

برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

البرنامج التدريبي مهندس تشغيل صرف صحي - الدرجة الثالثة
الالمام باقتصاديات التشغيل



الفهرس

5	مقدمة:
6	1. المادة أو الخامات (Materials):
6	2. الماكينة أو المعدة (Machine):
7	3. القوى العاملة (Man):
7	4. الطريقة (Method):
7	5. المواصفات (Specifications Mode):
7	6. الإدارة والتنظيم (Management):
7	7. السوق (Market):
7	8. النقود (Money):
7	9. القياسات (Measurements):
7	10. الصيانة (Maintenance):
8	1. أداء المحولات الكهربائية:
9	2. مناورات سحب المياه الخام من المأخذ عن طريق المضخات
10	البيارات العكرة في الخدمة
10	بيارات المياه العكرة (1,2) في الخدمة
12	3. الاختيار الاقتصادي الأمثل للطلومات وملحقاتها
12	طرق الحد من استهلاك الطاقة
13	أولاً- المفاضلة بين البدائل
13	أ. من حيث عدد الوحدات
13	ب. من حيث المضخات
14	ج. من حيث اختيار المحرك
15	ثانياً التصميمات الخاصة بالتركييات
16	خط السحب (SUCTION PIPE)
17	3. مسلوب السحب (NOZZLE)
18	4. مسلوب الطرد (DIFFUSER)
18	5. خط الطرد (DELIVERY PIPE)
19	6. خط الطرد العمومي (HEADER)
19	7. مصافي خط السحب (STRAINER)
19	8. الأكواع (ELBOWS)

20	9. مستوي تركيب المضخات (Pumps Level)
20	10. تصميم الخطوط الناقلة
21	الحالة الأولي
21	الحالة الثانية
22	القدرة اللازمة لمقاومة الاحتكاك
22	الحالة الأولي
22	الحالة الثانية
23	ثالثا مرحلة التشغيل
23	نقطة تشغيل وحدة الضخ (BEP):
25	حالة السحب
25	4. مصروفات وتكاليف الصيانة
25	أ. تعريفات فنية خاصة بالصيانة
25	ب. التعريفات المالية الخاصة بالصيانة
26	ج. أنواع الصيانة:
27	الصيانة الوقائية:
27	الصيانة الإصلاحية:-
27	الصيانة التوقعية (باستخدام الاهتزازات):
27	د. التحكم وإدارة عملية الصيانة
27	العناصر الأساسية لعملية الصيانة
27	1. الرقابة والسيطرة على أعمال الصيانة
28	2. برمجة الصيانة (تخطيط وجدوله)
28	3. وجود سجلات للمعدات
28	4. توافر قطع الغيار
28	5. وضع ميزانية لعملية الصيانة
28	سياسة الصيانة
28	إدارة الصيانة الحديثة:
28	أولا النظام:
29	ثانيا التنظيم:
29	ثالثا الإدارة (Management):
29	التخطيط Planning:
30	الجدولة scheduling:
30	التنفيذ DO

30	القياس Measure
31	ه. العلاقة بين الصيانة الوقائية المخططة والصيانة العلاجية الغير مخططة ودورها في إدارة عملية التشغيل الاقتصادي
32	5. مقننات استهلاك الطاقة
34	6. تحسين معامل القدرة (Power Factor)
34	مقدمة:
34	الدوائر الكهربائية بصفة عامة تتكون من:
38	تحسين معامل القدرة
38	استخدام مجموعة مكثفات (Capacitor Bank)
38	تحديد قدرة المكثفات اللازمة لتحسين معامل القدرة
40	7. التحكم في استهلاك الخامات الداخلة بشكل مباشر في عملية الإنتاج
40	أ. الكلور (محطات مياه الشرب ومحطات معالجة الصرف الصحي):
41	ب. الشبة السائلة (محطات مياه الشرب):
42	كيفية ضبط جرعات الكيماويات
42	ضبط جرعة الشبة
42	طريقة حساب جرعة الطلمبة
43	خطوات حساب جرعة الشبة
43	معايرة طلمبات حقن الشبة
43	أ. كيفية إجراء المعايرة للطللمبات داخل المحطة:
44	الأدوات المطلوبة لعملية معايرة طلمبة الشبة:
44	طريقة المعايرة:
44	ب. القراءات المسجلة والجداول:
45	ج. مثال عملي لشكل منحنى الأداء لطللمبة حقن شبة:
45	د. تحليل نتائج عملية المعايرة:
45	8. الفوائد الميكانيكية بالمحطات والشبكات
45	مراجعة اماكن المحابس وكفاءة عملها
46	9. فواقد المياه
47	10. فرص تحسين كفاءة استخدام الطاقة في شركات مياه الشرب والصرف الصحي
48	أولا فرص منخفضة التكاليف
48	فرص متوسطة التكاليف ذات جدوي اقتصادية مرتفعة تشمل تلك الفرص الاتي:
48	فرص عالية التكاليف
49	استخدام طرق مرشدة للطاقة في عمليات التهوية في محطات الصرف الصحي:
50	استخدام المولدات الاحتياطية لخفض احمال شبكة الكهرباء وقت الذروة:
50	اجراءات اخري لرفع كفاءة استخدام الطاقة

11. كفاءة أجهزة القياس: 51
- أ. أجهزة قياس التصريف والضغط: 51
- ب. أجهزة قياس الجودة: 52

أهداف البرنامج التدريبي

في نهاية البرنامج التدريبي يكون المتدرب قادر على :

- معرفة خطط التشغيل الإقتصادية لتشغيل المعدات.
- قدره على الاختيار الجيد للطلبات المناسبة داخل الوحدات المختلفة .
- المعرفة لمنحنيات الأداء للطلبات ونقاط التشغيل المثالية وكذلك منحنيات النظام .
- معرفة الطرق المختلفة للحد من إستهلاك الطاقة .
- معرفة مبادئ تصميم خطوط الصرف .
- معرفة كيفية وضع موازنات عمليات الصيانة .
- معرفة علاقه بين الصيانه الوقائية و العلاجية ودورهما فى إدارة عملية التشغيل الإقتصادى .
- معرفة التحكم فى إستهلاك الخامات الداخلة فى عملية الإنتاج .

مقدمة:

على القائمين على تشغيل محطات مياه الشرب والروافع وشبكات توزيع المياه أن يدركوا جيدا أن عملية التشغيل ليس الغرض منها فقط هو توصيل الخدمة الجيدة للمستهلك سواء كانت الضغوط المناسبة للوصول للمناطق النائية أو العالية أو توصيل كميات مياه كافية للمستهلك بالجودة المناسبة مع الحفاظ على التشغيل الآمن للمعدات والأصول.. ولكن تأتي عملية التوازن في التكلفة أيضا أو ما يسمى بعملية التشغيل الاقتصادي.

مستوى مقبول للتكلفة**مستوى مقبول لتقديم الخدمة****مستوى مقبول للمخاطر**

وقبل الحديث عن تفاصيل عملية التشغيل الاقتصادي لأي مؤسسة إنتاجية فإننا يجب أولا أن نوضح ما هي المتطلبات اللازمة لعملية الإنتاج لكي تتجح أي مؤسسة إنتاجية في إدارة أعمالها وتطويرها والوصول إلى أعلى إنتاجية وبالتالي أعلى ربح ممكن وبأقل خسائر ممكنة فإنه لا بد من توافر مجموعة من العناصر التي تؤدي إلى هذا النجاح تسمى عناصر الإنتاج والتي يمكن إجمالها فيما يلي:

1. المادة أو الخامات (Materials):

وتتمثل في المياه الخام - الشبة - الكلور - أي كيماويات أخرى تساعد في عملية الإنتاج في محطات المياه أو الصرف الصحي كما يشمل هذا البند الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل المعدات.

2. الماكينة أو المعدة (Machine):

وتشمل مجموعة المعدات والأدوات اللازمة لهذا المنتج بداية من كونه خام حتى يتم الحصول على المنتج النهائي ويمثل ذلك في محطات المياه والصرف الصحي مجموعة الطلمبات والمحركات والمحابس واللوح الكهربائية وأجهزة القياس والمباني والأحواض.

3. القوى العاملة (Man):

وتشمل المهندس والمحاسب والعامل والمشرف

4. الطريقة (Method):

وهي تشمل ما يسمى بالتكنولوجيا الإنتاجية أو تكنولوجيا الإنتاج أو التسلسل التكنولوجي لتحقيق أعلى ربح ممكن وتمثلها الأساليب المختلفة في إنتاج مياه الشرب مثل (الترشيح المباشر - الترشيح السريع - التعويم بالهواء - التهوية الطبيعية بالصرف الصحي - أحواض الترسيب الابتدائي أو النهائي -.....)

5. المواصفات (Specifications Mode):

هي المواصفة القياسية المطلوبة للمنتج النهائي أو الخامات المطلوبة لإتمام عملية الإنتاج وكذا المواصفات الخاصة بمعدات الإنتاج.

6. الإدارة والتنظيم (Management):

وهو العنصر الذي يقوم بربط جميع عناصر الإنتاج ببعضها البعض فيما يسمى بالهيكل التنظيمي الإداري.

7. السوق (Market):

ويشتمل على المشتريات الخاصة بالمعدات الخاصة بالإنتاج والخامات - التعامل مع الجمهور لبيع المنتج (المياه) ويمثله في قطاع المياه والصرف الصحي ما يسمى بخدمة العملاء.

8. النقود (Money):

يلزم وجود سيولة نقدية لتحقيق جميع عناصر الإنتاج.

9. القياسات (Measurements):

تشمل كل أدوات وأجهزة القياس لتحقيق المواصفات القياسية للمنتج النهائي.

10. الصيانة (Maintenance):

وهي المحافظة على الكفاية الإنتاجية للمعدة أو الأصل لتحقيق المواصفات المطلوبة

وبشكل عام فإنه في منظومة مياه الشرب والتي تتمثل في محطات إنتاج المياه أو الشبكات الرئيسية والفرعية أو روافع المياه فإنه يجب التركيز على مجموعة من العناصر الهامة سواء المرتبطة بعملية الإنتاج أو التشغيل أو الصيانة كما ترتبط أيضا بعملية التشغيل الاقتصادي بجودة المياه ومتابعة التقارير واتخاذ القرار المناسب بشأن عمليات التشغيل.

