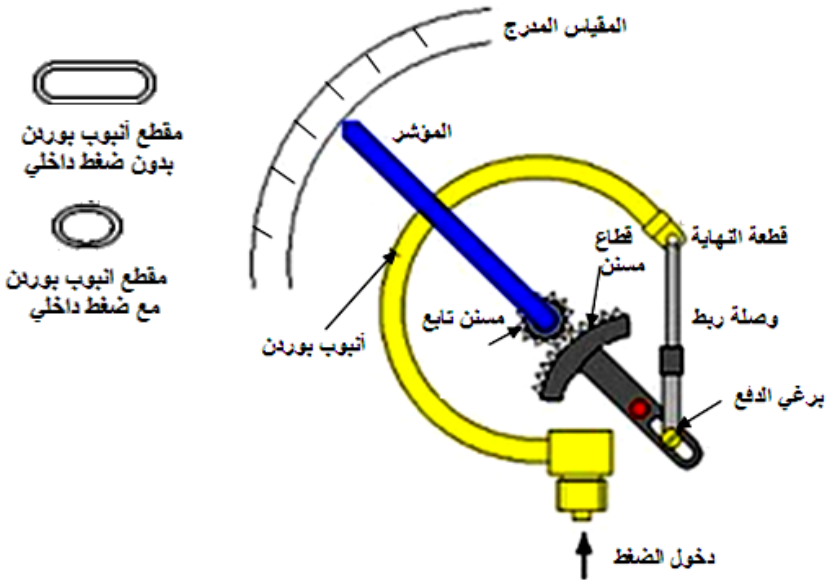
التخلخل Vacuum :هو الضغط الذى يسجل بجهاز ما تحت الضغط الجوي ، ويعبر عن قياس الضغط من الناحية العكسية للضغط الجوي. اذ ممكن تحديد الضغط المطلق للمائـــــع بطرح الضغط المقاس من الضغط الجوي .

هناك عدد من المحسَّات الميكانيكية المستخدمة لقياس الضغط، التي تعتمد عناصر تحسس مرنة يمكنها أن تتحرك عندما يتغير الضغط، اذ يستفاد من هذه الحركة لتحريك مؤشر أمام قرص مدرج بوحدة قياس الضغط، ومنها الأنواع الآتية :

1.3.11 أنبوب بوردون Bourdon tube :

أنبوب بوردن (الشكل 2.11)عبارة عن أنبوب زنبركي أحادي اللفة ومنحني على شكل حرف (C) له فتحة لدخول الضغط ونهاية وحيدة تتصل مع الآلية الميكانيكية التـي تقوم بتحريك

المؤشر بمقدار يتناسب مع قيمة الضغط المطبق على الجهة الأخرى للأنبوب.أذا وجه مائع داخل الأنبوب المنحني ، فإن انحناء الأنبوب يقل (يتمدد ليستقيم) . أما أذا تم أحداث تخلخل داخل الأنبوب فان الانحناء يزيد (يزداد الالتواء).ويؤثر ذلك في آلية نقل تدير مؤشر يتحرك فوق تدريج . يوضح الشكل (3.11) الشكل الخارجي لمقياس الضغط مع مرسلة الكترونية .



شكل (2.11) أجزاء أنبوب بوردن وأوضاع مقطع الأنبوب الداخلي في حالة وجود وعدم وجود الضغط

شكل (3.11) نموذج لمقياس الضغط في تركيبه أنبوبة بوردن ومرسلة الكترونية لقيمة الضغط

2.3.11 أنبوب بوردون ألزنبركي المتعدد اللفات والحلزوني Spiral & Helical Bourdon tube:

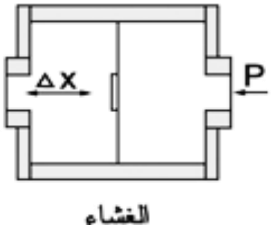
الفرق عن الانبوب السابق هو بجعل الانبوب الذي على شكل نصف دائرة أو القوس بجعله أطول أما على هيئة زنبرك متعدد اللفات ويستخدم للضغوط الواطئة واما على هيئة حلزون ويستخدم للضغوط العالية كمل في الشكل (4.11) . يتم الحصول بزيادة عدد اللفات في الزنبرك والحلزون على حركة مكبرة للنهاية الحرة للأنبوب ومنها تنتقل الحركة الى قلم التسجيل أو مؤشر . يصنع الانبوب في كلا النوعين من المعادن كروم – مولبيديوم .

زنبرك متعدد اللفات حلزون

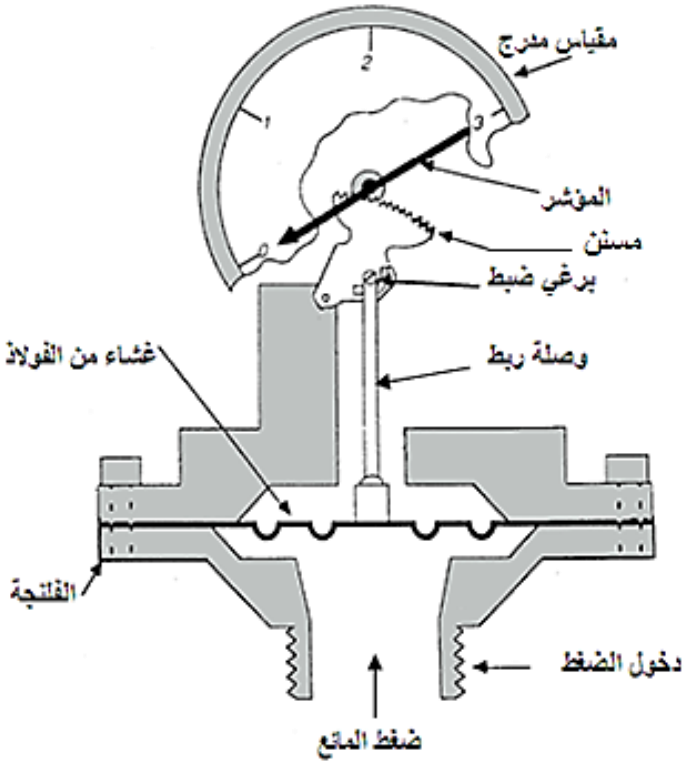
شكل (4.11) أنبوب بوردن ألزنبركي والحلزوني

3.3.11 أجهزة قياس الضغط الغشائية Pressure gauge with diaphragm:

تكون عناصرها الحساسة على شكل غشاء مموج داخل صندوق يكون مقدار انحناء الغشاء دالة للضغط الذي يؤثر فيه . ويستخدم لقياس الضغوط العالية والواطئة . ويصنع الغشاء في أبسط أنواعها من الفولاذ غير القابل للصدأ. يوضح الشكل (5.11) عنصر ضغط غشائي فعندما يسلط الضغط P الى داخل الحجرة او الصندوق يؤدي إلى انحراف الغشاء الذي يسبب انحرافاً للمؤشر بمقدار ΔX يتناسب مع قيمة الضغط المقاس. يبين الشكل (6.11) الاجزاء الداخلية للجهاز



شكل (5.11)عنصر ضغط غشائي

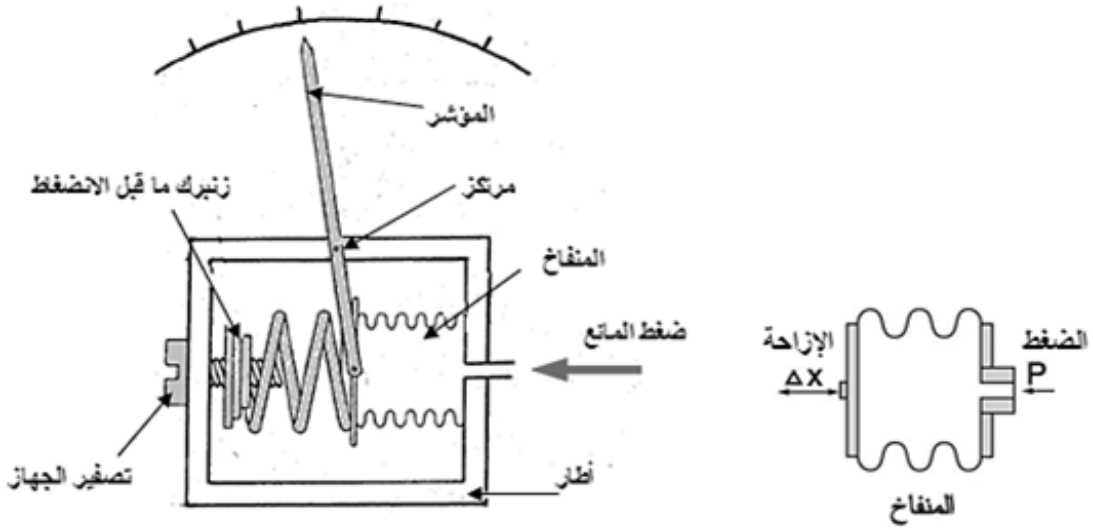


شكل (6.11) أجزاء جهاز قياس الضغط من النوع الغشائي

يربط مع الغشاء مفتاح (سويج) كهربائي مع نابض معدني وترتيب ميكانيكي يساعد على تنظيم الجهاز للتحسس بقيمة معينة للضغط . عند وصول ضغط الغاز أو السائل المراد السيطرة عليه إلى قيمة أعلى من القيمة المنظم عليها الجهاز فستنشأ قوة تؤثر على النابض وآليه التنظيم فيندفع المفتاح مغيراً حالته السابقة أما فتح أو غلق من ثم سيرسل إشارة من نوع رقمي . أما إذا كان الجهاز من النوع الذي يرسل إشارة كمية فان الغشاء الحساس للضغط يربط مع مقاومة متغيرة .

4.3.11 أجهزة قياس الضغط المنفاخية Pressure gauge with bellows :

تصنع من انبوب مغلق من احد نهايتيه ، من النحاس الاصفر أو البرونز البيريليومي أو الفولاذ غير القابل للصدأ . ويحتوي المنفاخ على طيات حلقية ما بين 5- 20 حلقة حسب مجال الضغط المطبق. يتغير طول المنفاخ عند تاثير حمل محوري (ضغط خارجي او داخلي) فيزداد أو يقل حسب اتجاه القوة المسلطة ، الشكل (7.11) .



شكل (7.11) أجزاء جهاز قياس الضغط من النوع المنفاخي

4.11 أجهزة قياس منسوب (مستوى) السوائل Liquid level measuring devices :

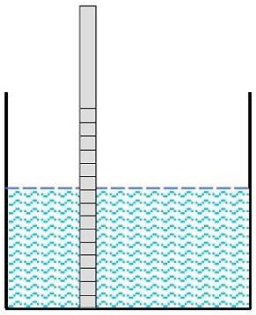
أن قياس منسوب السوائل في الخزانات ضروري في كثير من العمليات الصناعية وفي محطات التصفية والمعالجة ، لإبقاء مستوى السائل عند حد معين من الخزان أثناء عملية التشغيل،وإذا انخفض مستوى السائل تعطي اجهزة القياس اشارة اخبارية عن مستوى السائل أو اشارة لأنشاء فعل سيطرة مثل فتح صمام لتجهيز السائل أو تشغيل مضخة لتعويض النقص الحاصل في مستوى السائل في الخزان .

تتراوح أجهزة قياس المنسوب من المقاييس المرئية البسيطة الى أجهزة القياس المقروءة موقعيا أو من بعد (تسجيل أم سيطرة ذاتية) .

1.4.11 الاجهزة المرئية لقياس مستوى السائل Visual instruments for liquids level measurement :

1- مقياس عمق السائل Liquid depth gauge:

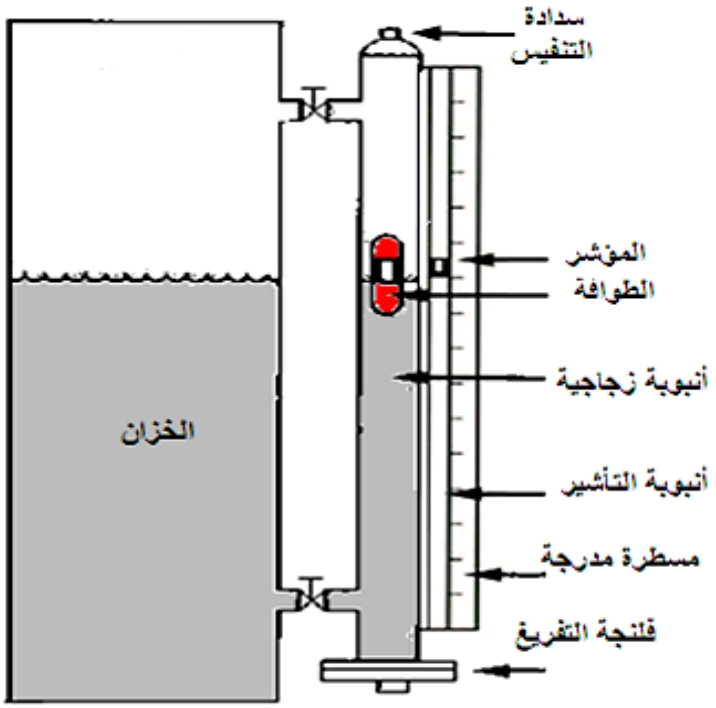
يتكون من عصا مدرجة (مسطرة) يتم ادخالها في الوعاء ثم سحبها وقراءة المنسوب اذ يمثل السطح الرطب من المسطرة قراءة لعمق السائل شكل (8.11).



شكل (8.11) قياس عمق الماء بالعصا المدرجة لتحديد مستوى السائل في الخزان

2 – المقياس الزجاجي Gauge glass level instrument:

تعمل على مبدأ الأواني المستطرقة . يوصل أنبوب البيان الزجاجي بالوعاء او الخزان عن طريق طرفه السفلي في حالة أذا كانت الأوعية أو الخزانات مفتوحة ، أو كلا الطرفين (العلوي والسفلي) في الخزانات المغلقة . ويقرأ منسوب السائل من خلال مسطرة بجانب الأنبوب الزجاجي والذي يعد نفس مستوى السائل في الخزان الشكل (9.11).