وفيما يخص منظومة مياه الشرب فإنه توجد مجموعة من العناصر والمكونات الفنية داخل المحطات وأيضا الشبكات تؤثر بشكل فعال في التكلفة واقتصاديات التشغيل لمنظومة مياه الشرب وسوف نتناولها فيما يلي:

1. أداء المحولات الكهربائية:

- المحول الكهربائي عبارة عن آلة أو جهاز كهربائي يستخدم لخفض أو رفع الجهد "الضغط الكهربائي" لكمية من القدرة الكهربائية في مقابل التضحية بأقل نسبة ممكنة من هذه القدرة التي يبدها المحول على هيئة مفقودات حرارية كما يحدث في كل الآلات.
- بدأت الحاجة الملحة إلى استخدام المحول عندما تركز توليد القدرة الكهربائية بكميات هائلة في محطات كبيرة وأصبح الأمر يستدعي نقل هذه القدرة إلى مواطن استخدامها مع تكبد أقل كمية ممكنة من المفقودات.
- وذلك عن طريق رفع الضغط الكهربائي إلى قيم عالية لخفض قيمة التيار الكهربائي وبالتالي خفض حجم الموصلات وخفض المفقودات الكهربائية.
- يحتوى المحول الكهربائي على دوائر كهربائية ودوائر مغناطيسية وتسري الطاقة الكهربائية في الدوائر الكهربائية بفعل تشابك الخطوط المغناطيسية بهذه الدوائر.
- لا توجد في المحول أجزاء دوارة ولذلك يعرف المحول الكهربائي بأنه آلة كهربائية استاتيكية يقوم عملها على أساس التأثير الكهرومغناطيسي (Electro Magnetic Induction).
- يتكون المحول الكهربائي أساساً من ملفين معزولين عن بعضهما عزلاً كهربائياً تماماً بحيث يكون كل منهما دائرة كهربائية مستقلة ويوصل أحدهما إلى المصدر الكهربائي المراد تحويل ضغطه ويسمى لذلك بالملف الابتدائي (Primary Winding) بينما يوصل الآخر بالحمل ويسمى بالملف الثانوي (Secondary Winding).



المحول الكهربى

ولتشغيل المحول بالشكل الأمثل في الدائرة الكهربائية يجب مراعاة الآتي:

- أ. تحميل المحول بما لا يقل عن 80% من القدرة الاسمية للمحول
- ب. الصيانة الدورية للمحول وتتلخص في (قياس عزل الملفات سنويا - قياس عزل الزيت كل 6 شهور - نظافة دورية للعوازل وجسم المحول والتخلص الدائم من الأتربة)
- ج. التهوية الجيدة للمحول لمراعاة عدم وجود الفقد في القلب الحديدي وأيضا المفاهيم النحاسية

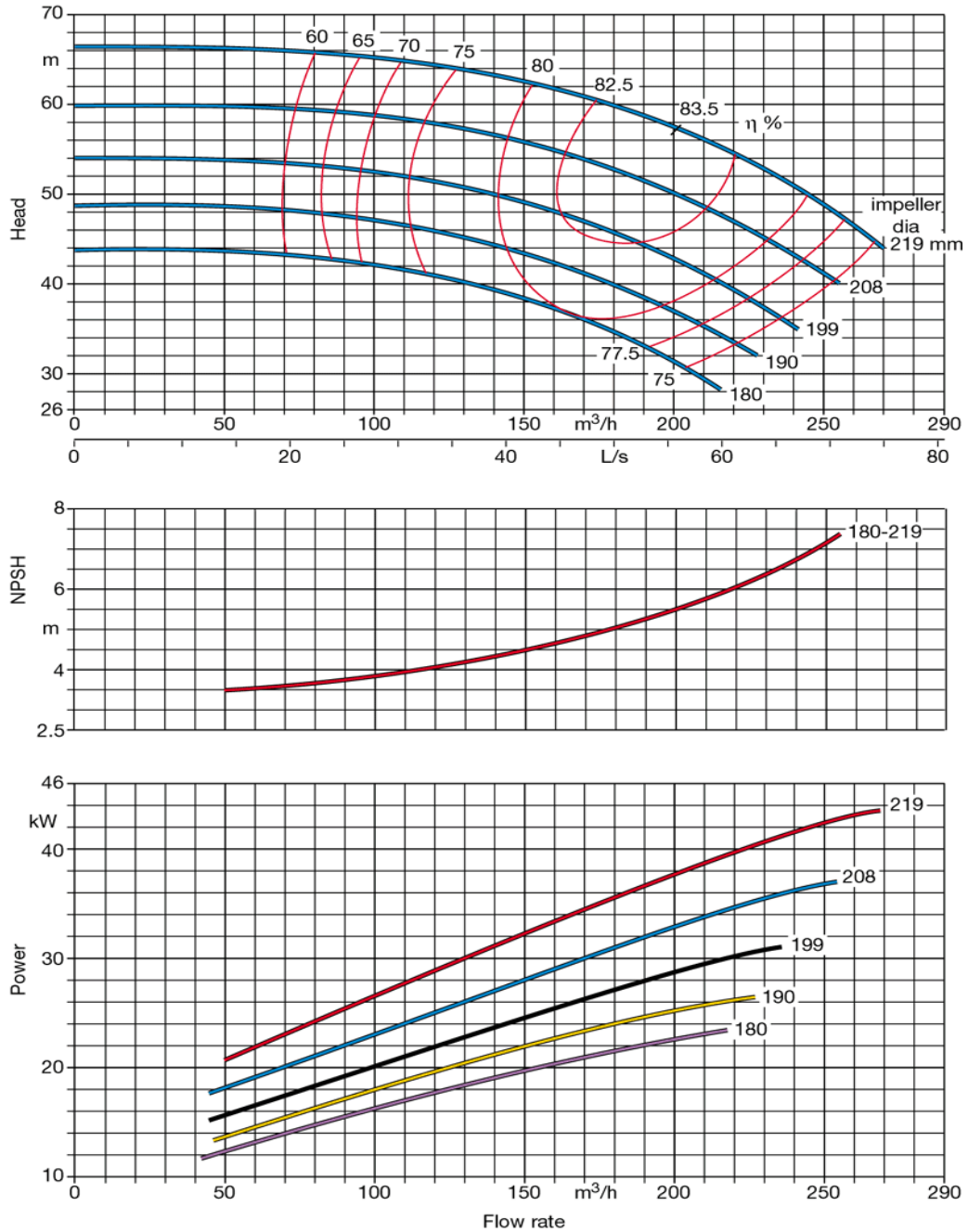
2. مناورات سحب المياه الخام من المآخذ عن طريق المضخات

لضمان التشغيل الاقتصادي الأمثل للطلزمات العكرة فإنه يتم تشغيل طلزمات المياه العكرة حسب التصرف المطلوب ويمثل ذلك كما هو في الجدول التالي على سبيل المثال:

التصرف				البيارات العكرة في الخدمة	
ل/ث		%		بيارات المياه العكرة (1,2) في الخدمة	
950-850		100		وحدة 1 + وحدة 2	
650		75		وحدة 1 + وحدة 3 + وحدة 4	
450		50			
200		25		وحدة 1 وحدة 2 وحدة 3 + وحدة 4	

والغرض من عمل هذا الجدول والذي يسمى (Standard operation procedures table) هو:

1. وضع خطة التشغيل وتحديد التصرفات المطلوبة بناء على الوحدات المتاحة.
2. عدم قيام مسئولي التشغيل بتحديد الوحدات التي يتم تشغيلها بشكل عشوائي.
3. توفير الطاقة الكهربائية المستهلكة حيث من الممكن تشغيل عدد أقل من الوحدات للحصول على نفس التصرف.
4. قبل عمل هذا الجدول يتم عمل دراسة مستوفاة واختبارات بالموقع لمنحنيات التشغيل للطلبات والتي يمثلها الشكل التالي:



حيث أن منحنيات الأداء للطلبات تتغير مع فترة تشغيلها ويجب عمل معايرة للطلبات ومنحنيات الأداء الموضحة بمعدل كل 3 سنوات على الأكثر أو عند ملاحظة أي تغيير في أداء الطلبية ومن المنحنيات السابقة يمكن تحديد النقطة المثالية للتشغيل والتي يمكن الحصول فيها على أعلى تصرف على الضغط المناسب للتشغيل مع الحصول على الكفاءة المناسبة مع التركيز على قيمة (NPSH) للطلبية وتحديد إمكانية التشغيل عند هذه النقطة بدون حدوث تكهف للطلبية ويتم حساب القدرة المستهلكة للطلبية عند هذه النقطة. ومن خلال هذه الحسابات والدراسات يتم عمل جدول (operation procedures) المشار إليه سابقاً.

ملحوظة:

القدرة الهيدروليكية المستهلكة للطلبية = التصرف (لتر/ثانية) * الضغط المانومتري (م) / 102 ك. وات

الضغط المانومتري = ضغط الطرد المقاس - ضغط السحب المقاس

3. الاختيار الاقتصادي الأمثل للظلمبات وملحقاتها

من المعروف أن تكاليف استهلاك الطاقة في محطات الضخ تعتبر أكبر جزء من التكاليف الكلية للتشغيل الممثلة في التكاليف الثابتة وتكاليف الصيانة والأجور وخلافه. حيث لا تقل أبداً عن (60 %) ستين بالمائة من إجمالي هذه التكاليف. بينما تكون التكاليف الثابتة (Fixed Cost) وهي تكاليف الإنشاء تكون في حدود (5 %) خمسة بالمائة فقط من إجمالي التكاليف خلال عمر التشغيل. من ذلك تبين أن شراء وحدة ضخ بمواصفات جيدة مهما بلغت أفضل من شراء وحدة ذات كفاءة أقل ولو كان ثمنها منخفض لأن عمر التشغيل قد يصل إلى ثلاثين عاماً ولو فرض أن كان ثمن شراء وحدة ضخ (100) مائة ألف جنيه وكانت القدرة الكهربائية اللازمة لتشغيلها هي خمسة وأربعين كيلووات وبفرض أن هناك وحدة أخرى ثمن شرائها (60) ألف جنيه وتستهلك قدرة مقدارها (48) ثمانية وأربعين كيلووات وكان عمر التشغيل هو خمسة وعشرين عاماً، فإن الزيادة في تكاليف التشغيل للوحدة الثانية الناشئة عن استهلاك الكهرباء تربو على (مائة) ألف جنيه. أي أن زيادة القدرة بمقدار ثلاثة كيلووات فقط يؤدي إلى هذه الخسارة. من ذلك يجب النظر بعين الاعتبار إلى تكاليف التشغيل وخاصة الطاقة المستهلكة.

وقد ذكر ببعض المصادر العلمية أن (20 %) عشرين بالمائة من الطاقة المستهلكة على مستوى العالم تكون من نصيب محطات الضخ (أو المضخات) لذا قد يكون من الأهمية أن يراعى هذا المدلول الاقتصادي.

طرق الحد من استهلاك الطاقة

هناك عوامل كثيرة تؤثر في زيادة المستهلك من الطاقة وتجعل أحيانا من الصعوبة الوصول بقيم المستهلك إلى المعدل المطلوب الوصول إليه ويرجع ذلك إلى أن أعمال التركيبات مثلاً ربما لا يكون في الاستطاعة إعادة تأهيلها أو إصلاحها. لذا من الهام جداً التفكير في إنشاء نظام ضخ مع مراعاة الأصول الفنية والمعايير التصميمية والالتزام بالأخذ بها لتدارك تبعات ما قد يكون من حيود عن تلك الأصول.

ولتلافي أي عيوب ينتج عنها زيادة فيما هو مستهلك من طاقة أو بمعنى آخر زيادة الفاقد يجب أن يكون هناك تدقيق في بعض الأمور المتعلقة بالمراحل الآتية:

1. مرحلة المفاضلة بين البدائل (مضخة - محرك).

2. مرحلة التصميمات الخاصة بالتركيبات.

3. مرحلة التشغيل.

4. مرحلة إجراء الصيانات والإصلاح.

وسوف نتناول هذه المراحل بشيء من التفصيل والإيضاح الموجز بما يتناسب مع الهدف من عرض هذا الموضوع.

أولاً- المفاضلة بين البدائل

هناك بعض العوامل التي يجب أن تتم المفاضلة علي أساسها منها:

أ. من حيث عدد الوحدات

عند التفكير في إنشاء نظام ضخ فلابد من تحديد عناصر هذا النظام من حيث السعة (capacity) وتعنى بها كم من الأمتار المكعبة في الساعة مطلوب ضخها أو أحياناً يعبر عنها بما يعرف بالتصرف بوحدة اللتر/ ثانية (l / s) وأيضاً من حيث الرفع الكلى أو الضغط الذي يحقق المستهدف من عملية الضخ ويقاس بالمتر المائي أو بوحدة البار (Bar) وهو يعادل وزن عمود مائي ارتفاعه عشرة أمتار.

وأي نظام ضخ لابد أن يشتمل على وحدات احتياطي (Stand by) من ذلك تتركز بدائل اختيار سعة أو تصرف وحدات الضخ المختارة ففي الأنظمة الصغيرة السعة تكون هناك وحدة ضخ (مضخة / محرك) وأخرى كاحتياطي تعمل في حال توقف أو تعطل الوحدة الأولى.

أما في الأنظمة الكبيرة السعة فإن اختيار عدد كبير من وحدات الضخ ذو السعة الصغيرة يؤدي إلى زيادة الفاقد في الطاقة وزيادة تكاليف التشغيل تبعاً ولكن بصفة عامة لا يجب في هذه الأنشطة استخدام وحدة ضخ واحدة لحمل قاعدة (Base load) والذي يعرف بأنه الحمل الذي تعمل عنده المحطة بصفة مستمرة أي (24) ساعة في اليوم.

مثال تطبيقي على ما سبق

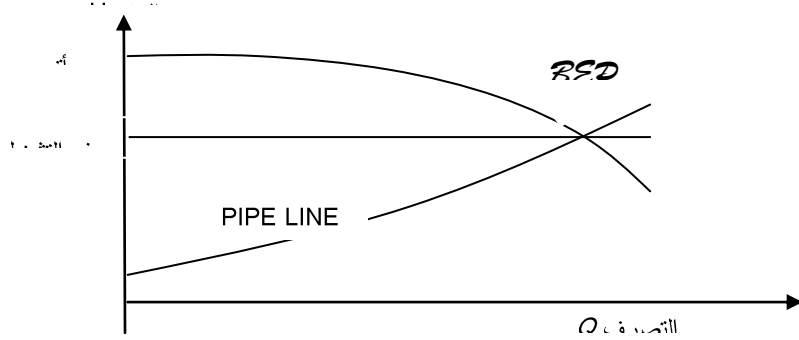
- محطات المياه النقالي وهي محطات صغيرة السعة تكفي استهلاك سكان قرية (حوالي 25 لتر / ثانية)، توجد بها وحدتين لضخ المياه المرشحة أحدهما أساسية والأخرى احتياطي.
- محطات مياه الشرب الكبيرة (سعة 400 لتر/ ثانية)، عادة تتركب ثلاث وحدات سعة الواحدة (200) لتر/ ثانية، بحيث تكون اثنتين منها في حالة عمل وواحدة احتياطي. وهذا أنسب إختيار حيث أن زيادة العدد عن ذلك يؤدي إلى زيادة تكاليف التشغيل وإذا رؤى تركيب وحدتين فقط سعة الواحدة (400) لتر / ثانية.
- فهنا يكون هناك أحد أمرين الأول الخطورة من احتمال تعطل وحدة من الوحدتين فيكون وضع التشغيل خطر والثاني أن تكلفة الوضع الاحتياطي تعادل (100%) من وضع التشغيل العادي عكس الحالة التي تتركب فيها ثلاث وحدات.

ب. من حيث المضخات

إنه من الأهمية معرفة كيفية اختيار المضخة على أساس أهم عنصرين هيدروليكيًا وهما التصرف (Capacity) والرفع (Head) ولكن أي تصرف؟ إنه التصرف التصميمي الذي ستعمل عليه المضخة أما الرفع فهو الرفع الكلى المتمثل في قيمة الرفع في خط السحب والرفع

المسلم الذي يقاس بجهاز المانومتر (Bordon tube) مضاف إليه الفاقد في الضغط الناشئ عن الاحتكاك بالخطوط.

وفي كثير من الأحيان يحدث عدم وضوح للرؤية من حيث اختيار المضخة المناسبة اعتماداً علي الضغط خاصة وأن هناك فرق بين أقصى ضغط للمضخة وضغط التشغيل وتوصي المواصفات أن يكون ضغط تشغيل المضخة في حدود (80 - 90 %) من أقصى ضغط للمضخة وذلك للعمل في إطار اقتصادي لا تزيد معه تكاليف الطاقة المستهلكة. انظر شكل رقم (1).



شكل رقم (1)

كما يجب معرفة أنه ليس من فائدة ترتجي من زيادة الفرق بين ضغط التشغيل وأقصى ضغط بل العكس. وقد يكون من المفيد معرفة أن هناك عاملاً يرمز له بالرمز (Y) وهو يسمى بشغل التسليم النوعي (Specific delivery work) ويقاس بوحدة الجول لكل كجم (J/kg) وإذا قسم على عجلة الجاذبية (9.8 م / ث) يعطى أقصى رفع (عند انعدام التصريف) بالمتر.

ج. من حيث اختيار المحرك

يتوقف اختيار المحرك سواء كان يعمل بالطاقة الكهربائية أو الاحتراق الداخلي على الحمل المعرض له فلا يجب أن تكون قدرته صغيرة بالقدر الذي يؤدي إلى احتراقه أو حدوث خلل به يؤثر على سلامة أدائه أو أن يكون ذو قدرة كبيرة (وبالتالي حجمه يكون كبيراً) يستهلك طاقة كبيرة في مقاومة القصور الذاتي الناشئ عن كبر حجم مكوناته المتحركة بالإضافة إلى زيادة الاحتكاك الناشئ بين الأجزاء الدوارة والثابتة فيه ويقصد بها كراسي المحور.

وفي مجال ضخ المياه لا توجد علاقة ثابتة يمكن الاستناد إليها في تحديد قيمة القدرة اللازمة لتشغيل مضخة فمثلاً هناك أنواع متعددة من المضخات كل منها ذو كفاءة ميكانيكية أو هيدروليكية تختلف عن الأخرى وبصفة عامة ومن خلال بعض المعايير وجد أن قدرة المحرك الذي يعمل على مضخة طاردة مركزية ذات سريان قطري مستوي السحب أسفل وهي النوع الشائع الاستخدام يمكن حسابه من العلاقة التالية:

$$P_{\text{motor}} = 20 Q H \quad \text{Kw}$$

Where

$$m^3 / \text{sec} \text{ in } Q$$

$$H \text{ in m}$$

• مثال:

مضخة بسعة إسمية (200) لتر / ثانية - رفع (60) متر احسب قدرة المحرك القائم على تشغيلها.