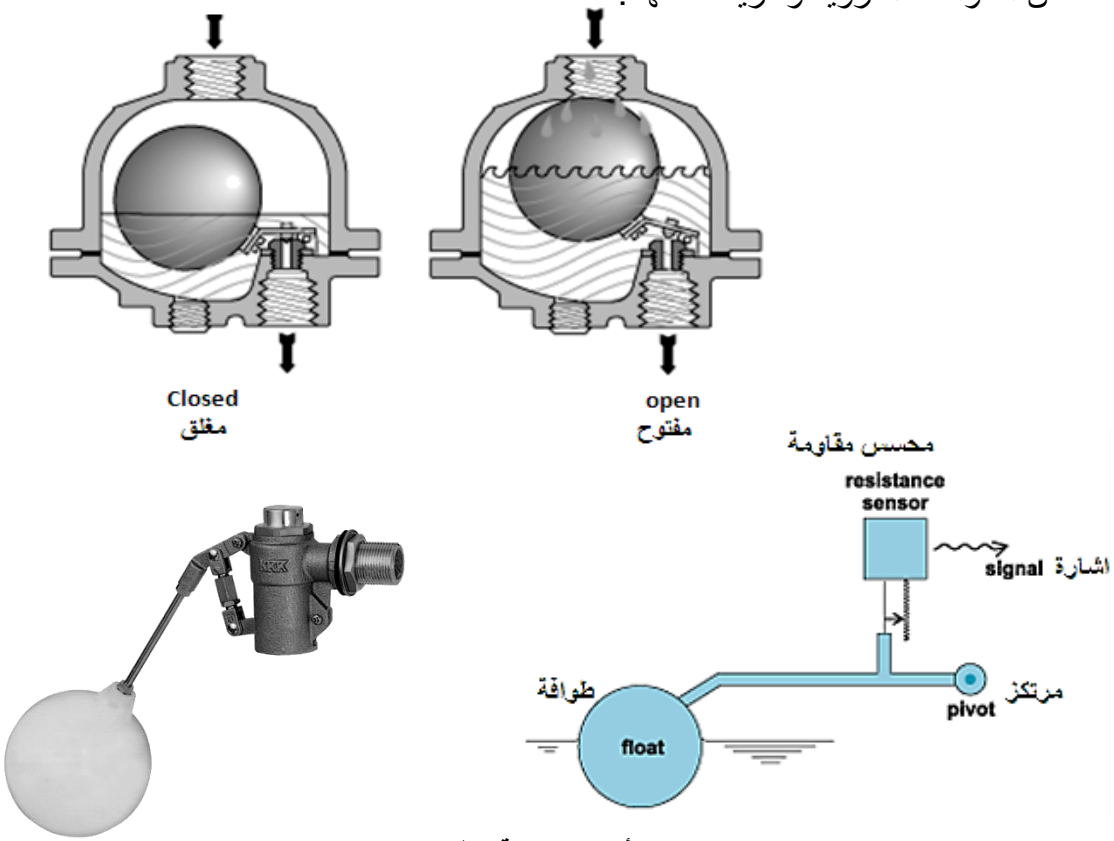


شكل (9.11) قياس المنسوب بطريقة المقياس الزجاجي في خزان مغلق

2.4.11 قياس المنسوب بوسائل الطفو Level measurement with floating devices :

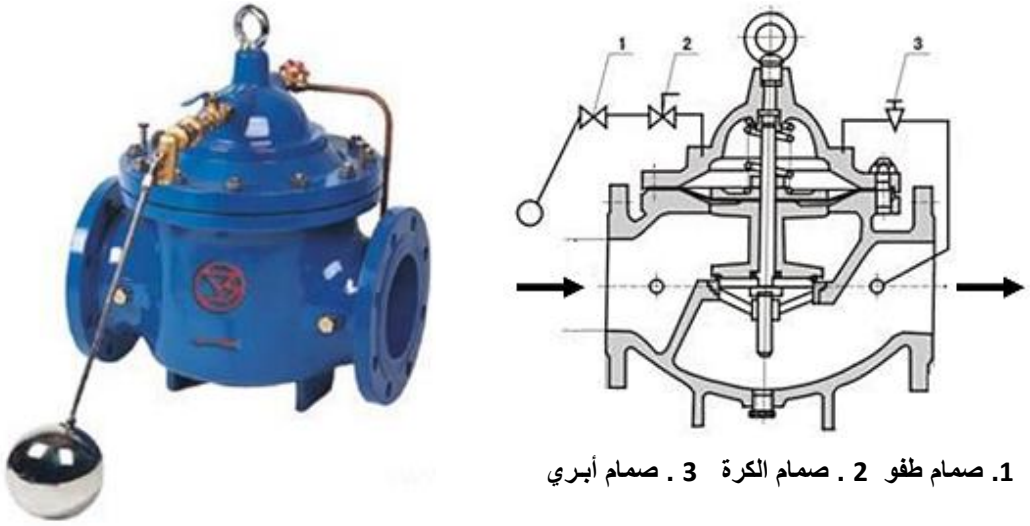
وهي من الطرق الشائعة لقياس المنسوب والسيطرة عليه ، اذ تعمل أجهزة تحسس المنسوب ذات الطواف اعتمادا على حركة الطواف إلى أعلى أو أسفل حسب تغييرات أرتفاع السائل وتنقل الحركة إلى أذرع أو سلاسل خارج الوعاء إلى المؤشر، يفضل استعمالها في الأوعية المفتوحة أو التي لا يؤثر فيها الضغط على السائل الموجود . تنقل حركة الطواف إلى فعل سيطرة بطرق عديدة منها وضع صمام سيطرة في خط الدخول أو الخروج للوعاء . وقد تستعمل طرق كهربائية أو هوائية أو مغناطيسية لغرض نقل القياس إلى مسافات بعيدة. ومن أنواعها :

1– الطواف الكروي Ball-float: وهو من أبسط وسائل الطفو لبيان المنسوب والسيطرة عليه، يتكون من طواف كروي مربوط الى عتلات ميكانيكية . يستخدم للحفاظ على المنسوب في الخزانات بالسماح للسائل ان يغذي الخزان بالمعدل نفسه الذي يغذي به الأنبوب الناقل كما في خزانات المياه في المنازل وغيرها. الشكل (10.11) يوضح أنواع من الطوافات الكروية وطريقة عملها .



شكل (10.11) أنواع مختلفة للطواف الكروي

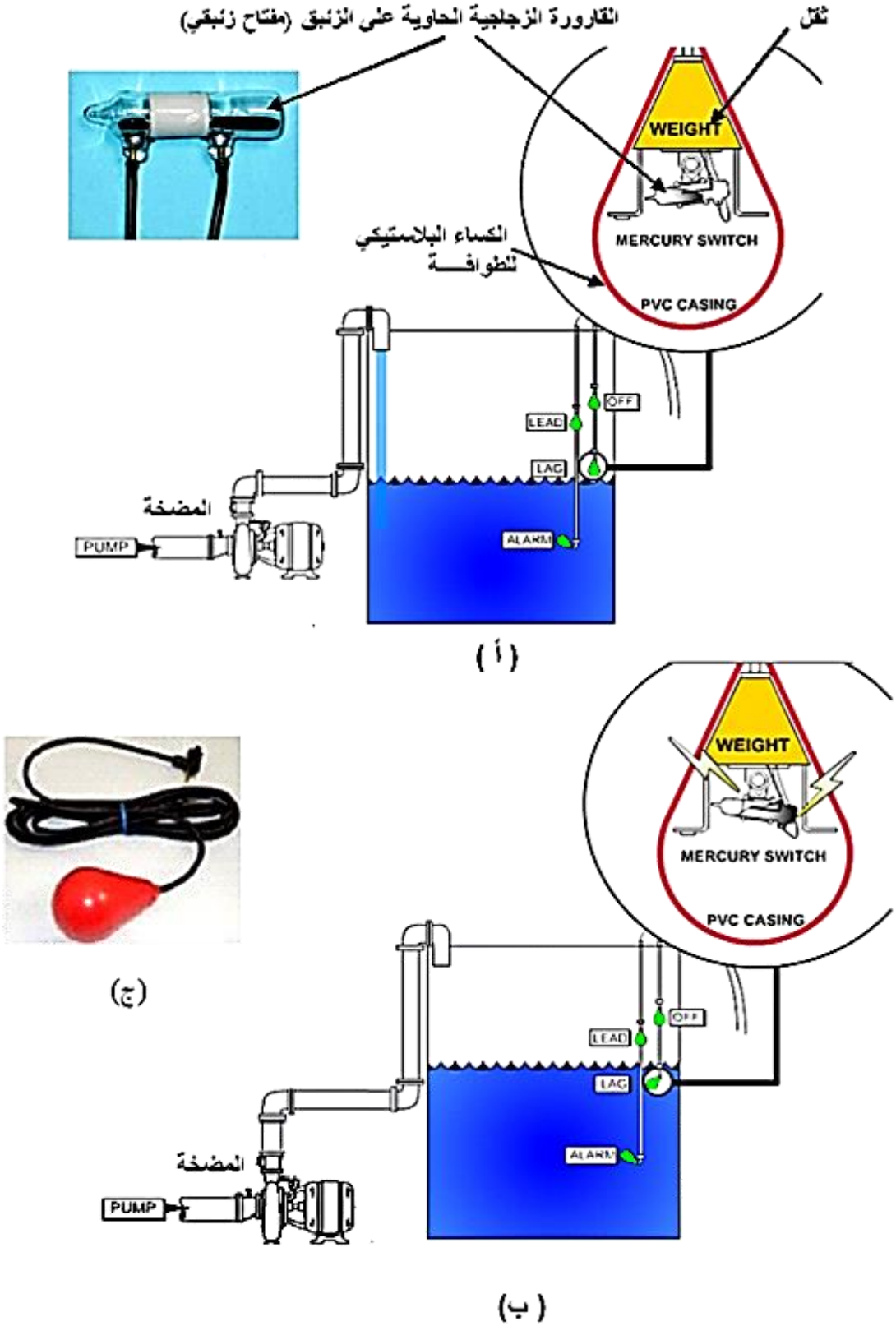
2- صمام الطفو البسيط Simple float valve: يستخدم في هذا النوع طواف من النوع الكروي، يربط مع الصمام وان عمل الصمام يعتمد على القدرة التي يقدمها الطواف اذ أعظم قدرة ينفذها الطواف للحركة بالاتجاهين تكون عندما يغمر الطواف 50% . يجب ان تتحرك العتلة ضمن المدى المحدد المتناسب مع مقدار تغير المنسوب لكي يتحرك الصمام عبر دورته الكاملة ، الشكل (11.11) . ويجب اختيار الحجم المناسب للطوافات بتوافق مع حجم الصمام .



1. صمام طفو 2 . صمام الكرة 3 . صمام أبري

شكل (11.11) صمام سيطرة على المنسوب مشغل بالطواف الكروي

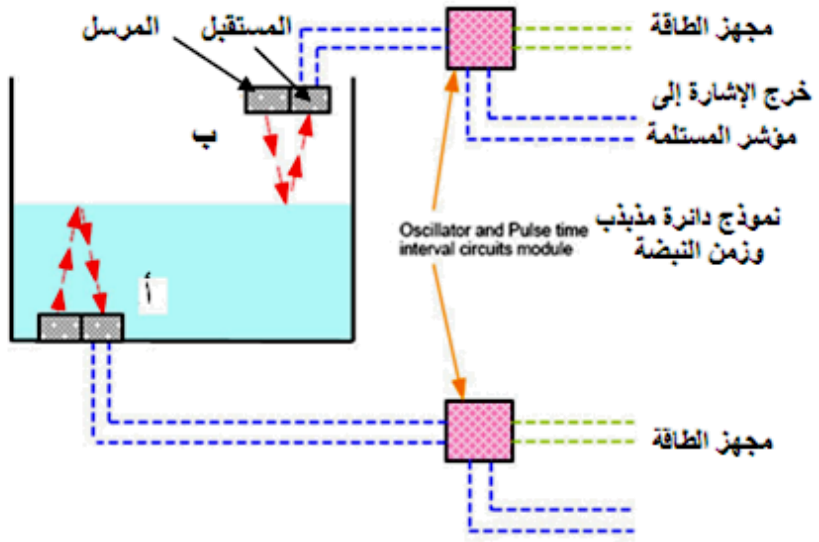
3- الطوافة الزئبقية Mercury Float Switch : عبارة عن قارورة زجاجية تحوي على زئبق مع قطبين كهربائيين ويحاط الجميع بكساء من البلاستك بشكل طوافة توضع داخل الخزانات ، فعند حركة الطوافة بسبب ارتفاع أو انخفاض منسوب السائل يتحرك الزئبق بين القطبين ويغلق الدائرة الكهربائية جاعلاً المضخات مفتوحة أو مغلقة حسب ما يحدد لها وذلك لملئ الخزان إلى حد معين ويوضح الشكل (12.11) التركيب الداخلي للطوافة الزئبقية. يجب عدم استعمال هذا النوع من الطوفات في خزانات ماء الشرب بسبب احتوائها على الزئبق .



شكل (12.11) الطوافة الزئبقية (أ) في حالة فتح المضخة لملئ الخزان (ب) في حالة الخزان مملوء والمضخة مغلقة (ج) شكل الطوافة من الخارج

3.4.11 قياس المنسوب بالأجهزة الصوتية Sonic instrument for level measurement:

تعتمد على انبعاث نبضات موجة صوتية من المصدر وإرسالها خلال طور السائل او البخار في الوعاء ثم انعكاسها من السطح الى المستقبل اذ يوضع باعث الصوت في قعر الخزان المملوء بالسائل المراد قياس منسوبه ،او يوضع في اعلى الخزان الحاوي على السائل فترسل الاشارات الصوتية خلال الهواء فوق السائل الى سطح السائل . يستخدم الزمن المستغرق لهذه النبضات في قياس المنسوب . الشكل (13.11) يوضح مواقع المرسلة والمستقبلة قد يكون عند قعر الخزان (أ) أو عند أعلى الخزان (ب) لقياس منسوب السائل



شكل (13.11) التقنية الصوتية لقياس المنسوب

5.11 أجهزة قياس تدفق السوائل Flow measurement devices :

يكون التحسس وقياس التدفق او معدل الجريان (flow rate) بوحدات حجم او كتلة المائع لوحدة زمن أما بأسلوب ميكانيكي (بطريقة فـرق الضغط) وأمـــــا بإسلوب كهربائي (بطريقة الحث المغناطيسي) ، وتكون إشارات هذا النوع من الأجهزة في الغالب من النوع الكمي .ومن هذه الأجهزة ما يأتي :

1- الازاحة Displacement

أ ـ عدادات الازاحة الموجبة Positive Displacement Meters.