• الحل

$$P_{\text{motor}} = 20 Q H \quad \text{Kw}$$

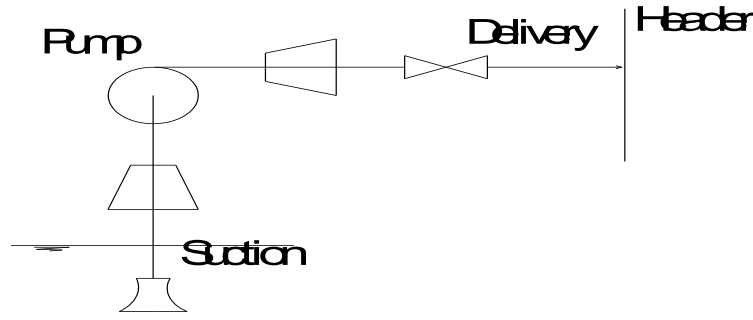
$$= 20 (0.2) (60)$$

$$= 240 \text{ Kw}$$

وتجدر الإشارة إلى أن هناك أنواع من المضخات الأعلى كفاءة مثل المضخات ذات السريان المحوري أو المختلط يكون محركها أصغر في القدرة عما هو مقدر بالعلاقة السابقة كما أن كل شركة منتجة للمضخات ذات مسئولية وسمعة جيدة تحدد القدرة اللازمة الخاصة بتشغيل المضخة وهي تختلف من شركة لأخرى لذات السعة والرفع. لذا عند المفاضلة بين مضخات مختلفة المصدر (لها نفس التصرف والرفع) يجب اختيار المضخة الأقل في القدرة حتي لو ارتفع سعرها لأن فرق استهلاك الطاقة هو العامل الأهم وليس فرق السعر. وعلي ما تقدم يجب أن يكون المحرك ذو قدرة مناسبة للمضخة.

ثانياً التصميمات الخاصة بالتركيبات

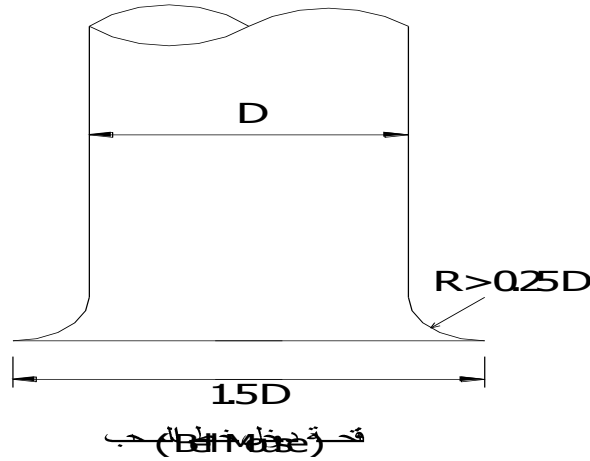
تعتبر مرحلة التصميمات من أهم المراحل التنفيذية الخاصة بمحطات الرفع ومن الواجب أن يصمم كل جزء حسب المعايير الفنية الصحيحة حتي يكون الفاقد بجميع أنواعه أقل ما يمكن وبالتالي يكون استهلاك الطاقة عند الحدود الاقتصادية وبالنظر إلي الشكل رقم (2) والذي يمثل مضخة مركبة علي مستوي أعلي من مستوي السحب ويلاحظ وجوب تركيب التجهيزات التالية علي خطي السحب والطرد:



شكل رقم (2)

خط السحب (SUCTION PIPE)

1. فتحة دخول علي هيئة فوهة جرس (BELL MOUTH) وأن تكون أبعادها كما في الشكل (3)



شكل رقم (3)

ويلاحظ أن فتحة دخول خط السحب يصل قطرها إلي (1.5) قطر الخط علي أن يكون نصف قطر دوران فتحة الجرس أكبر من (0.25) من قطر الخط.
خط السحب يجب أن يكون بقطر بحيث لا تزيد سرعة السريان فيه عن (2) متر/ ثانيه. ويمكن حساب القطر (بالبوصة) بمعلومية التصريف (باللتر / ثانية) من العلاقة التالية:
القطر (بالبوصة) = $\frac{\text{التصريف (التر / ثانية)}}{100}$.

• مثال 1:

احسب قطر سحب مضخة إذا كانت السعة الخاصة بها هي 100 لتر / ثانية

• الحل

$$\text{القطر} = \frac{100}{100} \text{ (التر / ثانية)}.$$

$$10 = \text{بوصة}$$

• مثال 2:

احسب قطر سحب مضخة إذا كانت سعتها 150 لتر/ ثانية.

• الحل

$$\text{القطر} = 150 \left(\frac{\text{لتر}}{\text{ثانية}} \right)$$

$$12.24 = \text{بوصة}$$

$$12 \approx \text{بوصة}$$

3. مسلوب السحب (NOZZLE)

تلاحظ في بعض الأحيان عدم تركيب مسلوب أمام فتحة سحب المضخة وهذا خطأ يزيد من الفاقد الذي يتحول إلي زيادة في معدل استهلاك الطاقة فمن المفترض أن يكون قطر خط السحب أكبر من فتحة المضخة وإذا لم يكن الوضع كذلك فإن خط السحب غير مطابق للمعايير الفنية الصحيحة.

وفائدة المسلوب أنه يعمل علي تسارع المائع أو السائل عند دخوله لفتحة المروحة الخاصة بالمضخة (IMPELLER) فلا يحدث تغير فجائي في سرعة السائل وبالتالي لا تحدث مفاقيد ناتجة من الاضطراب وهو ما يعرف بوجود إجهادات قص (SHEAR STRESS) تؤدي إلي فقد في الطاقة ويجب أن يكون المسلوب بمواصفات خاصة فلا يجب أن تزيد زاوية رأس المسلوب (CONE ANGLE) عن (10°) عشر درجات حتي لا يتسبب في إعاقه السريان ويشكل نقطة فاقد.

وهناك معيار آخر لمواصفات المسلوب وهو طوله الذي يحدد بالعلاقة:

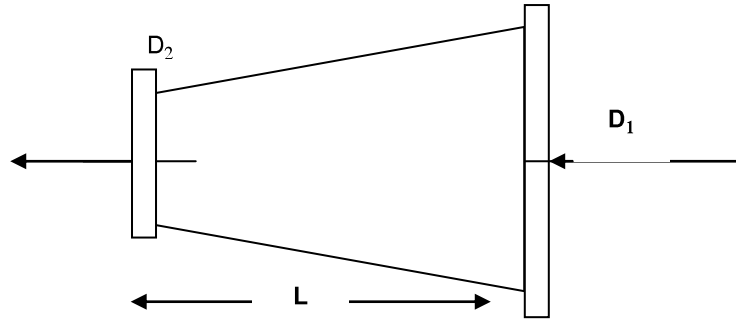
$$L > 5 (D_1 - D_2)$$

وحري أن تذكر في حال ما إذا كانت المضخة في مستوي أعلي من مستوي السحب فإن شكل المسلوب يختلف عما إذا كانت المضخة أسفل السحب ففي الحالة الأولي يكون المسلوب متماثلاً حول محوره شكل رقم (4 - أ) أما في الحالة الثانية يكون الراسم العلوي مستو شكل رقم (4 - ب) حتي لا تتكون جيوب هواء بخط السحب تؤدي إلي مشاكل هيدروليكية تؤثر علي كفاءة الضخ أو التكاليف الممثلة في زيادة المستهلك من طاقة.

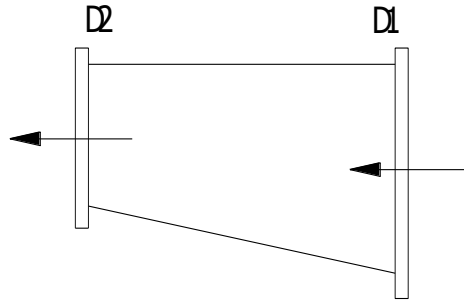
4. مسلوب الطرد (DIFFUSER)

كما ذكر آنفاً من وجوب أن تكون زاوية رأس المسلوب لا تزيد عن (510) درجات لأنه في حال زيادتها يحدث انفصال (SEPARATION) للسائل عن جدران المسلوب الذي يمثل دليلاً له وتتولد دوامات تؤدي إلى ضياع جزء من الطاقة. وتجدر الإشارة إلى أن مسلوب الطرد يكون دائماً متماثلاً حول محوره - شكل رقم (4 - أ).

ويتصف مسلوب خط الطرد بكون قطرة الأصغر مركباً على طرد المضخة وبزيادة القطر تقل سرعة السريان ومن ثم تتحول طاقة الحركة إلى طاقة ضغط (زيادة الضغط الإستاتيكي) وهذا يقلل فاقد الاحتكاك أي يقلل الطاقة المستهلكة لضخ وحدة الحجم.



شكل رقم (4 - أ)



شكل رقم (4 - ب)

5. خط الطرد (DELIVERY PIPE)

نتيجة لضرورة تركيب مسلوب على خط الطرد للأسباب الموضحة سابقاً فإن خط الطرد يجب أن يكون بقطر أكبر من قطر فتحة طرد المضخة حيث أن المعايير التصميمية تحدد أقصى سرعة للسريان بـ (3) ثلاثة أمتار/ ثانية ومن الواجب ألا يكون خط الطرد طويلاً خاصة إذا كان هناك خط طرد رئيسي (Header) تصب فيه مجموعة من وحدات الضخ. أما إذا لم يكن هناك خط رئيسي فيراعي ألا تزيد السرعة عن (1.5) متر/ ثانية.

6. خط الطرد العمومي (HEADER)

إذا كان هناك مجموعة من المضخات المركبة علي التوازي كما هو معتاد في محطات مياه الشرب وكذا الصرف الصحي فإن خط الطرد يجب ألا تزيد سرعة السريان به عن (1.5) متر / ثانية ويفضل أن تكون (1) واحد متر/ ثانية فقط.

7. مصافي خط السحب (STRAINER)

إذا كانت المضخة تعمل علي مياه تحتوي علي عوالق ومن المحتمل دخول تلك العوالق إلي المضخة وإحداث مشاكل فلا بد من تركيب مصافي علي فتحة السحب. وبتراكم العوالق علي هذه المصافي قد ينشأ هبوط بالضغط بخط السحب مرجعه عدم كفاية فتحات السحب لإمرار المياه بالقدر المتوافق مع سعة المضخة.

ويلاحظ أن يكون متوسط سرعة انسياب السائل من فتحات المصافي صغيرا قدر الإمكان ويفضل ألا تزيد عن (0.6) متر/ ثانية حيث أن زيادة السرعة تعني زيادة الفاقد في الطاقة.

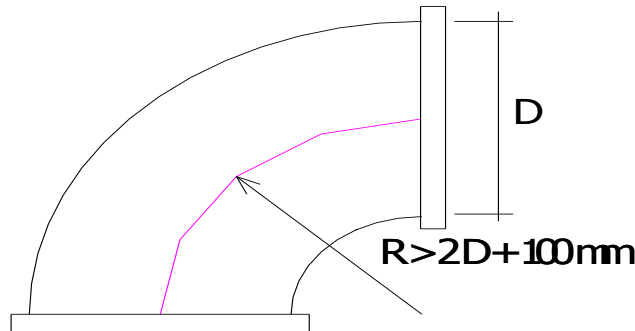
8. الأكواع (ELBOWS)

من أهم الأجزاء التي يتوقف عليها الهبوط في الضغط وبالتالي زيادة الفاقد من الطاقة هي الأكواع حيث يفضل أن تكون مصنعة بالسحب لكي لا تحدث اضطراب بالسائل المار خلالها ولكن في أغلب الأحيان تصنع الأكواع من المواسير حيث تصنع من قطع تجمع باللحام لتشكيل الكوع المطلوب.

ويتوقف كفاءة الكوع علي نصف قطر دورانه فكلما زاد نصف قطر الدوران زادت كفاءته والعكس بالعكس والمواصفات الألمانية تحدد نصف القطر بالعلاقة التالية:

$$R > 2D + 100 \text{ mm}$$

وهذا الكوع له ميزات - متعددة شكل رقم (5)

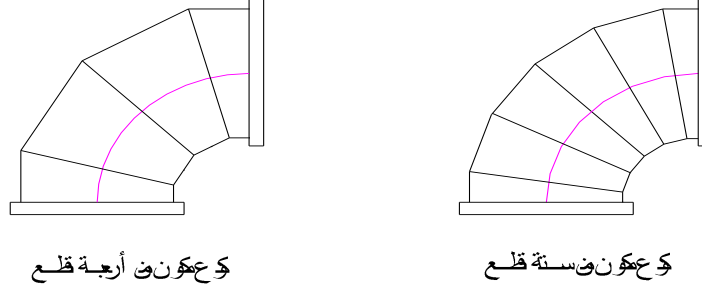


شكل رقم (5)

أما المواصفات المعمول بها في مصر فهي تحدد نصف القطر بالعلاقة:

$$R = D$$

وفي حال تصنيع كوع (90°) من قطع مواسير فإن عددها لا يجب أن يقل عن ستة حتي لا تكون هناك زوايا تؤثر علي الانسياب لكن من المعتاد أن تصنع الأكواع من أربع قطع فقط شكل رقم (6) وهذا عرف مبني علي خطأ له تبعات غير مطلوبة خاصة بزيادة تكاليف التشغيل.



شكل رقم (6)

9. مستوي تركيب المضخات (Pumps Level)

هناك مستوي أو منسوب يجب أن تتركب عليه المضخات بالنسبة لمستوي المياه في بئارة السحب ودون الدخول في تعقيدات من الحسابات يجب أن لا يزيد أبدا عن (5) خمسة أمتار في أي حالة من حالات التشغيل وذلك لأن كفاءة الضخ تقل بدرجة كبيرة إذا ما وصل المنسوب الي هذا القدر ، ويفضل أن يكون الفرق في حدود (3) ثلاثة أمتار.

ومن المعروف أن زيادة التفريغ بخط السحب يؤدي الي زيادة تكلفة الضخ.

10. تصميم الخطوط الناقلة

قد لا يتخيل أحد منا أن الطاقة الكهربائية من الممكن أن تضيع في الخطوط الناقلة ولكن في الواقع فإن الأنظمة الهيدروليكية بمكوناتها المختلفة عبارة عن مواضع من الممكن أن تكون بؤرة للفاقد مثل الخطوط والمساليب والتفريعات والمحابس بأنواعها والأكواع وغيرها.

وللتدليل علي ذلك نورد المثال التالي:

احسب قيمة الطاقة المفقودة في خط مياه ناقل مقارنة بخط آخر له نفس القطر (300) مم ونفس مادة الصنع (0.02 معامل احتكاك) ونفس الطول (500) متر وتختلف سرعة السريان به حيث أن سرعة السريان بالخط الأول (0.8) متر / ثانية، بينما السرعة بالخط الثاني (3) متر / ثانية. إذا علم أن كمية المياه المنقولة (100) ألف متر مكعب.

الحل:

من المعروف أن المياه أثناء السريان داخل الخطوط تحدث احتكاكا مع جدران تلك الخطوط مما يعاكس حركة السائل ، إن اختلاف السرعة من نقطة إلى أخرى بالنسبة إلى المسافة من الجدار إلى محور حيث أن السرعة عند الجدار منعدمة بينما عند المحور أكبر ما يمكن وهذا ينتج ما يعرف بإجهادات القص (Shear Stress) التي تظهر كفاقد ضغط وبالتالي ضياع جزء من الطاقة من جراء هذا الفاقد

وهناك العديد من العلاقات الهندسية التي يمكن بها حساب الفاقد منها معادلة "دارسي" - Darcy - والتي تأخذ الشكل التالي:

$$H_L = f L V^2 / 2Dg \quad m$$

وهذه العلاقة يمكن وضعها كما يلي:

$$\text{الهبوط في الخط } (H_L) = \frac{2 \times \text{قطر الخط } (D) \times \text{عجلة الجاذبية } (g)}{\text{معامل احتكاك الخط } (f) \times \text{طول الخط } (L) \times \text{مربع السرعة } (V^2)} \quad \text{متر}$$

وكما ذكر بالمثال فإن كل العوامل ثابتة وعلي ذلك بالتعويض في كلتا الحالتين نجد أن:

الحالة الأولى

$$\text{الهبوط في الخط } (H_{L1}) = \frac{9.8 \times 0.30 \times 2}{0.8 \times 0.8 \times 500 \times 0.02} \quad \text{متر}$$

$$1.1 = \quad \text{متر}$$

الحالة الثانية

$$\text{الهبوط في الخط } (H_{L2}) = \frac{3 \times 3 \times 500 \times 0.02}{9.8 \times 0.30 \times 2} \quad \text{متر}$$

$$15.3 =$$

فإذا علم أن القدرة اللازمة لتعويض الهبوط تقدر الناشئ عن إجهادات القص (Shear Stress) بالعلاقة الهندسية التالية:

$$\begin{aligned} P &= 15 Q H \quad \text{kw} \\ &= 15 (A) (V) (H) \quad \text{kw} \\ &= 15\pi R^2 V H \quad \text{kw} \end{aligned}$$

القدرة اللازمة لمقاومة الاحتكاك

الحالة الأولى

$$P_1 = 15 \pi R^2 V H_1 \quad \text{kw}$$

$$= 15 (3.14) (0.15)^2 (0.8) (1.1) \quad \text{Kw}$$

$$= 0.933 \quad \text{kw}$$

$$\bullet \text{ الطاقة خلال يوم} = 24 \times 0.933 = 22.4 \text{ كيلو واط ساعة.}$$

$$\bullet \text{ كمية المياه المنقولة في يوم} = \text{مساحة مقطع المواسير} \times \text{السرعة} \times \text{الزمن}$$

$$24 \times 3600 \times 0.8 \times (0.15)^2 \times 3.14 =$$

$$4883 = \text{متر}^3 / \text{يوم}$$

$$\bullet \text{ الطاقة اللازمة لكل متر}^3 = 4883 / 22.4 = 0.004587 \text{ كيلوات ساعة}$$

الحالة الثانية

$$P_2 = 15 \pi R^2 V H_2 \quad \text{kw}$$

$$= 15 (3.14) (0.15)^2 (0.8) (15.3)$$

$$= 12.98 \quad \text{kw}$$

$$\bullet \text{ الطاقة خلال يوم} = 24 \times 12.98 = 311.52 \text{ كيلو واط ساعة}$$

$$\bullet \text{ كمية المياه المنقولة في يوم} = \text{مساحة مقطع المواسير} \times \text{السرعة} \times \text{الزمن}$$

$$24 \times 3600 \times 3 \times (0.15)^2 \times 3.14 =$$

$$18312 = \text{متر}^3 / \text{يوم}$$

$$\bullet \text{ الطاقة اللازمة لكل متر}^3 = 18312 / 311.52 = 0.017 \text{ كيلوات ساعة}$$

$$\bullet \text{ الفرق في الطاقة بين الحالتين لكل متر مكعب} = 0.017 - 0.004587$$

$$= 0.012413 \text{ كيلوات ساعة}$$

$$\bullet \text{ الطاقة المفقودة لكل (100) ألف متر}^3 = 100000 \times 0.012413 =$$

$$1241.3 \text{ كيلوات ساعة}$$

$$\bullet \text{ وإذا كان ذلك الخط ينقل في المتوسط (50) ألف متر}^3 / \text{يوم وأنه يعمل لمدة (40) سنة}$$

$$\text{فإن الطاقة المفقودة خلال عمر التشغيل}$$

$$= 0.012413 \times 40 \times 365 \times 50000 =$$

$$= 9061490 \text{ كيلوات ساعة}$$

• القيمة المادية للطاقة = 0.1535×9061490

= 1390939 جنيه

وهذا يمثل أموال مهدرة نتيجة تصميمات خاطئة أدت الي زيادة المستهلك من الطاقة لما يقرب من تسعة ملايين كيلو وات تعادل ما يزيد عن عشرة أضعاف قيمة إنشاء الخط.

ثالثا مرحلة التشغيل

تلاحظ من خلال متابعة أعمال تشغيل محطات الضخ أن القائمين عليها لا يولون أي اهتمام بالالتزام بقواعد التشغيل الصحيحة إما لعدم الدراية بأهميتها أو لأسباب تتعلق بالتغافل أو الإهمال.