ب - مضخات المعايرة Metering Pumps .

2- عدادات السرعة Velocity flow meters

أ – المغناطيسية Magnetic .

ب - التوربينية Turbine.

ج - فوق الصوتية Ultrasonic.

3- فرق الضغط Differential head

أ – صفيحة التضيق Orifice plate.

ب – انبوب فنتشوري Venturi tube.

ج – مقياس التدفق الاسطواني Rotameter.

سنتناول بعض من هذه الطرق

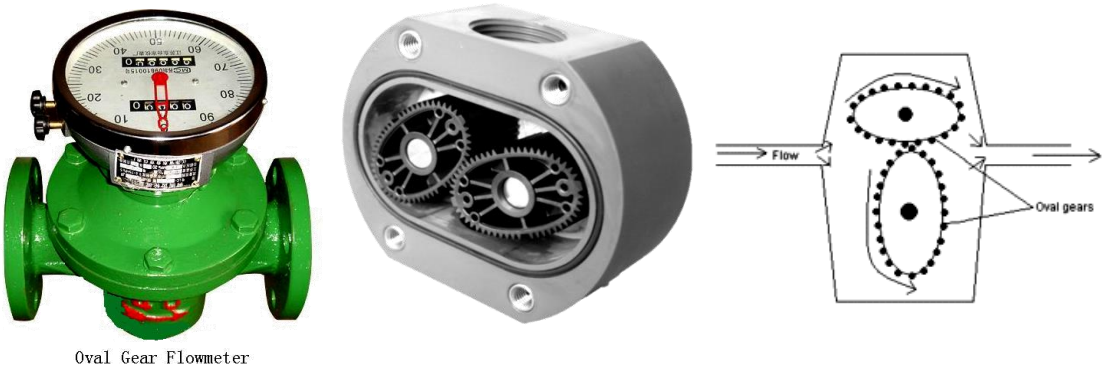
1. 5.11 عدادت الازاحة الموجبة :

يعتمد القياس في هذه الاجهزة على الكمية المزاحة لكل دورة و من هذه العدادات :

1. العدادات المروحية كما في الشكل (14.11) .

شكل (14.11) الأجزاء الداخلية والخارجية للعدادات المروحية

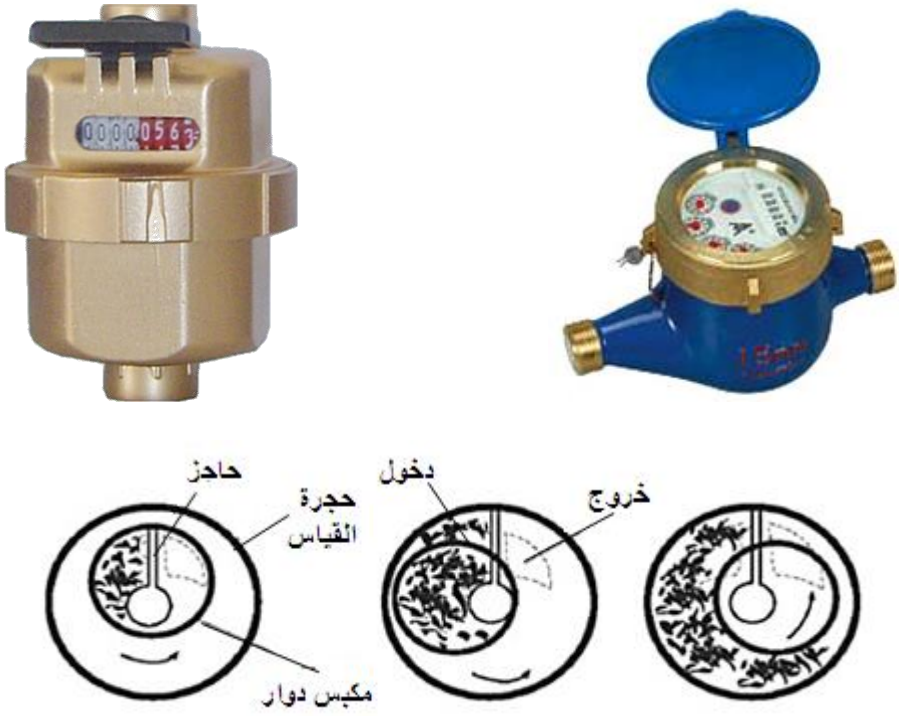
2. عدادات التروس موضحة بالشكل (15.11) .



شكل(15.11) الشكل الداخلي والخارجي للعدادات الترسية

3. عدادات المكبس الدوار

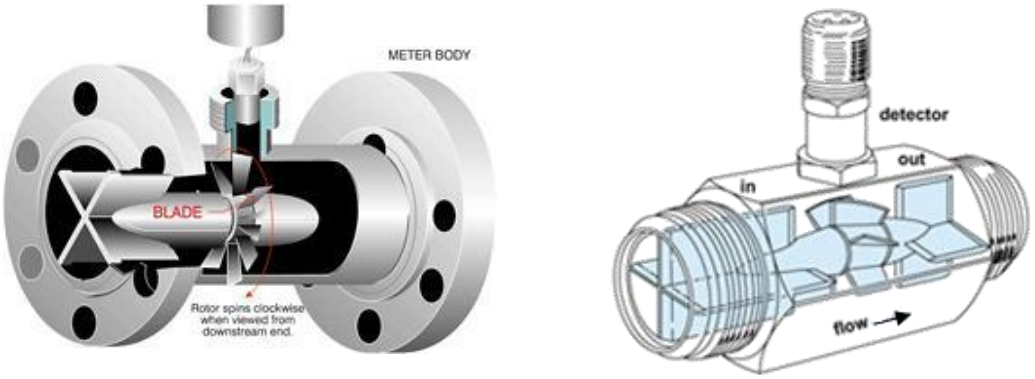
يتناسب دوران المكبس مع كمية تدفق المائع عبر المقياس، وكل دورة في الدقيقة للمكبس التي سجلها العداد هي مضاعفات تدفق المائع من خلال العداد. الشكل (16.11) .



شكل (16.11) الشكل الداخلي والخارجي للعدادات المكبس الدوار

2. 5.11 العدادات التوربينية :

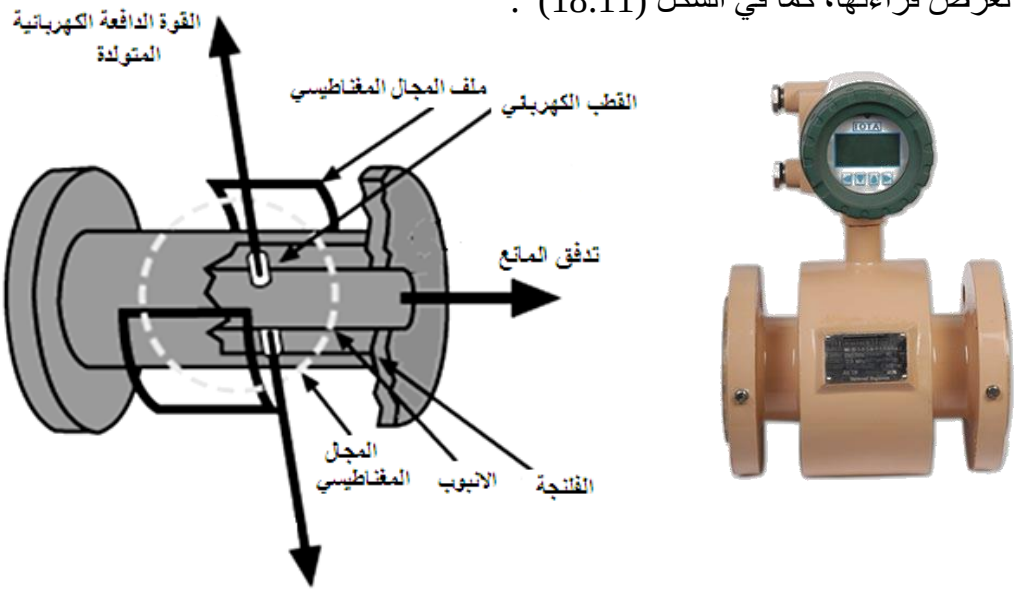
تعتمد هذه العدادات على قياس سرعة جريان السائل، اذ تدار الريش بسبب قوة المائع وسرعته . الشكل (17.11) .



شكل (17.11) مقياس توربيني للتدفق

3. 5.11 العدادات الكهرومغناطسية :

توضع أنبوبة المائع على ان لا تكون قابلة للتمغنط بين قطبين مغناطيسين ويتم تثبيت قطبين كهربائين في جدران الانبوبة ، ان حركة المائع خلال القطبين المغناطيسين وقطعها لخطوط المجال المغناطيسي تؤدي الى تولد قوة دافعة كهربائية بين القطبين الكهربائيين تحول الى مقياس مناسب لغرض قراءتها، كما في الشكل (18.11) .



شكل (18.11) مقياس التدفق المغناطيسية والكهربائية

4. 5.11 مقياس فينشوري :

يتألف مقياس فنشوري من أنبوب يتغير مقطعه تدريجياً مع اتجاه الجريان إلى أن يصل إلى قيمة صغرى، ثم يتوسع بالتدريج حتى يأخذ من جديد قيمته الأولى، كما في الشكل (19.11). ويستعمل لقياس التدفق المار في أنبوب ما. ويُنصب كثيراً في محطات ضخ مياه الري والشرب، وكذلك في شبكات الأنابيب، إذ يوضع في طريق الجريان بشكل يمر منه كامل التدفق المراد قياسه في الأنبوب. اذ يؤدي مرور السائل في الأنبوب المتضيق إلى تسارعه في اتجاه الجريان، مما يؤدي إلى حصول هبوط في الضغط. وحسب معادلة الطاقة. فإن هناك علاقة بين معدل الجريان وبين هبوط الضغط ومن ثم يمكن تحديد مقدار التدفق المار في الأنبوب. يمكن قياس فرق الضغط المتشكل عند المقطع المتضيق وقبله باستخدام مانومتر يوضع في داخله سائل ذو كتلة نوعية معروفة. ويحسب التدفق المار في جهاز فنشوري من العلاقة :

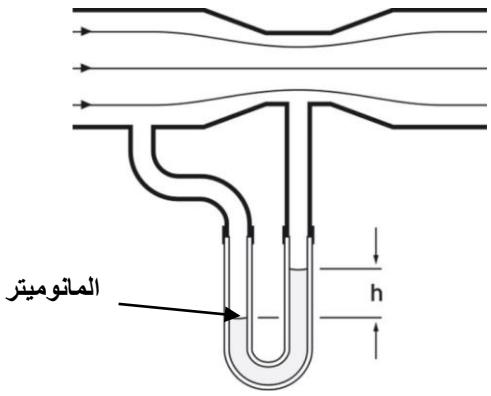
$$Q = K \cdot \sqrt{h}$$

حيث إن:

Q : التدفق المار في الأنبوب (m^3/s).

h : فرق المنسوب في سائل المانومتر (m).

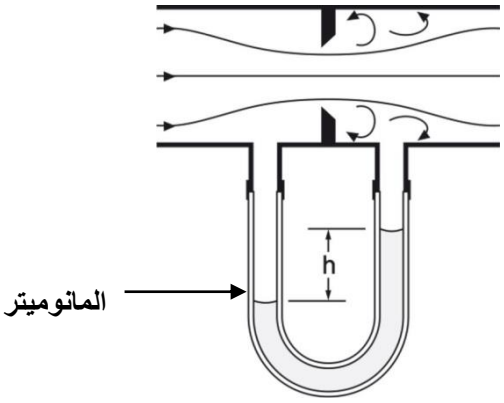
K : ثابت يتعلق بالكتلة النوعية للسائل المار وسائل المانومتر ونسبة قطر المقطع المتضيق إلى قطر الأنبوب قبل التضيق.



شكل (19.11) أنبوبة فينشوري

5. 5.11 صفيحة التضييق :

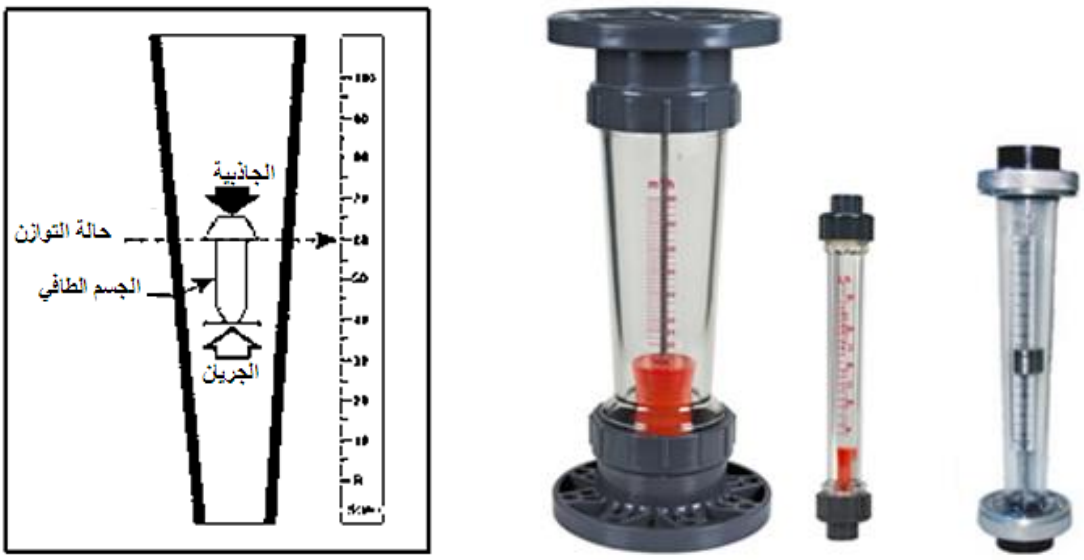
تركب صفيحة تحتوي على فتحة قطرها أصغر من القطر الداخلي للأنبوب، كما هو مبين في الشكل (20.11). تعد هذه الطريقة أبسط وأقل كلفة من أنبوب فنشوري، وتؤدي الغرض نفسه، إلا أن ذلك يكون على حساب فاقد الاحتكاك. ويمكن حساب التصريف النظري من العلاقة السابقة نفسها، غير أن التصريف الفعلي يكون أقل من ذلك بكثير، لأن فاقد الاحتكاك هنا يكون كبيراً. بصورة عامة يتم توصيل فتحة الضغط الواطئ وفتحة الضغط العالي إلى مرسل التدفق أو مرسل فرق الضغط ليقوم بتحويله إلى أشارة كهربائية يمكن قراءتها مباشرة على تدريج المقياس.



شكل (20.11) صفيحة التضييق

6. 5.11 مقياس التدفق الاسطواني :

أن أساس عملها يعتمد على فرق الضغط في القياس ، وتتكون من اسطوانة مخروطية وشفافة مدرجة كما في الشكل (21.11)، تثبت بصورة عمودية في موقع القياس وتحتوي على جسم يتحرك خلال الاسطوانة اذ يطفو عند تدفق الماء وكلما زاد التدفق تزداد أزاحة الجسم الى الاعلى واذا كان التدفق اقل يتحرك الى الاسفل ، وعند استقرار الجسم الطافي يمكن قراءة معدل التدفق من خلال التدريجات المثبتة على غلاف الاسطوانة .



شكل (21.11) أنواع من مقاييس التدفق الاسطوانية

6.11 لوحـات السيطـرة Control boards :

لوحات السيطرة أجهزة كهربائية تستخدم للتشغيل والسيطرة (الآلية منها واليدوية) على الأجهزة والمعدات الكهربائية المتنوعة وعلى ضوء المتغيرات الموجودة في الموقع . وتمثل الوحدة الثانية من نظام السيطرة والتحكم الآلي التي تدعى بوحدة العمليات (operation unit) إذ تقوم باستلام المعلومات من الوحدة الأولى وهي وحدة التحسس وعلى شكل إشارات أخبار وبعد استلامها تجري عليها عمليات التمييز والتحليل والمقارنة وأخيراً القرار الذي يرسل إلى الوحدة الثالثة وهي وحدة التنفيذ وبشكل أشارات أيعاز .

هنالك ثلاث أنواع من لوحات السيطرة المستخدمة حالياً في مواقع الإنتاج والعمل ومصنفة على ضوء العناصر الداخلية المتكونة منها اللوحة وهي :

1 ـ السيطرة بالمرحلات (الريليات).

2 ـ السيطرة بدوائر المنـطق.

3 ـ السيطرة بالمسيطـر المبـرمـج.

1.6.11 السيطـرة بالمرحلات (الريليات) Control by relays :

تعد هذه الطريقة من أقدم الطرق المستخدمة في أعمال السيطرة والتحكم الآلي بالاجهزة الكهربائية على اختلاف أنواعها ، وما تزال تستخدم في أكثر مواقع الإنتاج والعمل . وهي أجهزة كهرومغناطيسية تدعى بالمرحلات (تدعى هذه الطريقة أحيانا بالسيطرة الكهرومغناطيسية) وهي على نوعين :

1 - مرحل سيطرة Control relay

2 - مرحل زمني (أو مرحل التأخير الزمني) Time relay

يتكون مرحل السيطرة من مكونات اللاقـط (Contactor) نفسها ، إذ يتكون من :

أ - موصلات متحركة وثابتة ، ومن النوعين المفتوح اعتيادياً NO والمغلق اعتيادياً NC .

ب - ملف اشتغال .

جـ - آلية التحرك .

والفـرق بين مرحل السيطـرة و اللاقـط يكمن في سعـة الموصلات التي لاتتجاوز سعتهـا فـي المرحل (10) امبير بينما تكـون سعاتها متنوعـة وكبيـرة في اللاقـط ، وحجـم المرحل أصغر من حجم اللاقـط .، يوضح الشكل (22.11) انواع مختلفة للمرحل .

شكل (22.11) انواع مختلفة من مرحلات السيطرة

أن مبدأ عمل مرحل السيطرة في أعمال التحكم الاوتوماتيكي يـبنى على أساس أنه عند تغذية ملف الاشتغال بالفولتية ستقوم موصلاته المتنوعة بتغيير حالتها من ثم تغييـر حالة الأجهـزة المربوطة أليها وذلك بقطع أو بتوصيل التغذية الكهربائية لها .

أن ظهور الإشارة (فولتية الملف) على المدخل (input) سيسبب ظهور إشارات عدة على المخارج (out put) التي تكون أما مشابهة للإشارة الداخلة (عندما تقوم بتوصيل التغذية للجهاز المربوط أليها) أو معاكسة لها (عندما تقوم بقطع التغذية عن الجهاز المربوط أليها) . ولذلك يمكن تصور مرحل السيطرة بأنه جهاز له مدخل واحد ومخارج عديدة .

أما المرحل الزمني فهو مشابه لمرحل السيطرة من ناحية الأساس ألا أن الاختلاف يكمن في أن موصلاته يحصل فيها تأخير زمني (time delay) لكي تغير من حالتها ، وهذا التأخير على نوعين :

1 ـ تأخير عند الاشتغال (delay on energizing) : عند ظهور فولتية عند المرحل لا تتغير حالة موصلاته ألا بعد حين من الزمن وعند اختفاء الفولتية عند ملف المرحل ترجع الموصلات إلى حالتها الأصلية مباشرة .

2 ـ تأخير عند الانطفاء (delay on de – energizing) : عند ظهور فولتية عند ملف المرحل تتغير حالة الموصلات مباشرة ، وعند اختفاء الفولتية عند ملف المرحل لا ترجع الموصلات إلى حالتها الأصلية ألا بعد حين من الزمن .أنواع مختلفة لمرحل زمني في الشكل (23.11) .

شكل (23.11) انواع مختلفة لمرحل زمني

2.6.11 السيطرة بدوائر المنطق Control by logic circuits :

أحدى الطرق المستعملة في منظومة السيطرة الآلية لموقع معين . وتعد السيطرة بهذه الدوائر سيطرة اليكترونية لأن دوائر المنطق عبارة عن دوائر اليكترونية ومن نوع الحالة الصلبة (solid – state) . أن معظم نشاطات الانظمة الرقمية مثل الحواسيب، اجهزة معالجة البيانات ، اجهزة القياس ، انظمة الاتصالات الرقمية ، تحتوي على دوائربسيطة تؤدي العمليات الاساسية التي يتكرر تنفيذها كثيرا وبسرعة كبيرة جدا، وتسمى بالدوائر او البوابات المنطقية. ان بوابة المنطق هي البوابة التي تعطي خرج عندما تتحقق شروط معينة على مدخلات البوابة .

إن ميزة وحدات المنطق بشكل عام هي انها تعمل على فولتيات منخفضة القيمة ومن النوع المستمر (D-C) لأنها دوائر اليكترونية بالاساس ، لذا يجب تحويل الاشارة الواردة اليها من أجهزة التحسس والصادرة منها الى أجهزة التنفيذ الى القيمة المناسبة لذلك .

لقد بدأت طريقة السيطرة بدوائر المنطق تحل محل السيطرة بالمرحلات في كثير من الاجهزة منذ بداية الستينات وذلك لانها قليلة الكلفة وقليلة الاعطال وصغيرة الحجم وجيدة الكفاءة والانجاز .

3.6.11 السيطرة بالمسيطر المبرمج Control by programmable controller:

أن قسما من مواقع العمل التي تحتوي على كثير من الأجهزة الكهربائية التي يتم السيطرة والتحكم بحركاتها آليا تحتاج وباستمرار إلى :

1 ـ خاصية أجراء التغيير في لوحات السيطرة بين آونة وأخرى وحسب متطلبات المعمل أو الموقع .

2 ـ تقليل أعطال لوحات السيطرة لما تؤثر به هذه الظاهرة على أعمال الإنتاج وخفض كلف الصيانة لها .

ولما كانت اللوحات التي تستخدم المرحلات كمادة لتحقيق السيطرة الآلية لا تحتوي هاتين الخاصتين اذ تحتاج الى التغيير الكامل وإعادة التسليك والتصنيع حسب متطلبات الحالة الجديدة ، وأيضا اللوحات التي تحتوي على مرحلات سيطرة تكثر فيها العطلات وترتفع بها كلف الصيانة. وبعد أبتكار المعالج الدقيق (الميكروبروسسر) وتطبيقاته ظهرت البوادر التي تدعو إلى التفكير

في أمكانية استخدامه في أعمال السيطرة الآلية على الأجهزة والمعدات الكهربائية وفعلاً تحقق هذا الأمر عندما تم تصنيع الجهاز المسمى بالمسيطر المبرمج
Programmable controller الذي يشابه الميكروكمبيوتر في كثير من الأمور لكنه مصمم بشكل ليلائم أعمال التحكم الاتوماتيكي بعمل الأجهزة الكهربائية في مجالات الصناعة والإنتاج.

أن ظهور المسيطر المبرمج (PC) وفر إلى لوحات السيطرة ما يأتي :

1 - خاصية التغيير السريع والسهل في لوحات السيطرة وبأسلوب لا يكلف شيئاً وذلك بمجرد تغيير البرنامج المقدم إلى المسيطر المبرمج (PC) .

2 - تقليل الأعطال وتخفيض كلف الإنتاج وذلك لعدم وجود أجزاء ميكانيكية يمكن أن تستهلك أو تتعطل .

يتكون جهاز المسيطر المبرمج (PC) من أربعة اجزاء رئيسة هي :

1 - وحدة العمليات الرئيسة Central processing unit (CPU)

2 - وحدة الذاكرة Memory unit

3 - وحدة الإدخال والإخراج Input / output unit

4 - وحدة التغذيـة Power supply unit

1 - وحدة العمليات الرئيسية (CPU) : وتدعى أيضاً بالميكروبروسسر وهي أهم وحدة في هذا الجهاز ، تقوم باتخاذ القرارات وإصدارالأوامر إلى جميع الأجزاء الأخرى وكذلك تنفيذ جميع العمليات وتتكون من ثلاث وحدات فرعية هي :

أ - السجلات Registers unit

ب - وحدة الحساب والمنطق Arithmatic – logic unit

جـ - وحدة السيطرة Control unit

2 - وحدة الذاكرة : وهي الجزء الذي يخزن المعلومات ويكون على استعداد لتقديمها إلى CPU حين الطلب وقد تكون برامج أو بيانات وهناك أنواع من الذاكرة منها :

أ ـ ذاكرة RAM : وتستعمل للقراءة منـها والكتابـة فيـها وميزتها أنها تفقـد المعلومات المخزونـة فيها بانقطاع التيـار الكهربائي عنها.

ب ـ ذاكرة ROM : تستعمل للقراءة فقـط ولا تستعمل للكتابة فيها ، ولا تزول المعلومات بزوال التيار الكهربائي ويخزن فيها عادة البرامج الأساسية (كعمليات الجمع والطرح والضرب وغيرها).

3 ـ **وحدة الإدخال والإخراج** : أن وحدة العمليات الرئيسة (CPU) والأجزاء الأخرى في جهاز المسيطر المبرمج PC تعمل بفولتيات منخفضة ومستمرة (+5V D.C) بينما أجهزة التحسس وأجهزة التنفيذ تعمل بفولتيات عالية ومتناوبة (220 V A . C)، لذلك توجب الأمر أن يكون هنالك جزءاً وسيطاً يقوم بالترجمة والتحويل للفولتيات مابين وحـدة العمليات الرئيسـة CPU من جهة وبين وحدة التحسس ووحدة التنفيذ من جهة . يقوم جزء الإدخال بتحويل الفولتية المتناوبة (220V A . C) إلى فولتية مستمرة ومنخفضة القيمة (+5V D .C) ، أما جزء الإخراج فيقوم بتحويل الفولتيـة المستمـرة المنخفضـة (+5V D .C) إلى فولتية متناوبة (220V A .C) .

4 ـ **وحدة التغذيـة** : تقوم بتجهيز أجزاء الجهاز (PC) بالفولتيات اللازمة لاشتغالها ، وتقوم بتوليد هذه الفولتيات من فولتية المصدر المجهز وهي (220V A .C) .

7. 11 أجـهزة الـتـنـفـيـذ Performance devices :

تمثل أجهزة التنفيذ المرحلة الثالثة من نظام التحكم الاتوماتيكي ، وهي التي تتلقى إشارات الإيعاز من الوحدة الثانية (وحدة العمليات) وتقوم بتنفيذها بشكل أنجاز أو عمل كهربائي أو ميكانيكي أو ضوئي أو غير ذلك ، ومن هذه الأجهزة :

1 ـ اللاقـــط : سبق وان تم شرحه ، ويقوم باستلام إشارة الإيعاز ويقوم بتنفيذها بشكل عمل كهربائي وهو توصيل التغذية الكهربائية إلى دائرة معينة .

2 ـ صمـام السيطـرة الكهرومغناطيسي : صمام ميكانيكي يعمل بالملف الكهربائي الذي تتولد منه قوة مغناطيسية ،ويقوم بالسيطرة على حركة الهواء المضغوط في أنظمة السيطرة الهوائية ،والسيطرة على حركة السوائل المضغوطة في أنظمة السيطرة الهيدروليكية وغيرها من الاستعمالات الأخرى .

3 ـ مصـــابيـح الإشـــارة : مصابيح تستلم الإشارة الكهربائية وتقوم تحويلها إلى إشارة ضوئية للدلالة على سلامة الاشتغال أو للدلالة على حصول الخطر .

4 ـ جـرس التـنـبـيـــه : جهاز يقوم بتحويل الإشارة الكهربائية إلى أشارة صوتية للتنبيـــه .

5 ـ المسجل البيانـــي : جهاز يقوم بتحويل الإشارة القادمة ومن نوع (analog) إلى رسم بياني على ورق خاص ومخطط . ينفع هذا الجهاز في أعمال التشغيل والمراقبة .