إن عملية التشغيل عملية تصب فيما يندرج تحت الأطر الاقتصادية وقد ذكر سابقاً أن استهلاك الطاقة يمثل (60%) من التكاليف الكلية لوحدة الضخ، وتقليل هذا الجانب يؤدي إلي إنتاج سلعة بسعر يحقق هدف استعادة التكلفة أولاً ثم الربح ثانياً وقد يكون من المفيد أن نذكر ما يلي:

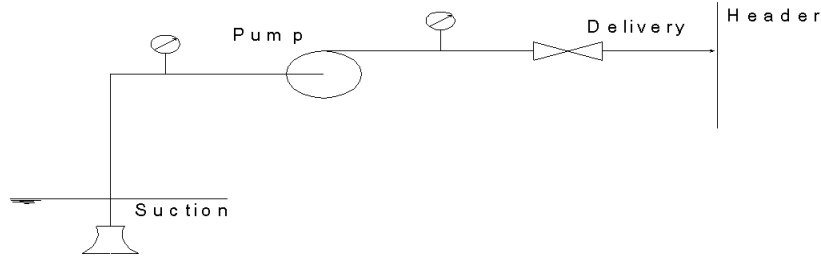
نقطة تشغيل وحدة الضخ (BEP):

تتحدد المواصفات الأولية لوحدة الضخ في التصريف أو السعة (لتر/ ثانية) والرفع الكلي (متر) وهذان العاملان يكتبان علي لوحة البيانات الخاصة بالمضخة وهما يعنيان أن تلك المعدة تكون عند أعلي كفاءة لها إذا كان تصرفها ورفعها هما نفس التصريف والرفع المدون علي اللوحة. أما الكفاءة من الوجهة الاقتصادية فهي تعني أن تكلفة ضخ وحدة الحجم (المتر المكعب) تكون عند حدها الأدنى. ولو كانت المضخة تعمل بتصريف أعلي أو أقل من القيمة المحددة علي اللوحة (القيمة التصميمية) - نقطة التشغيل "Best Efficiency Point" - فإن التكلفة تزيد حيث أن الكفاءة تقل مع هذه الحالة. ولكن ما هو سبب تدني الكفاءة إذا كانت وحدة الضخ تعمل بعيداً عن نقطة التشغيل التصميمية؟.

وللإجابة علي هذا السؤال لابد من فهم أن السريان أو انسياب السائل داخل مروحة المضخة يكون مماسياً للريش عند نقطة التشغيل التصميمية وتكون زوايا الريشة مصممة علي هذا الأساس، فإذا ما عملت المضخة علي نقطة تخالف ذلك فإن زاوية دخول السائل إلي المروحة تختلف عن الاتجاه المماسي للريش، وبالتالي يحدث تصادم للسائل مع الريش وهذا من شأنه نشوء اضطراب وتشتت للطاقة مما يمثل فاقدًا تقل معه كفاءة الضخ وتزيد قيمة التكاليف.

وعلي ذلك يجب الالتزام التام بنقاط التشغيل التصميمي للمضخات.

ولضبط عمل المضخة يركب علي كل من فتحتي سحبها وطردها جهاز قياس الضغط كما في الشكل رقم (7).



شكل رقم (7)

فعند تشغيل المضخة يجب أن يكون المجموع القياسي لضغطي السحب والطرْد مساوياً للضغط الكلي للمضخة.

• مثال 1:

مضخة تصرفها (200) لتر / ثانية ورفعها (60) متراً. كيف يمكن تشغيلها علي نقطة التشغيل التصميمية ؟ علماً بأن مستوي سحب المياه أقل من مستوي مروحة المضخة.

• الإجابة

- تحضر المضخة ومحبس الطرد مغلقاً
- تشغل الوحدة عن طريق إيصال القدرة (كهربية / ديزل) إليها.
- يفتح محبس الطرد ببطيء إلي أن يصبح المجموع القياسي للضغوط (قراءة مانومترا السحب والطرْد) مساوياً (60) متراً في هذه الحالة تكون المضخة عند نقطة التشغيل التصميمية.
- فإذا فرض أن ضغط السحب (- 3) متر وضغط الطرد (57) متر فإن الجمع القياسي لها (60) متراً. وبالمثل (- 4) متر، (56) متر أو (- 1) متر، (59) متر.. وهكذا.

• مثال 2:

مضخة تصرفها (150) لتر / ثانية ورفعها (35) متراً. كيف يمكن تشغيلها علي نقطة التشغيل التصميمية ؟ علماً بأن مستوي سحب المياه أعلي من مستوي مروحة المضخة

• الإجابة

- تشغل الوحدة عن طريق إيصال القدرة (كهربية / ديزل) إليها.
- يفتح محبس الطرد ببطيء إلي أن يصبح الفرق بين ضغطي الطرد والسحب (قراءة مانومترا السحب والطرْد) مساوياً (35) متراً في هذه الحالة تكون المضخة عند نقطة التشغيل التصميمية.

- فإذا فرض أن ضغط السحب (2) متر وضغط الطرد (37) متر فإن الفرق في الضغط (35) متراً. وبالمثل (4) متر، (39) متر أو (5) متر، (40) متر. وهكذا

حالة السحب

عندما تكون وحدة الضخ تعمل علي مياه بها عوالق كأن يكون مصدرها الترع أو بيارات تجميع مياه صرف صحي فلا بد من مراقبة حالة السحب. ويقصد بها ضغوط السحب، حيث أنه إذا حدث انسداد بمدخل خط السحب (المصافي / المحابس) ينشأ زيادة في ضغط التفريغ (ضغط السحب) خاصة إذا كان مستوي السائل أدني من المضخة إلي أن يصل إلي قيمة تتعدي قيمة ما يعرف بـ (NPSH) الخاص بالمضخة فيقل تصرفها وتولد اهتزازات بها ويزداد معدل تآكل أجزائها الداخلية. فتقل الكفاءة

وعلي ذلك يجب مداومة مراجعة ضغط السحب وضبطه عند الحدود التي يجب أن يكون عليها بمتابعة إزالة أي انسدادات بخطوط السحب. وتجدر الإشارة إلي ضرورة إنشاء نظام لإزالة أي انسداد وخاصة بمحطات رفع الصرف الصحي.

4. مصروفات وتكاليف الصيانة

أ. تعريفات فنية خاصة بالصيانة

- الصيانة: هي المحافظة على الكفاءة الإنتاجية للمعدة
- الإصلاح: هي إرجاع الكفاءة الإنتاجية للمعدة لما كانت عليه
- التحسينات: هي محاولة زيادة الكفاءة الإنتاجية للمعدة

ب. التعريفات المالية الخاصة بالصيانة

- إحلال واستبدال المعدات
- الإهلاك: هو نقصان في قيمة الأصل نتيجة للاستعمال العادي

قيمة الأصل هي القيمة النقدية التي يدفعها مالك الأصل

- التقادم: هو انخفاض فجائي في قيمة المعدات كنتيجة لمجموعة من العوامل لم تكن في الحسبان مثل القرارات الحكومية

- العمر الاقتصادي: هو الفترة الزمنية التي تعمل فيها الآلة بطريقة اقتصادية

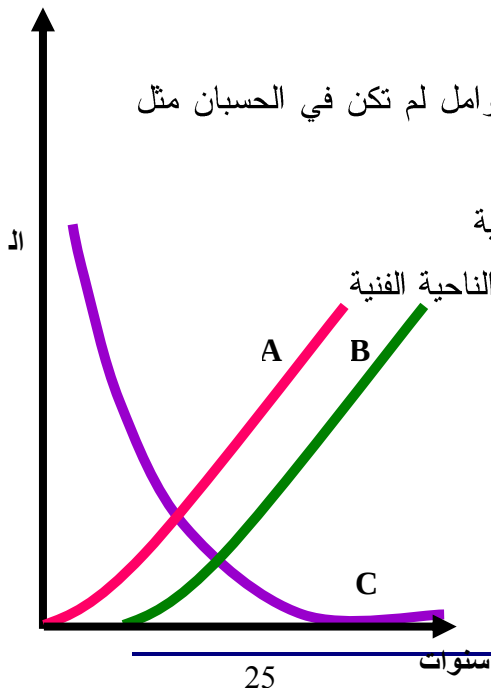
- العمر الفني: هو الفترة الزمنية التي تكون فيها المعدة صالحة للعمل من الناحية الفنية

ويلاحظ أن العمر الاقتصادي أقل دائماً من العمر الفني

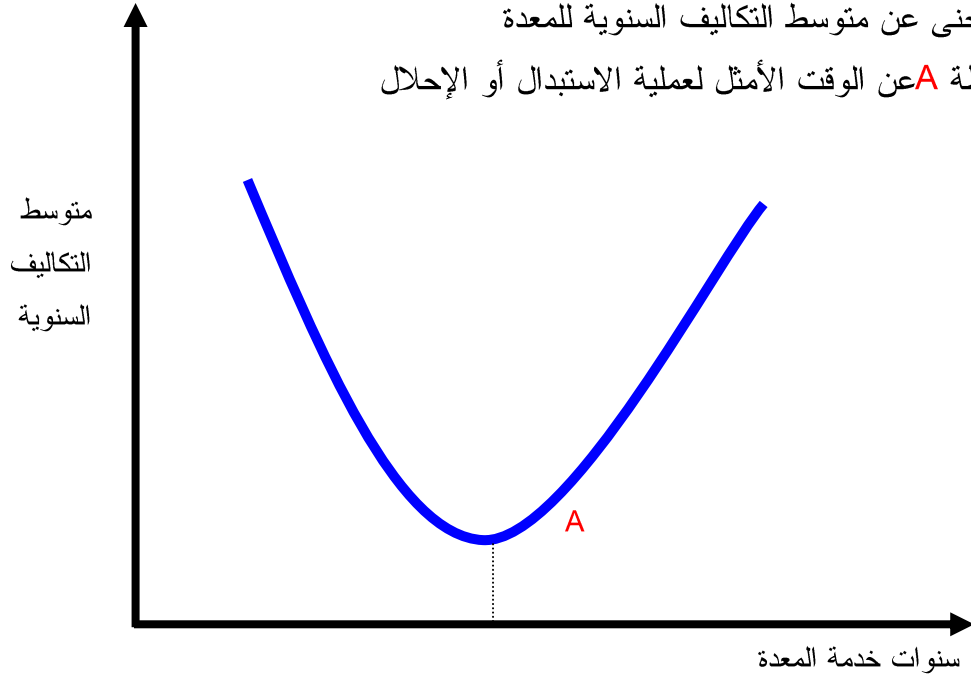
- التضخم: هو زيادة سعر الماكينة خردة من سعر الأصل للمعدة