6 ـ المقيـــاس : جهاز يقوم بتحويل الإشارة القادمة إلى قراءة بالنظر ، وينفع في أعمال التشغيل والمراقبة وهنالك أنواعاً عديدة منه حسب المعلومة المراد بيانها بشكل قراءة ظاهرية كمقياس الفولتيـة والتيـار والارتفاع والضغـط والسريان والحرارة وغيرها .

سوف نأخذ مثال على طريقة التحكم لحماية المحرك من زيادة التيار والحرارة الناجمة عن تلك الزيادة (التحميل الزائد Overload) ويتم ذلك باستخدام اللاقط ومرحل حراري (Thermal Relay) وكما يأتي :

8.11 اللاقـــط والمرحل الحراري Thermal Relay & Contactor:

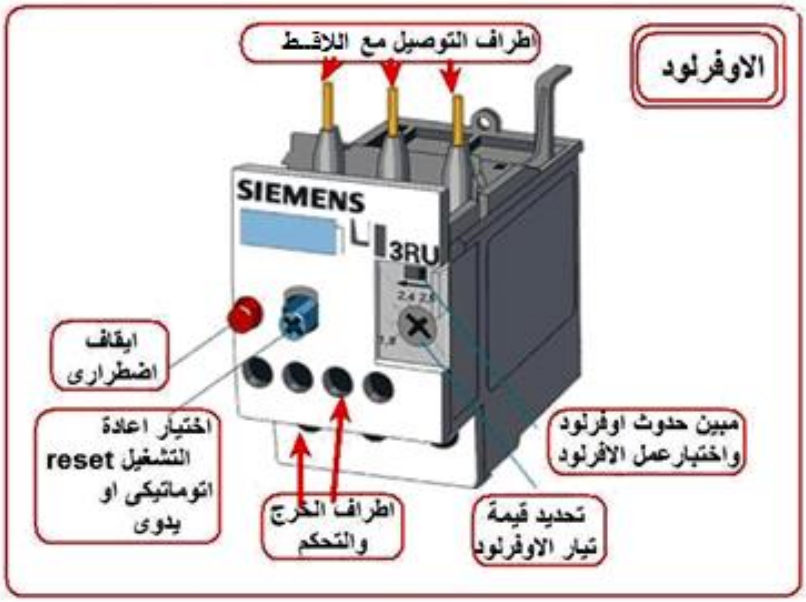
يستخدم المرحل الحراري للحماية من الحرارة الزائدة ، ويطلق عليه تسمية (الاوفرلود) (Overload) أو القاطع الحراري ، ويتكون من عنصر ثنائي المعدن حساس للحرارة عندما يسخن هذا المعدن الى درجة حرارة محددة بسبب ارتفاع قيمة التيار المار، يقود ذلك الى انحراف العنصر باتجاه يقطع التغذية عن الدائرة المراد حمايتها مثل المحرك . ولغرض السيطرة يربط المرحل الحراري واللاقـــط معا كما موضح بالشكلين (24.11) و (25.11) ويسمى عندئذ ببادئ المحرك ستارتر STARTER، ان المرحل الحراري موصول مباشرة بالمحرك من جهة ومن الجهة الاخرى موصول مع اللاقـــط. فى حالة التيار ثلاثى الطور يحتوى المرحل الحراري على ثلاث ملفات حرارية توصل على التوالى مع المحرك ويوجد به تدريج يتم ضبطه على تيار الحمل الكامل للمحرك. وللاقـــط ثلاث ملفات ، وفي كل منهما اللاقـــط و المرحل الحراري ثلاث تلامسات ، والملفات هي التي تتحكم بالتلامسات . وللتلامس حالتان :

- الحالة المفتوحة وفيها يمنع مرور التيار .
- الحالة المقفولة وفيها يسمح بمرور التيار.

ويمكن تلخيص عمل المرحل الحراري (الاوفرلود) كما يأتي:

عند إرتفاع شدة تيار المحرك لأى سبب ترتفع درجة حرارة الملفات الحرارية للمرحل الحراري المتصلة بالتوالى مع ملفات المحرك مما يؤدى إلى تمددها ويؤدى هذا التمدد إلى تحريك جزء داخله الذي يؤدي بدوره إلى فصل نقطة تلامس المرحل الحراري (يفتح تلامساته) وبما أن هذه النقطة متصلة بالتوالى مع اللاقـــط فى الدائرة من ثم تقطع التيار الكهربى عنه هو الأخر.

ان وظيفة المرحل الحراري هو الحماية اما اللاقـــط فوظيفته التحكم ، لكن اللاقـــط يعمل كحماية إذا تعطل الـ المرحل الحراري لأى سبب فيعطب ملف اللاقـــط وتفصل الدائرة .



شكل (24.11) الشكل الخارجي للمرحل الحراري (الاوفرلود)

شكل (25.11) ربط اللاقـط مع الاوفرلود لتكوين بادئ المحرك (الستارتر)

9.11 الصيـــــانة الوقائيـــة Preventive maintenance :

لأجل أن تقوم لوحات السيطرة الكهربائية أو الاليكترونية بالأعمال المناطة بها بصورة صحيحة ودقيقة فهنالك أمور عدة ينبغي ملاحظتها ومراعاتها وأجراء ما يلزم تجاهها وبصورة مستمرة ، نذكر منها :

1 - الفولتية :- يجب الحفاظ على قيمتها ثابتة وغير منقطعة بصورة مستمرة .

2 - الحرارة :- ارتفاع درجة الحرارة له مردود سلبي على لوحات السيطرة ولاسيما الاليكترونية منها لذا يجب الأخذ بنظر الاعتبار موضوع خفض درجة حرارة الموقع الموجود فيه لوحات سيطرة إلى الحد المناسب لاشتغالها بصورة صحيحة .

3 - الغبـــار :- من الأمور المؤثرة سلبياً على لوحات السيطرة ، لذا يجب أن يكون موقع هذه اللوحات بعيداً عن مواضع الإثارة للغبار والأتربة .

4 - الرطوبـة :- من الأمور الواجب تجنبها منذ البداية عند التفكير في تخصيص موقع للوحات السيطرة .

أسئلة الفصل الحادي عشر

1. أملأ الفراغات الآتية بما يناسبها :

1 - ان نظام السيطرة يتكون من ثلاث وحدات اساسية هي ـــــــ ، ـــــــ ، ـــــــ

2 - أن اجهزة قياس الضغط لاتقيس الضغط المطلق أو الحقيقي وانما تقيس ـــــــــ؟

3 - الضغط المطلق هو ـــــــــــــــــ ؟

4 - من المحسسات الميكانيكية المستخدمة لقياس الضغط هي ـــــــــــ ، ـــــــــــ ، ـــــــــــ ؟

5 - هناك ثلاث أنواع من لوحات السيطرة حسب نوع العناصر الداخلية المتكونة منها ـــــــــــ ، ـــــــــــ ، ـــــــــــ ؟

2. ماهي أجراءات السيطرة والتحكم لحماية المحرك عند زيادة التيار، والحرارة الناجمة عن تلك الزيادة ؟

3. عدد أنواع أجهزة التنفيذ ؟

4. كيف تعمل عدادات الكهرومغناطيسية ولأي غرض تستعمل ؟

5. وضح مع الرسم كيف تعمل الأجهزة الصوتية في تحسس المنسوب ؟

6. أشرح ماتعرفه عن أنبوب بوردن وعمله وما هي اجزاؤه مع الرسم ؟

7. ماالفرق بين اجهزة قياس الضغط من نوع المنفاخية والغشائية ؟

8. عدد طرق وأجهزة تحسس وقياس منسوب السائل ؟

9. ماهي الأمور التي يجب مراعاتها لصيانة لوحات السيطرة الكهربائية ؟

الفصل الثاني عشر

12 . القابولات (الكيبلات) الكهربائية (Underground Cables)

1.12 مقدمة Introduction :

القابولات الارضية هي وسيلة من وسائل نقل القدرة وتوزيعها من مناطق التوليد إلى مناطق الاستهلاك كما أن الخطوط الهوائية وسيلة أخرى من وسائل نقل القدرة ، وتستخدم الكيابل الكهربائي الارضي في المواقع التي لا تصلح الخطوط الهوائية عندما يمر الخط بالقرب من المدن الكبيرة المزدحمة أو في المناطق الصناعية أذ تكون أكثر أماناً للأفراد وأقل عرضة للحوادث وأقل تأثراً بالكوارث الطبيعية والعوامل البيئية ولذلك فهي تستخدم عندما يكون الأمان مطلباً أساسياً أو عندما يكون النقل بخطوط هوائية غير مأمون بالقرب من المطارات أو عبر الموانع المائية المتسعة، وتتميز الكيابل الارضي بالعمر الافتراضي الطويل ، ولكي تكون فعالة وذات جدوى أقتصادية يجب ان تتوفر فيها مجموعة من الشروط وهي ان تكون :

1. ذات موصلية او ناقلية جيدة للكهرباء .
2. ذات مقطع كاف لتحمل التيار دون ارتفاع درجة الحرارة الى قيم غير مسموح بها .
3. ذات متانة لتحمل الصدمات الميكانيكية التي قد تتعرض لها ، ذات مرونة ميكانيكية عند الثني والانحناء .
4. ذات عزل جيد بين الموصلات والارض أو بين الموصلات نفسها بحيث يتحمل أي ارتفاع مفاجئ بالجهد قد ينتج عند حدوث عطل في الشبكة ، على أن يكون الفقد في هذا العازل صغيراً .
5. ذات مقاومة عالية للكورون (التفريغ الهالى) والتأين .
6. مقاومة للدرجات الحرارة العالية والرطوبة .

ظاهرة التفريغ الهالى الكورون (Corona) هى ظاهرة تحدث نتيجة القدرة المنقولة مع قلة وجود الأحمال المستهلكة فإن القدرة الزائدة تتحول إلى مفاقيد losses على شكل ضوء أو صوت والضوء على شكل هالة من الضوء تأخذ شكل الكيبل أو خط النقل يشبه مصباح الفلوروسنت والصوت يكون على شكل أزيز وتتأثر الكورونا ببعض العوامل مثل نسبة

الرطوبة – درجة الحرارة – نوع الغاز المحيط – الضغط الجوى.

في الجدول الآتي مقارنة بين الخطوط الهوائية و الكابلات الأرضية كوسائل لنقل القدرة موضحاً مميزات وعيوب كل منها .

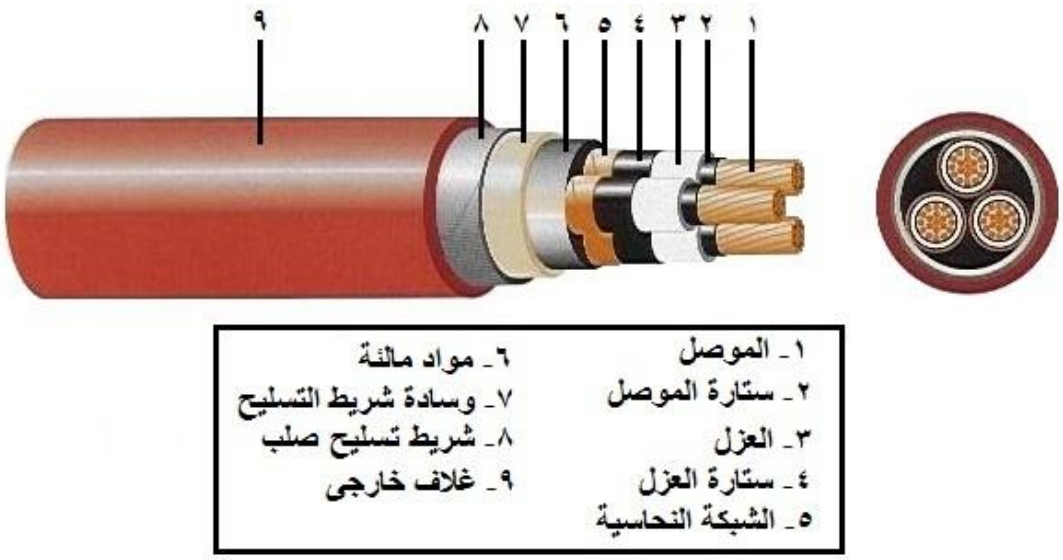
جدول (1.12) مقارنة بين خطوط نقل القدرة الهوائية والارضية

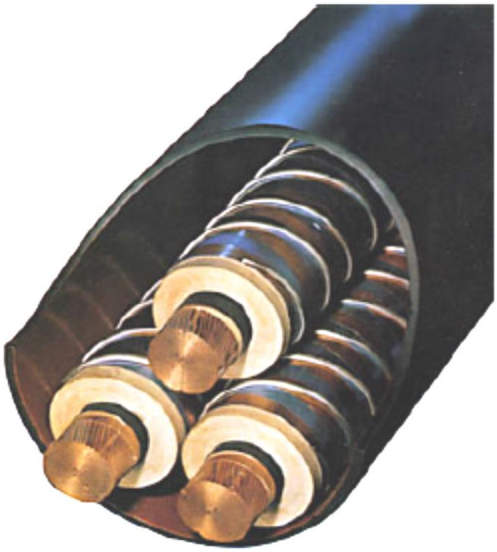
درجة المقارنة	الخطوط الهوائية	الكابلات الأرضية
الناحية الاقتصادية	اقتصادية (رخيصة)	غير اقتصادية (غالية الثمن)
الاستخدام	فى الأماكن الخالية (الصحارى والمزارع)	فى الأماكن المزدحمة بالسكان (المدن)
الشكل الجمالي	تشوه الشكل الجمالي	لا تشوه الشكل الجمالي
الجهود المنقولة	تستخدم فى الجهود العالية	تستخدم فى الجهود القليلة
طريقة تحديد الأعطال	سهلة وبالعين المجردة وتحتاج لزمن قليل	صعبة وتستخدم لها أجهزة وتحتاج لزمن أكبر
تكاليف إصلاح العطل	تكلفة قليلة أحيانا	مكلفة دائما
عدد الأعطال	كثيرة الأعطال	قليلة الأعطال
الخطورة الناتجة منها	كثيرة الخطورة وقليلة الأمان	أمان أكثر وخطورة أقل
تعطل المرور	لا ينتج عنها تعطل المرور	ينتج عنها تعطل المرور
الصيانة والإصلاح	تحتاج إلى صيانة باستمرار	قليلا ما تحتاج إلى صيانة

2.12 تركيب الكيبلات الكهربائية Cables construction :

يتكون أى كيبل كهربائي فى الأساس من موصل ذي مقاومة منخفضة ليقوم بنقل الطاقة الكهربية ويطلق عليه بقلب الكيبل (core)، وتصنع بقلب واحد او اكثراعتماداً على الناحية الاقتصادية أو حسب ما تقتضيه الحاجة لاداء معين أذ يؤدي أستخدام الكيابل عديدة القلوب الى خفض التكاليف وخفض هبوط الجهد ، أما استخدام الكيابل وحيدة القلب يهيئ مرونة أفضل وسهولة في التركيب والتوصيل وعليــه ينصح باستخدامــه داخل المباني لكثــرة تعرض الكيبل

للانحناءات وعمل التفرعات والتوصيلات . تحيط بالقلب مادة عازلة تعزله عن بقية القلوب وعازل لعزل الموصلات عن بعضها البعض وعن الوسط المحيط ، ويوضح الشكل (12-1) انواع وتركيب الكابلات الكهربائية .





شكل (1.12) نماذج لبعض أنواع الكيابل احادي القلب أو متعدد القلوب

أهم مكونات الكابلات الكهربائية ووظيفة كل مكون يمكن تلخيصها كما يلي :

1- الموصل Conductor

يكون على نوعين الموصلات المصمتة و الموصلات المجدولة ،الموصل المصمت يتكون من شعرة واحده أما المجدول فيتكون من عدد من الشعيرات تستخدم الموصلات المصمتة فى الأحمال الخفيفة والمقاطع الصغيرة والجهود المنخفضة أما الموصلات المجدولة تستخدم فى الأحمال المرتفعة و المقاطع الكبيرة والجهود العالية .

ومن المعلوم لنا أن التيار الكهربي يمر على سطح الموصل وهى ظاهرة كهربائية ففي حالة الموصل المصمت فإن عدد الأسطح هو سطح واحد أما فى المجدول فإن عدد الشعيرات تعطي زيادة في عدد الأسطح فتزداد فرصة مرور التيار بقيمة اكبر، لذلك فإن الموصل المجدول هو شائع الاستخدام لما يتميز به من مرونة أثناء العمل بالإضافة إلى ظاهرة مرور التيار على سطح الخارجى للموصل خاصة فى حالة التيار المتردد. تصنع موصلات الكيابل من معدن النحاس أو الألمنيوم ، ويعتبر النحاس أكثر أستخدام لعدة اسباب منها :

1. له أفضل توصيلية كهربائية (مقاومة نوعية أقل) .
2. معدن منتظم ذو قوة أحتمال للأجهادات الميكانيكية .
3. يمكن تشكيله على البارد.

أما عيوب النحاس فثقل الوزن - وغلاء الثمن

من ناحية اخرى يمتاز الألمنيوم بالمميزات الآتية :

1. رخص الثمن وخفة الوزن .
2. فقد قليل جداً عند الجهود العالية للتفريغ الهالي .
3. السحب على الحار والبارد.

2 - ستارة الموصل Conductor Screen

هي طبقة من مادة شبه موصلة رقيقة توضع حول موصل الكابلات الكهربائية لملئ الفراغات بين جدائل الموصل و تقوم بتنظيم المجال الكهربي علـى سطـح الموصل وتوزيعه

حتى يكـون المجال الكهربي قطرياً أو إشعاعياً أى عمودي على سطح الموصل " أ ى أن خطوط المجال الكهربائي تكون عمودية على سطح الموصل " .

3 - العازل Insulation

هو أهم مكونات الكابلات الكهربائية حيث اذا ضعف أو انهار يضعف الكيبل أو ينهار، ويقوم هذا العازل بالعزل بين موصلات (قلوب) الكابلات الكهربائية وغالبا ما تكون من مادة البولى ايثيلين المتشابك (XLPE) . ويعتمد سمك المادة العازلة على الجهد التصميمى للكابل أذ كلما ارتفع الجهد زاد سمك المادة العازلة . أن مادة العزل لابد أن تتميز ببعض الخواص الآتية :

- شدة عزل كهربية عالية
- مقاومة لدرجات الحرارة العالية
- مقاومة للرطوبة
- مرونة ميكانيكية

4 - ستارة العازل Insulation Screen

هي طبقة من مادة شبه موصلة حول العازل وتعمل على حماية مكونات الكابلات الكهربائية من المجالات الكهربائية.

اذ تقوم بتوزيع المجال الكهربى الخارج من الأطوار Phases بانتظام ويعمل على عدم تداخل المجالات الكهربائية بين الأطوار و يحمى باقى مكونات الكابل من المجال الكهربائي الخارج من الأطوار .

5 - الشبكة النحاسية Copper Screen or Shield

هي عبارة عن شريط معدني من النحاس يلف حول ستارة العازل وتستخدم لتأريض الكابلات الكهربائية وذلك لتسريب تيارات القصر وحماية الكيبل. وتتواجد على كل طور من الأطوارالثلاثة ملفوف عليها شبكة نحاسية حلزونيا وبتجانس على طول الطور وذلك لحمايتها من تيار القصر.

6 - المواد المالئة Filling Materials

هي عبارة عن طبقة مطاطية تحيط بقلوب الكابلات الكهربائية تعمل على تناسق الكابل وتعطى له الشكل الدائرى وتمنع تحرك الموصلات داخل الغلاف واحتكاكها بعضها البعض بالاضافة الى الحشو بين القلوب الذى يمنع تسريب الماء والرطوبة الى أجزاء الكابلات الكهربائية الداخلية.

7 - التسليح Armoring

يوجد هذا الجزء فى الكابلات الكهربائية المسلحة فقط لحماية الكابل من الاجهادات الميكانيكية الواقعة نتيجة تمديده فى طريق سير السيارات مثلا. ويتم التسليح إما بشريط حلزوني حول الكابلات الكهربائية من الصلب أو الألمنيوم المعالج حراريا والذي يعطي الكابل صلابة شديدة لكي يقاوم الإجهادات الميكانيكية العالية ولكنه يقلل من مرونة الكابل أو يتم التسليح بواسطة أسلاك معدنية ملفوفة بشكل حلزوني أو متوازي منتظم حول الكابل مما يزيد من مرونة الكابل.

8 - الغلاف الخارجي للعازل Jacket or Over Sheath

يستخدم لحماية ووقاية الموصلات والأجزاء الداخلية للكابلات الكهربائية من الرطوبة والحرارة والمواد الكيماوية التى يمكن أن يتعرض لها الكابل ويكون من مواد مقاومة للظروف التي ممكن أن يستخدم فيها الكابل مثل مادة كلوريد البولي فينيل PVC .

3.12 تصنيف الكيابل الأرضية Cable classification :

تصنف الكيابل الكهربائية الى أنواع عديدة طبقاً للأسس التالية :

أ- عدد القلوب في الكيبل الواحد: قد تكون أحادية القلب أو متعددة القلوب التي تحتوي على ثلاث قلوب أو اكثر .

ب- نوع المادة العازلة المستخدمة في عزل الكيبل :

1- كيابل العازل الورقي المصمت أو المليئة بالزيت أو الغاز .

2- كيابل العوازل البوليمرية التي تشمل كيابل البولي فنيل كلورايد PVC وكيابل البولي إيثيلين التشابكي XLPE .

3- كيابل العوازل المطاطية .

ج- مستوى الجهد الذي يعمل عنده الكيبل :

1- كابلات الجهد المنخفض : تكون للجهود اقل من 1 كيلوفولت .
2- كابلات الجهد المتوسط : تكون للجهود اعلى من 1 كيلوفولت و اقل من حوالي 47 كيلوفولت.
3- كابلات الجهد العالى : تكون للجهود اعلى من 47 كيلوفولت.

د- مجال استخدام الكيابل :

1- كيابل التمديدات الكهربائية المرنة المستخدمة في التمديدات الداخلية .
2- كيابل المنشآت الصناعية التي تعمل على جهود تصل 15 كيلوفولت.
3- الكيابل المستخدمة في التغذية وتوزيع القوى الكهربائية التي تعمل على جهود تتراوح بين 11-33 كيلو فولت وكيابل نقل القدرة للجهود من66 كيلوفولت وأعلى .
4- الكيابل البحرية المستخدمة في نقل القدرة الكهربائية عبر البحار أو المجاري المائية .

4.12 طرق مد الكيابل الأرضية :

يتم تمديد الكيابل الكهربائية الأرضية بطرق عديدة هي :

1. الدفن المباشر في الارض.
2. داخل أنابيب مدفونة في الأرض.
3. خلال مجاري تحت سطح الأرض مهيأة لهذا الغرض .
4. محمولة على صواني (trays) مفتوحة أو مغلقة .

1- الدفن المباشر في الأرض : تُحفر حفـرة على طول مســار الكيبل و بعمق يتراوح بين 0.5 - 3 متر على حسب جهد الكيبل؛ واذاكان هناك اكثر من كيبل يراعى ترك مسافة فاصلة بين هذه الكيابل ، بعد ذلك تُغطى الكيابل وردم المسار بالتربة الأصلية التي حُفرت.

2- **داخل أنابيب مدفونة في الأرض :** يتم تمديد أنابيب تحت الأرض حسب المسار المحدد للكيبل مع أنشاء غرف تمثل نقاط التقاء للأنابيب وتسهل عملية تمديد او سحب الكيابل داخل هذه الأنابيب عند الحاجة إلى التغيير الجزئي أو الكلي لهذه الكيابل نتيجة الأعطال أو الانهيارات التي تتعرض لها أثناء العمر الافتراضي للتشغيل . يجب أن لا تزيد مساحة مقطع الكيبل داخل الأنبوب عن 40% من مقطع الأنبوب لضمان سهولة عمليات السحب والتمديد وايضاً لضمان عدم أرتفاع درجة حرارة الكيابل أثناء التشغيل .

3- **خلال مجاري تحت سطح الأرض مهيأة لهذا الغرض :** يتم إنشاء المجاري الخرسانية المعدة لمد الكيابل الكهربائية الأرضية بالعمق المحدد تحت الأرض حسب مسار الكيبل مع إنشاء غرف التفتيش اللآزمة لمد الكيابل داخل هذه المجاري أو سحبها عند الحاجة ، يتم وضع الكيابل في قاع هذه المجاري .

4- **محمولة على صواني (trays) مفتوحة أو مغلقة :** يتم إنشاء مجاري خرسانية أو أنفاق معدة لمد الكيابل الكهربائية الأرضية أو لأغراض أخرى تحت الأرض وعلى مسار الكيبل مع وجود صواني التعليق على الجدران الرأسية لهذه المجاري أو الأنفاق ، ومراعاة وجود غرف التفتيش اللازمة لمد الكيابل داخل هذه المجاري أو سحبها عند الحاجة الى ذلك أثناء التشغيل .

5.12 صيانة الكيابل الأرضية :

هناك ثلاث خطوات رئيسة مطلوبة في صيانة الكيابل الأرضية هـي :

- تحديد العطل الحادث في الكيبل .
- تحديد مكان العطل .
- إستبدال الكيبل التالف بآخر جديد عند انهياره أو عمل وصلة لحام في الكيابل المقطوعة ذات العازل السليم .

1.5.12 تحديد الأعطال فى الكيابل الأرضية :

يعتبر تحديد العطل في الكيبل ومكانه مهم جداً أذ ليس عملياً أن يتم الحفر على طول مسار الكيبل أو يتم سحب كيبل بكامل طوله مـن المجرى الموضوع فيـه للفحص وتحديـــد مكان العطل أو إصلاح هذا العطل . عليه توجد طرق وأجهزة أو معدات معينة تستخدم في تحديد مكان الخطأ أو العطل في الكيبل من هذه الأجهزة كما يلي :

1. جهاز DC Hi-Pot Adapter .
2. قنطرة موراي Murray Loop Resistance Bridge.
3. قنطرة قياس السعة Capacitance Bridge Measurement.
4. طريقة قياس تيار الشحن Charging Current Method.
5. سيارات فحص الكيابل Cable Testing Cars.

تتميز طريقة الفحص باستخدام سيارات خاصة تحتوي على العديد من أجهزة فحص وأختبار الكيابل بأن لها قدرة كبيرة على تحديد أماكن انقطاعات وأعطال الكيابل الأرضية بدقة متناهية والتي تصل أطوالها إلى عشرات الكيلومترات ، ايضا يتم من خلالها إصلاح الأعطال بشكل صحيح ومحدد في وقت قياسي.

2.5.12 إجراءات الصيانة للكيابل الأرضية :

من المعروف ان الكيابل الأرضية بعضها تدفن مباشرة في الأرض والبعض الآخر تكون ممددة داخل أنابيب أو مجاري وعليه تختلف أجراءات الصيانة باختلاف طرق تمديد الكيبل كما يلي:

1. **الكيابل الممددة بالدفن المباشر** : هنا لاتتوفر صناديق أو غرف تفتيش على طول مسار الكيبل، ويحدد مكان العطل في الكيبل باستخدام إحدى الطرق المذكورة سابقا، ثم يبدأ الحفر في مكان العطل وإصلاحه . ومن الصعوبات التي تواجه فريق الصيانة هي جفاف الوسط المحيط بالكيبل عند الإصلاح .
2. **الكيابل الممددة داخل أنابيب أو مجاري خاصة :** أذا توفر أنبوب أو مجرى فارغ أضافي يمدد كيبل جديد داخل الأنبوب أو المجرى مع لحام طرفي هذا الكيبل فـــي

النهايتين السليمتين للكيبل المعطوب وسحب الجزء المعطوب من الكيبل من المجرى الأساسي ووضع علامة تفيد بأنه تم نقل هذا الجزء من الكيبل إلى مجرى آخرمجاور ، أذا لم يتوفر المجرى الإضافي يتم سحب الكيبل المعطوب أولاً وتمديد كيبل جديد مكانه في المجرى نفسه ، اذا تعذر التمديد في المجرى نفسه بسبب حدوث انهيارات به أثناء عملية سحب الكيبل المعطوب يتم انشاء مجرى جديد مجاور .