■ يوضح الشكل التالي التكاليف المنصرفة على المعدة

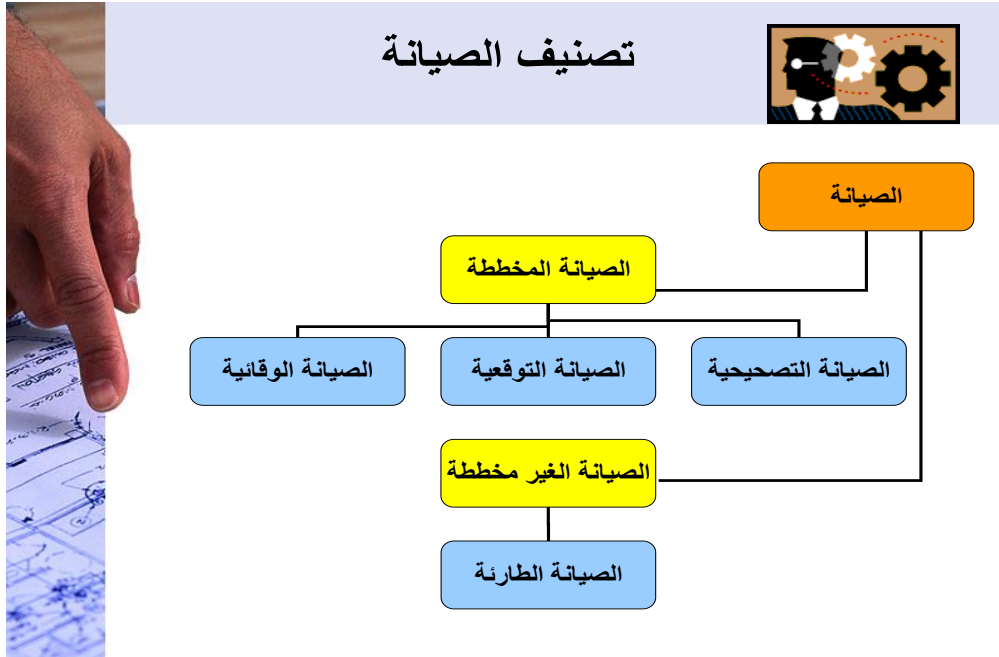
■ يعبر المنحنى A عن تكاليف تشغيل المعدة



- يعبر المنحنى B عن تكاليف الصيانة والإصلاح للمعدة
- يعبر المنحنى C عن قيمة المعدة
- يوضح الشكل التالي الوقت الأمثل لعملية الإحلال والاستبدال
- يعبر المنحنى عن متوسط التكاليف السنوية للمعدة
- تعبر النقطة A عن الوقت الأمثل لعملية الاستبدال أو الإحلال



ج. أنواع الصيانة:



1. صيانة وقائية

- صيانة روتينية
- عمليات فحص وتفتيش دوري
- صيانة روتينية تتم قبل البدء في العمل

2. صيانة إصلاحية

3. الصيانة الحديثة باستخدام الاهتزازات (الصيانة التوقعية) والتي تعتبر جزء من أجزاء الصيانة

الوقائية

الصيانة الوقائية:

ويقصد بها اتخاذ الإجراءات اللازمة لمنع حدوث الأعطال

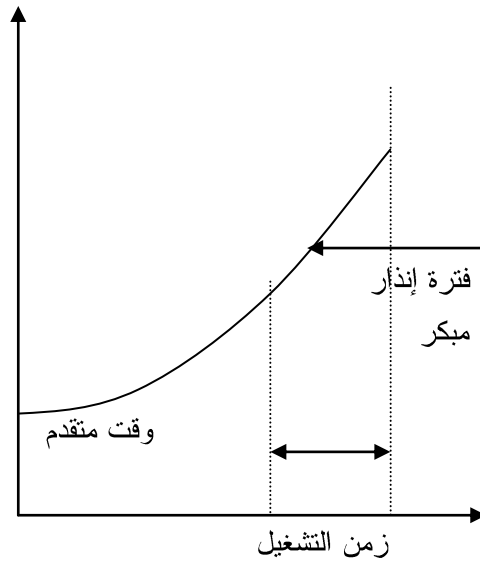
الصيانة الإصلاحية:-

اتخاذ الإجراءات اللازمة لإصلاح الأعطال بعد حدوثها

الصيانة التوقعية (باستخدام الاهتزازات):

قياس سرعة اهتزازات المعدة ومقارنتها بمقاييس معروفة وعند اقتراب هذه القيمة من القيم المتفق عليها يتم إجراء الصيانة

وينطبق على بند الصيانة التوقعية إجراء الاختبارات على أجهزة الحماية الكهربائية بلوح الكهرباء وتسجيل المؤشر



د. التحكم وإدارة عملية الصيانة

تعرف عملية إدارة الصيانة بأنها الأسلوب الأمثل لتحقيق التوازن بين حجم أعمال الصيانة المخططة وحجم الأعطال وكذلك معدل الأعطال للمعدات والأصول

العناصر الأساسية لعملية الصيانة

1. الرقابة والسيطرة على أعمال الصيانة

وتتمثل في وجود شخص قادر على إعطاء الأوامر الخاصة بالصيانة وفي الغالب يكون مهندس الصيانة أو مدير المحطة والحفاظ على تسلسل عملية الأوامر حسب وجود مستند للعمل (الدورة المستندية ونماذج المدخلات ويتم توزيعها على جميع مواقع العمل

2. برمجة الصيانة (تخطيط وجدوله)

ويتم ذلك بواسطة برامج صيانة متخصصة

3. وجود سجلات للمعدات

يحتوي هذا السجل على تاريخ المعدة من بداية ورودها للموقع والإصلاحات والصيانة التي تمت عليها

4. توافر قطع الغيار

لابد من توافر قطع الغيار اللازمة لعملية الصيانة والإصلاحات التي قد تتم على المعدة

5. وضع ميزانية لعملية الصيانة

لابد من وجود ميزانية لعملية الصيانة وذلك طبقا لتخطيط وجدولة الصيانة للحصول على أقل تكلفة ممكنة لعملية الصيانة

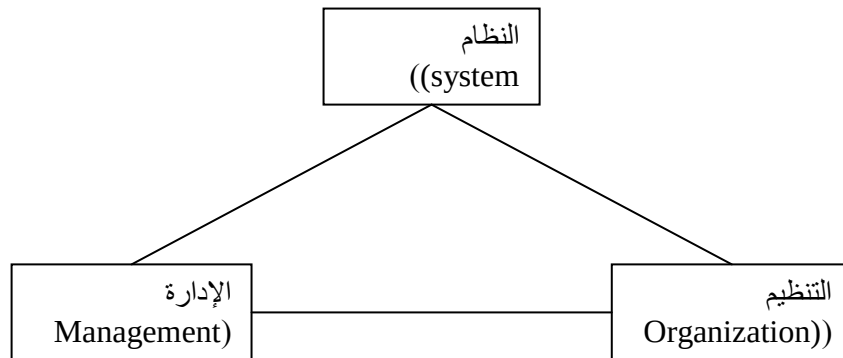
سياسة الصيانة

تعرف سياسة الصيانة على أنها الأسلوب أو الإجراء المتبع في عملية الصيانة؛ حيث أنه من المعلوم أن تكلفة قطع الغيار وأجور العمالة تزيد باطراد من سنة لأخرى.

ويجب أن تكون سياسة الصيانة تهدف دائما إلى تحقيق أقل تكاليف ممكنة وليس خفض حجم أعمال الصيانة الوقائية أو العلاجية.

إدارة الصيانة الحديثة:

وهي عملية التخطيط والجدولة وتنظيم قطع الغيار للصيانة وكذلك تشمل كيفية تخفيض تكلفة الصيانة

عناصر النجاح في إدارة الصيانة:**أولا النظام:**

هو مجموعة من المستندات تحتوى على معلومات عند ربط المعلومات ببعضها تشكل النظام (المخازن - الصيانة - التسويق.....)

ثانياً التنظيم:

- يمثل منظومة الأفراد المسؤولين عن تشغيل النظام وتحقيق أهدافه

- عدد أفراد التنظيم لا يقل عن 3 أفراد
- يجب وجود هدف محدد يسهل تحقيقه (هدف النظام)
- يجب وجود تفويض أو سلطة للتنظيم لتحقيق أهداف النظام

- كيفية توزيع عمالة الصيانة (نظم الهيكلية):

1. صيانة مركزية
2. صيانة مناطق
3. صيانة ملحقة
4. تنظيم مزدوج
5. تنظيم قيادي
6. تنظيم مقاولات

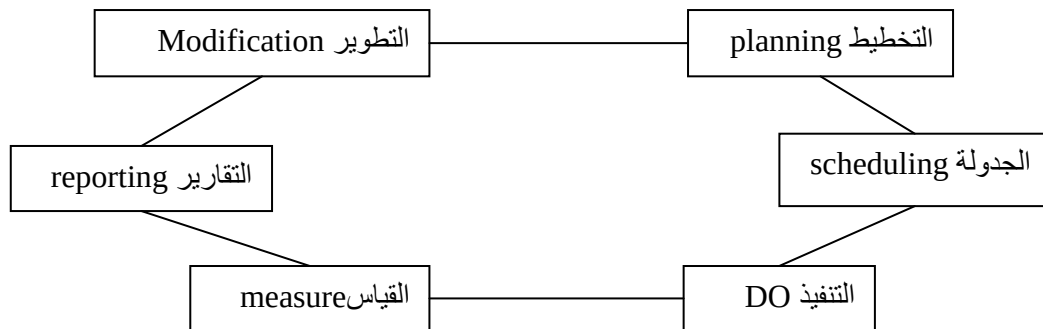
ثالثاً الإدارة (Management):