أسئلة الفصل الثاني عشر

1. ما هي الشروط الواجب توافرها في الكيابل الأرضية ؟
2. ما الفرق بين خطوط نقل القدرة الهوائية والارضية ؟
3. أشرح أسس تصنيف الكيابل الأرضية ؟
4. عدد طرق مد الكيابل الأرضية واشرح واحدة منها ؟
5. عدد مكونات الكيبل الأرضي ، مع الرسم ؟
6. ماهي الخطوات الرئيسة في صيانة الكيابل الأرضية ، أشرحها ؟
7. وضح طرق تحديد العطل في الكيابل الأرضية ؟

.

الفصل الثالث عشر

13 . ضواغـــط الهـــواء
(Air Compressor)

1.13 مقدمـــة Introduction :

ضاغط الهواء air compressor، آلة تعمل على تحريك ورفع طاقة الهواء (الغاز) المار عبرها، ونقله مضغوطاً عبر أنابيب إلى أماكن الاستخدام، أو تخزينه بحالة مضغوطة ونقله بعد ذلك إلى تلك الأماكن. تُصنف الضواغط على أنها إحدى آلات الجريان وتتميز الضواغط عن المضخات بأنها تقدم الطاقة للهواء والغازات، في حين تقدم المضخات الطاقة للسائل (ماء، زيوت، ...).

يستفاد من الضاغطات بتوفير الهواء في مرحلة الغسيل العكسي للمرشحات الرملية السريعة والمرشحات الضغطية، و في أحواض التهوية ضمن المعالجة البايولوجية لمياه الصرف الصحي التي فيها يضخ الهواء من حجرة مخصصة لها ضمن المحطة ، تقوم بضخ الهواء عبر الأنابيب إلى حوض التهوية عبر ناشرات هواء Air Diffusers مركبة عند منسوب قريب من قاع الحوض .ويستفاد أيضا من ضاغطات الهواء بتأمين كمية الهواء اللازمة لمضخات الرفع الهوائية (إن وجدت في المحطة) .

2.13 تركيب وانواع ضاغطات الهواء:

يتم تقديم الطاقة للضاغط من محرك كهربائي أو محرك احتراق داخلي (ديزل)، ويتم نقل الحركة من المحرك إلى الضاغط بتوصيلة مباشرة إلى محور الدوران أو عن طريق مجموعة ناقلة للحركة . لتمييز ضاغطاً عن آخر يعطى وصف للضاغط حسب الخواص الآتية:

- التدفق (ويقاس بالمتر المكعب في الثانية m^3/s) ويعرف بأنه كمية الهواء المارة عبر الضاغط في وحدة الزمن.
- ضغط الغاز عند مقطع الدخول إلى الآلة P1 ويقاس بالباسكال (Pa) ، وكذلك الضغط عند مقطع الخروج P2 ويقاس بالباسكال (Pa) أيضاً، أي من خلال معامل الانضغاطية (ε) الذي يعرف بأنه ضغط الغاز عند مقطع الخروج منسوباً إلى ضغط الغازعند مقطع الدخول.

- سرعة دوران الضاغط n وتقدر بعدد الدورات في الدقيقة (r.p.m).
- الاستطاعة على محوره N وتقدر بالواط (watt) .

وتُصنف الضواغط حسب مبدأ عملها، في ثلاث أنواع :

1 - الضواغط الحجمية أو ذات الإزاحة الموجبة : تعمل عن طريق الضغط المباشر على المائع من خلال تغير الحجم الذي يحوي هذا المائع (الهواء أو الغاز).

2 - الضواغط الحركية dynamic compressors (أو ذات الريش): تعمل عن طريق تحريك الغاز أو الهواء قسرا وتحويل طاقته الحركية إلى طاقة كامنة (طاقة ضغط).

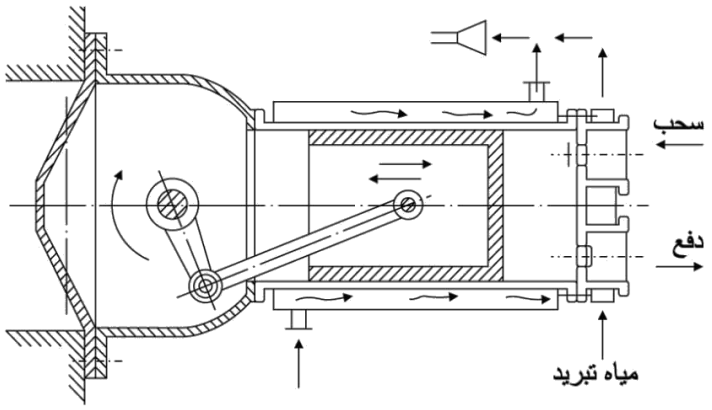
3 - الضواغط النفاثة jet - type compressors التي تعتمد على مزج تيارين مختلفين في القدرة من سائلين، مما يؤدي إلى رفع طاقة السائل ذي الطاقة الأخفض.

1.2.13 الضواغط الحجمية أو ذات الإزاحة الموجبة Positive-placement compressors:

وتشمل الانواع الآتية :

1 - الضاغطات الترددية (الضاغط ألمكبسي) Reciprocating compressors :

يستخدم للحصول على ضغط مرتفع مع كمية هواء اقل ، وهو مؤلف من مكبس يتحرك داخل أسطوانة بشوطين؛ شوط سحب يكون خلاله صمام السحب مفتوحاً ويدخل الهواء (الغاز) إلى اسطوانة المكبس، وشوط دفع (ضغط) يتحرك خلاله المكبس بالاتجاه المعاكس، مما يؤدي إلى تقليل حجم الحجرة التي تحوي الهواء ومن ثم انضغاطه عند وصول قيمة ضغط الهواء إلى حد معين، يؤدي إلى فتح صمام الدفع ويخرج **الهواء المضغوط** ، كما هو مبين في الشكل (1.13) . بالإمكان تشغيله بوساطة الكهرباء أو بوساطة محركات احتراق داخلي. الضاغط المتردد ذو الأحجام الصغيرة تبدأ من 5 إلى 30 وحدة حصان Horse Power تكون مستعملة على نطاق واسع بالسيارات وتكون ذات استخدام متقطع. أما الضاغط المتردد الذي تصل قدرته إلى 1000 وحدة حصان Power Horse فتستخدم بالتطبيقات الصناعية ولكن أعدادها بدأت تتناقص بسبب استبدالها بأنواع أخرى من الضواغط وهي عموماً أكبر حجماً وأكثر إزعاجا وكلفة من نظيراتها ألدورانية .



شكل (1.13) الاسطوانة والمكبس في ضاغط ترددي

وتوجد أنواع عدة للضواغط الترددية وهي :

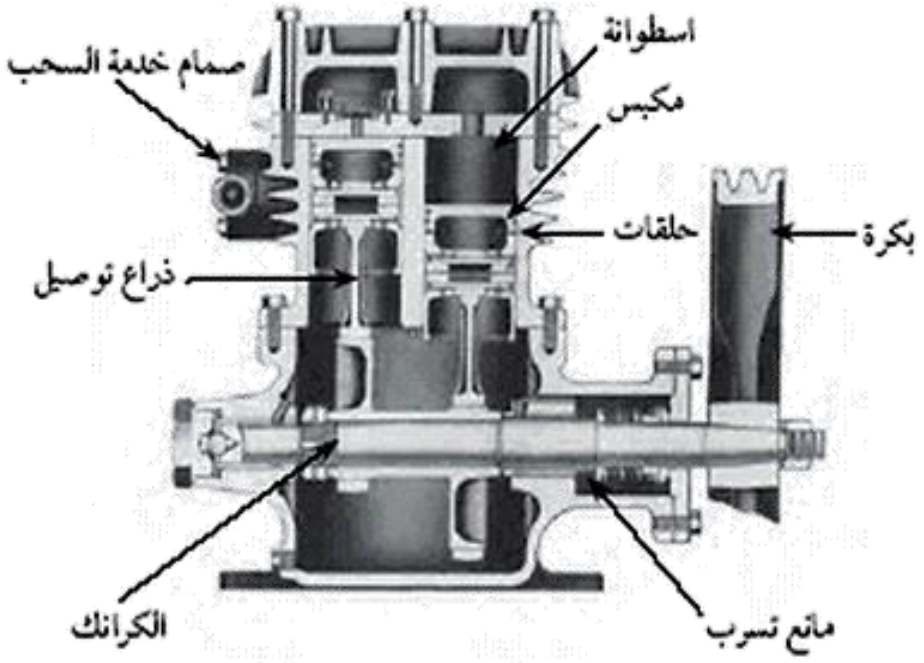
أ. ضواغط ترددية بمرحلة واحدة .

ب. ضواغط ترددية بمرحلتين .

ج. ضواغط ترددية متعددة المراحل تستخدم للضغوط العالية .

الضواغط الترددية ذات المرحلة الواحدة تقوم بضغط الهواء الجوي داخل اسطوانة واحدة. في حين أن الضواغط الترددية ذات المرحلتين تقوم بضغط الهواء الجوي داخل اسطوانة ثم يسمح لخروجه من الاسطوانة وضغطه مرة أخرى في اسطوانة ثانية ويلزم تبريده لدرجة حرارة الهواء الجوي بعد خروجه من الاسطوانة الأولى وقبل دخوله الاسطوانة الثانية . يبين الشكل (2.13) الأجزاء الداخلية لضاغط ترددي.

وهناك ضواغط ترددية تصل عدد مراحلها إلى ثلاث أو أربع مراحل ...الخ . اذ أن حجم الاسطوانات في الضواغط الترددية متعددة المراحل يتناقص بإرتفاع رتبة المرحلة، فمثلاً الضاغط الترددي ذي المرحلتين يكون حجم اسطوانة المرحلة الثانية له اصغر من حجم اسطوانة المرحلة الأولى وذلك لنقصان حجم الهواء المضغوط. حسب قانون بويل للغازات الذي ينص على انه :(يتناسب الضغط لأي كتله من الغاز تناسباً عكسياً مع الحجم عند ثبات درجة الحرارة)



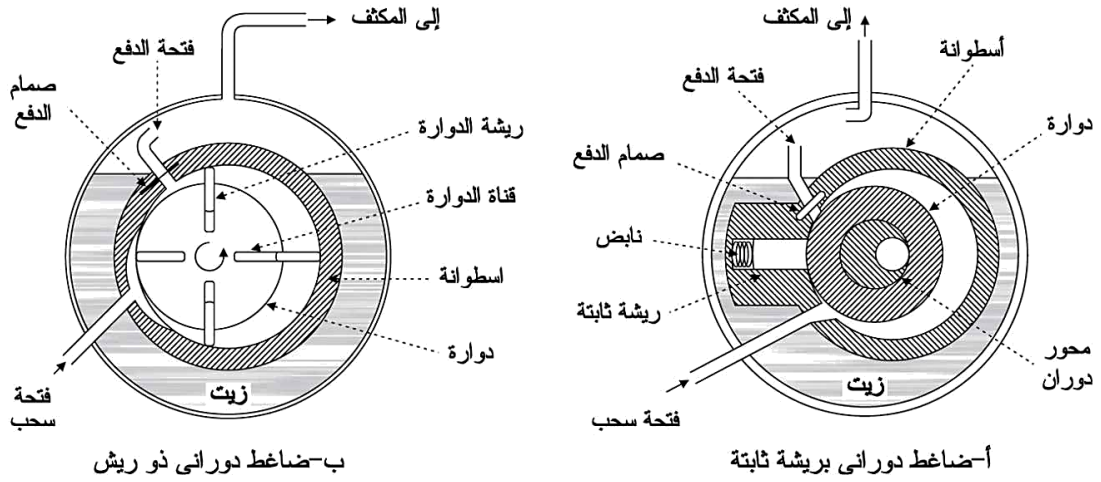
شكل (2.13) ضاغط ترددي

2- الضاغط ألدوراني Rotary compressor:

يتكون من محور دوران متموضع بشكل لا مركزي داخل الغلاف الخارجي للضاغط، ومزود بصفائح قابلة للحركة قطرياً، اذ تبقى ملامسة للجدار الداخلي لجسم الضاغط. يتغير الحجم الذي يحوي الغاز في أثناء دوران المحور، مما يؤدي إلى انضغاطه في أثناء حركته من قسم السحب إلى قسم الدفع، كما هو مبين في الشكل (3.13)، و من هذه الضواغط نوعان :

أ- ضاغط دوراني ذو ريشة ثابتة rotary compressor with stationary.

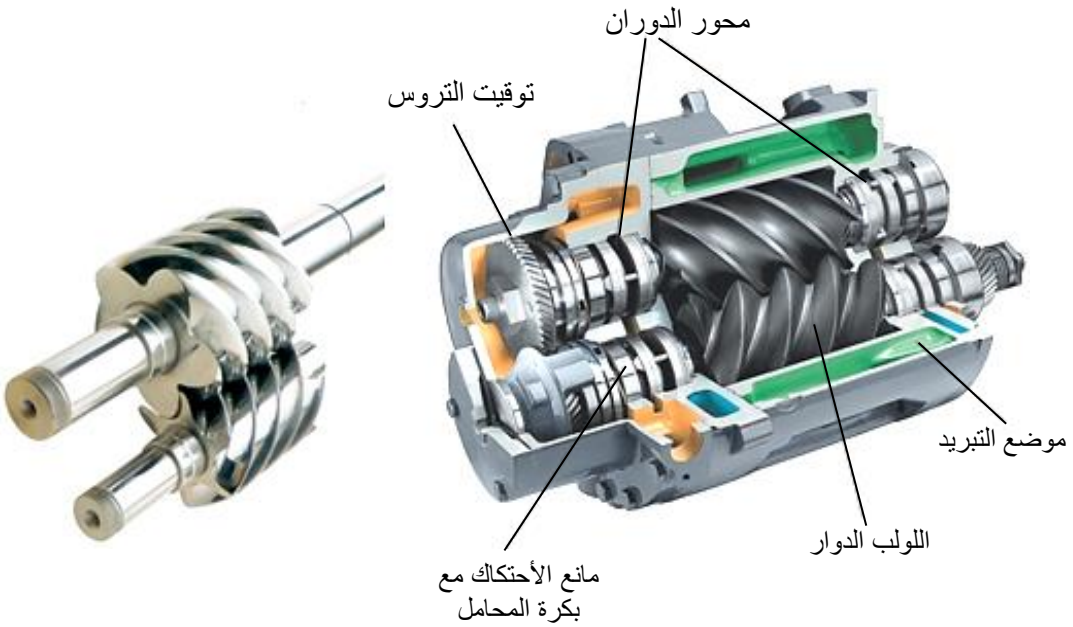
ب - ضاغط دوراني ذو ريَش متحركة vane- type rotary compressor.



شكل(3.13) ريش الضواغط الدورانية

3 ـ الضاغط اللولبي Screw compressor:

يتكون من محورين مسننين معشقين فيما بينهما، أحدهما قائد والثاني مقاد، يملأ الغاز التجاويف بين المسننات وفي أثناء الدوران يضغط و ينتقل من جزء السحب إلى جزء الدفع. الشكل (4.13) الضاغط اللولبي .



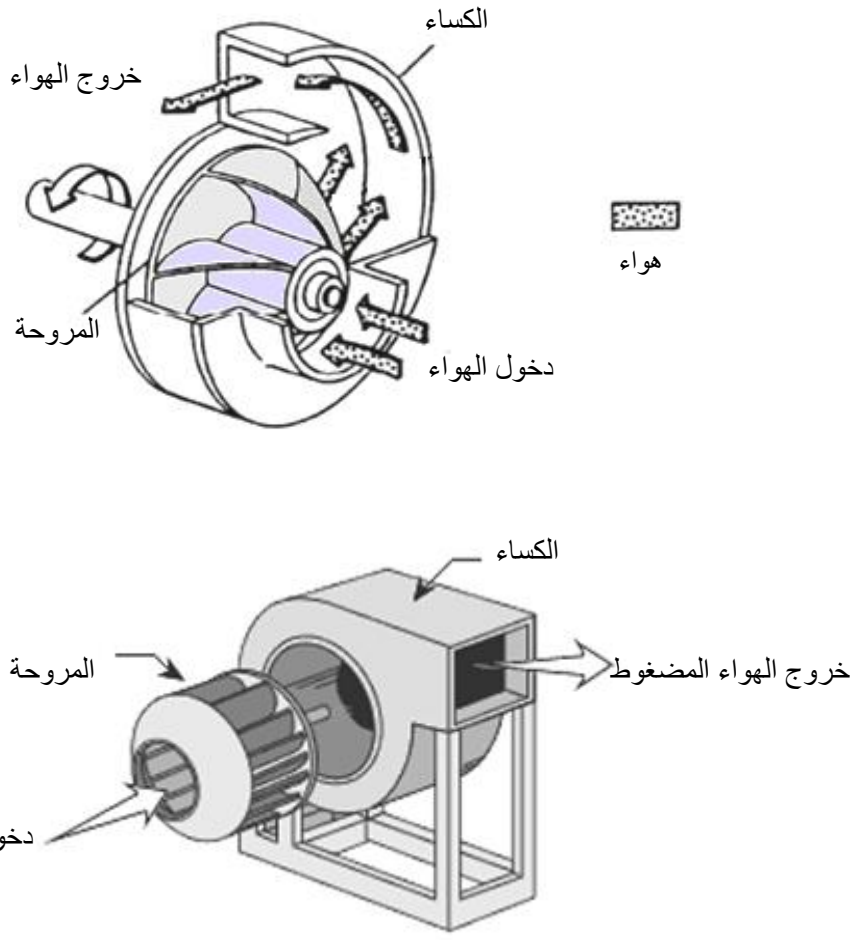
شكل (4.13) الضاغط اللولبي

2.2.13 الضواغط الحركية Dynamic compressors:

وهي على نوعين :

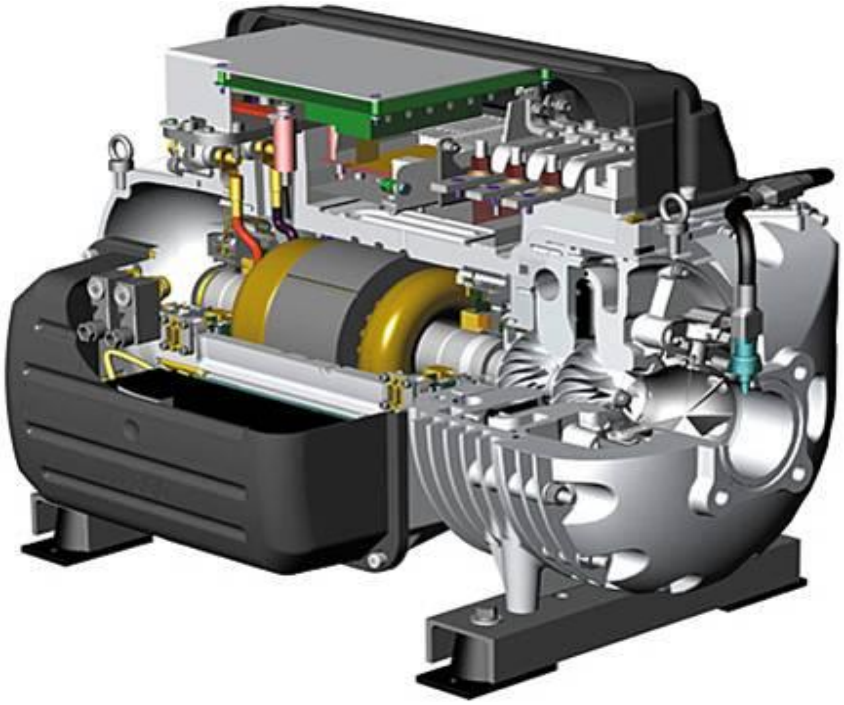
1- الضواغط النابذة (طرد المركزية) Centrifugal compressors:

يكون مزود بقرص دوار به ريش أو مروحة منحرفة الشكل اذ توجه الغاز الداخل إلى نهاية طرف المروحة حتى تزداد سرعة الغاز. ثم يذهب إلى المقطع الناشر أو قناة التباعد تحول السرعة إلى ضغط وكما في الشكل (5.13) . قدرة تلك الضواغط تبدأ من 100حصان(75 كيلوواط) وحتى الآلاف وتكون متعددة المراحل وبإمكانها استخلاص كمية ضغط أكثر من .10,000 psi .



شكل (5.13) الضاغطة المركزية موضحة فيها حركة وانضغاط الهواء

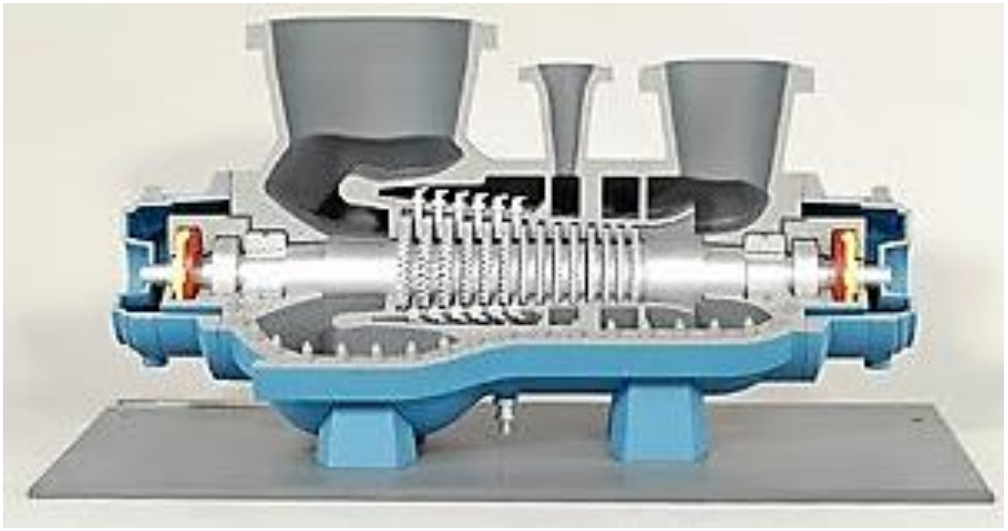
تستخدم هذه الأنواع من الضواغط الطاردة المركزية في القدرات والسعات الكبيرة في المواقع والمنشات الكبيرة ؛ وهي من النوع المفتوح الذي يستمد حركته من محرك خارجي وذلك عن طريق وصلة Coupling مع العلم بان سرعة المحرك تعادل (3000 rpm) والنسبة بين سرعة المحرك والضاغط (impeller) من 4:1 أضعاف سرعة المحرك أي تعادل (12000 rpm) ولذلك فأنها قادرة على تناول معدلات تدفق عالية بنسب ضغط صغيره ومتوسطة. الشكل (6.13) أجزاء الداخلية لضاغط طرد مركزي .



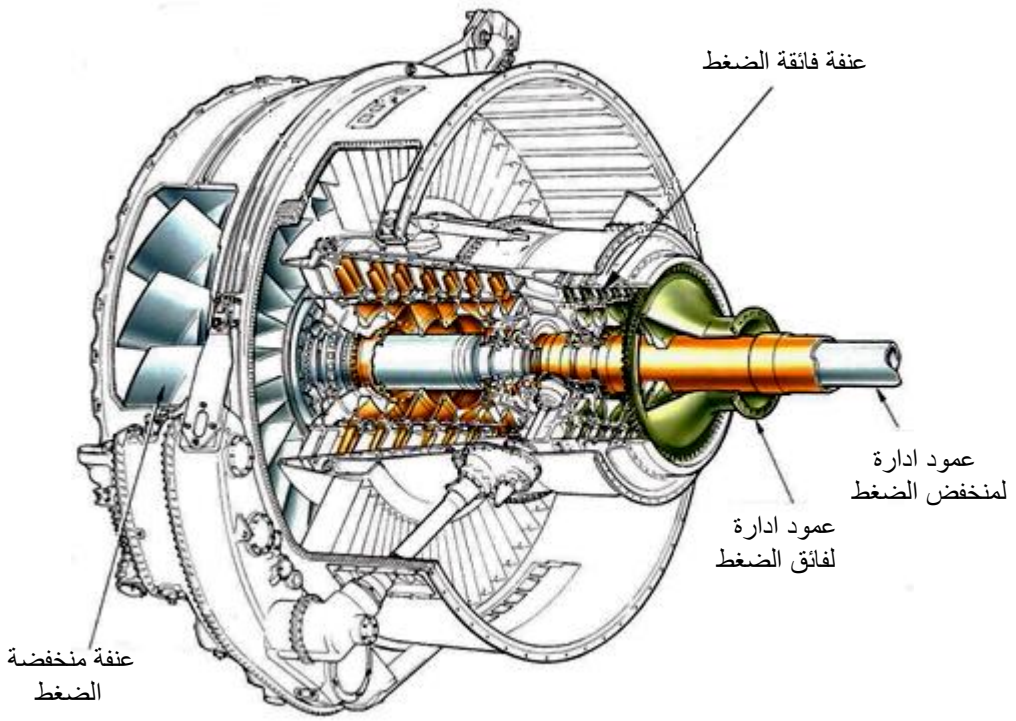
الشكل (6.13) الأجزاء الداخلية لضاغط من نوع طرد مركزي

2- الضواغط المحورية Axial compressors:

الضاغط المحوري يستخدم سلسلة من شفرات شبه مراوح تحرك الدوار لتضغط على تدفق الغاز. وهناك الريش الثابتة موضوعة بنهاية كل دوار لإعادة توجيه الدفق إلى شفرات الدوار التالي. مساحة المرور للغازات (أي المسافة بين الريش) تقل خلال الضاغط للمحافظة على السرعة المحورية المطلوبة. هذا النوع من الضاغط يستخدم في التطبيقات عالية الدفق، مثل محركات التوربين الغازي متوسطة وكبيرة الحجم، وتكون متعددة المراحل. الشكلين (7.13) و(8.13).



الشكل (7.13) الضاغط المحوري



الشكل (8.13) التركيب الداخلي لأجزاء الضاغط المحوري

يبيّن الجدول (1) مقارنة بين الأنواع الأربع المذكورة أعلاه من حيث مجالات التدفق ومعامل الانضغاط وعدد الدورات التي يمكن أن تعمل بها.

جدول (1) مقارنة بين خواص الأنواع المختلفة لضاغطات الهواء

النوع	معدل التدفق m^3/min	معامل الانضغاط ε	عدد الدورات n (r.p.m)
مكبسي	0 - 300	2.5 – 1000	300 - 3000
دوراني	0 - 500	3 - 12	300 – 15000
نابذ	100 - 4000	3 - 20	1300 – 45000
محوري	100 - 15000	2 - 20	500 – 20000

3.13 الصيانـــــــة Maintenance :

سوف نتناول وبصورة عامة بعض النقاط التي تخص الصيانة نظرا لاختلاف التصاميم والأنواع لضاغطات الهواء :

1- التأكد من منسوب الزيت . تبديل الزيت بأخر جديد كل 160 – 500 ساعة عمل .

2- التأكد من اتجاه الدوران وخصوصا أذا انقطع التيار الكهربائي عن الوحدة أو المصنع كاملا اذ إن اتجاه الدوران هو المسؤول عن دفع الهواء إلى الضاغط .

3- التأكد من نظافة مرشح (فلتر) الهواء وعدم انسداده .

4 - عدم وجود أي ترسبات في الوصلات اذ إن بعض الترسبات من الممكن أن تؤدي إلى تقليل الضغط ومن ثم إطالة مدة عمل الضاغط .

5 - ملاحظة عمود الدوران Crank Shaft وهو المسؤول الرئيس عن الحركة فأذا كان مكسورا يتم تغييره مباشرة . ويجب التأكد من كراسي التحميل (Bearing) الخاصة به المثبتة عليه في جسم الضاغط .

6 - التأكد من جودة الحزام الناقل للحركة المستخدم ومدى شدته فعند ارتخاء الحزام يصدر صوتا عاليا.

أسئلة الفصل الثالث عشر

1. ما هي فكرة عمل ضواغط الهواء ، وما هي مجالات استخداماتها في محطات التصفية والمعالجة ؟
2. ما هي أنواع ضواغط الهواء حسب مبدأ عملها ؟
3. ما الفرق بين الضاغطات الترددية وضاغطات الطرد المركزي ؟
4. أشرح تركيب الضواغط المحورية ؟
5. ما هي النقاط التي يجب أتباعها لصيانة ضواغط الهواء بصورة عامة ؟