- المقصود بها هو كيفية تحقيق أهداف النظام بواسطة الأفراد والتنظيمات

- تنقسم العملية الإدارية إلى:

- فن اتخاذ القرار (الشق الفني وهو صفة خاصة تنمو مع الإنسان منذ صغره)
- علم الإدارة (الشق العلمي ويلزم له دراسات أكاديمية)
- الشق العلمي في الإدارة (إدارة عمليات الصيانة Management function)

- تنفيذ وتطبيق مخططات الصيانة المجدولة الوقائية يخضع لمجموعة من الإجراءات التي تمثل سلسلة من الإجراءات مرتبطة ببعضها البعض بحيث تمثل في النهاية نجاح لعملية إدارة الصيانة وتقليل تكاليفها إلى أدنى حدودها



التخطيط Planning:

- هو عملية مركزية يتم عملها في بداية كل شهر أو كل مدة زمنية

- المعنى العلمي لتخطيط الصيانة

1. ترتيب الأهداف حسب الأولويات
2. إمكانيات كل أمر لتحقيق الأهداف

3. يتم عمل تخصيص (عدد الأيام) لتنفيذ الأعمال

الجدولة scheduling:

هي تفاصيل أعمال الصيانة Who do what and when

التنفيذ DO

يحتاج إلى المهارة الفنية والتكنولوجية (كما يحتاج لتعليمات الصيانة التفصيلية من المصنع أو من خبرات القائمين بأعمال الصيانة).

القياس Measure

قياس كفاءة النظام للصيانة تعتمد على الآتي:

- reliability الاعتمادية = قياس الثقة في المنتج أو المصنع للمعدة
 - availability الإتاحة = قياس للأعطال وكفاءة الصيانة
 - utilization كفاءة الاستخدام = قياس لمؤشر الكفاءة الكلية للمعدة
- ولكل جزء من هذه الأجزاء معادلة لقياسه وحسابه للمعدة أو الأصل كما يلي:

Tup = فترة التشغيل للمعدة

Td = فترة التوقف للمعدة

- reliability الاعتمادية = $Tup / \sum Tup + \sum Td$
- availability الإتاحة = $Tup / \sum Tup + \sum Td$
- utilization كفاءة الاستخدام = $Tup / \sum Tup + \sum Td$

الثابت في هذه المعادلات هو قيمة Tup

أما قيمة Td فتختلف من معادلة إلى أخرى كما يلي:

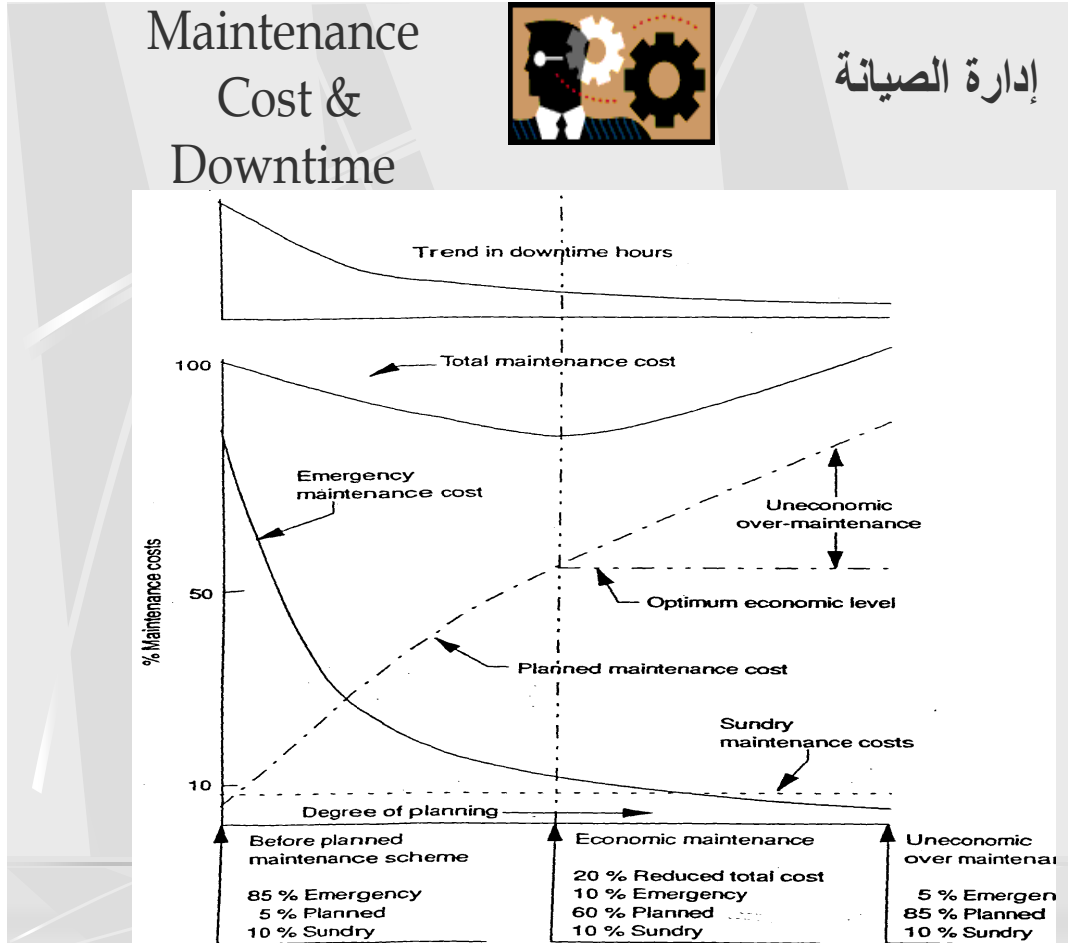
- Td1 = توقف بسبب عطل مفاجئ
- Td2 = توقف بسبب مبرمج (مخطط)
- Td3 = توقف بسبب عدم الحاجة للإنتاج

وبالتالي فإنه يمكن حساب قياسات الصيانة كما يلي

- reliability الإعتمادية = $Tup / \sum Tup + Td1$
- aviability الإتاحة = $Tup / \sum Tup + Td1 + Td2$
- utilization كفاءة الاستخدام = $Tup / \sum Tup + Td1 + Td2 + Td3$

هـ. العلاقة بين الصيانة الوقائية المخططة والصيانة العلاجية الغير مخططة ودورها في إدارة عملية التشغيل الاقتصادي

يجب الحرص دائما على وجود برنامج الصيانة الوقائية بالمحطات وتشغيله وتفعيله حيث أن تنفيذ الصيانة الوقائية يؤدي إلى توفير في تكلفة الصيانة الكلية كما يتضح من المنحنى التالي والذي يوضح العلاقة بين تكلفة الصيانة الوقائية والعلاجية



ويتضح من هذا المنحنى ما يلي:

1. عند عدم تطبيق برامج الصيانة الوقائية تكون تكلفة الصيانة الإصلاحية أعلى ما يمكن مع وجود أعلى معدل للأعطال والتوقفات (تكلفة الصيانة الإصلاحية تمثل 85% والمخططة 5%)
2. بالتطبيق الصحيح والاقتصادي لتخطيط وتنفيذ الصيانة المجدولة الوقائية يلاحظ انخفاض تكلفة الصيانة الإصلاحية وارتفاع نسبي في تكلفة الصيانة الوقائية مع انخفاض التكلفة الكلية للصيانة والوصول إلى الحد المعقول من حجم الأعطال والتوقفات (تكلفة الصيانة الوقائية تمثل 60% - تكلفة الصيانة الإصلاحية 10% - انخفاض في التكلفة الكلية بمقدار 20%) ويعتبر ذلك هو الوضع المثالي لتنفيذ الصيانة بأي منشأة)
3. يجب الحفاظ على المستوى الاقتصادي لحجم أوامر الشغل للصيانة المخططة الوقائية لعدم الوصول إلى مستوى الصرف الغير اقتصادي ويتم اللجوء إلى رفع حد حجم الصيانة المخططة عن الحد

المسموح به فقط في حالة بعض المعدات الاستراتيجية التي يؤدي تعطيلها وإيقافها إلى توقف المنشأة عن العمل ووجود خسائر في عملية الإنتاج

5. مقننات استهلاك الطاقة

من الضروري أن يكون القائم على تشغيل وحدات الضخ ملماً بالمعلومات الأولية التي تمكنه من معرفة وتقييم أداء هذه الوحدات من حيث كون التشغيل الاقتصادي من عدمه، فهناك حالات من التشغيل تمثل حداً ما بين التكلفة المقبولة للضخ والتكلفة الغير مقبولة.

وتجدر الإشارة إلى أن هناك اختلاف بين تكاليف الضخ لكل وحدة ضخ وسواها يمثل ما يكون الخلاف بين نوع منها حيث أن أنواع المضخات متعددة ومتنوعة فمثلاً تزيد كفاءة وحدة الضخ تبعاً لسرعتها النوعية (Specific speed) فالمضخات ذات السرعة النوعية الكبيرة تزداد كفاءتها أي يقل تكلفة ضخ وحدة الحجم ومن المعروف أن السرعة تحدد شكل سريان السائل داخل مروحة (Impeller) المضخة فالكفاءة تزيد كلما تحول السريان من الحالة القطرية (Radial) إلى الحالة المحورية (Axial) وهذا ما يتحدد من خلال تعريف السرعة النوعية.

وبصفة عامة فإن أنظمة الضخ المستخدمة سواء كانت لأنظمة مياه الشرب أو الصرف الصحي يجب ألا يزيد متوسط استهلاك الطاقة فيها عن المقننات الآتية:

أ. محطات رفع مياه الشرب

من الأسس العلمية والعملية وجد أن معدلات استهلاك الطاقة للمياه كما يلي:

• وحدات ضخ المياه العكرة

- رفع 20 متر ← الطاقة المستهلكة ≥ 0.085 كيلو وات ساعة / متر³

- رفع 15 متر ← الطاقة المستهلكة ≥ 0.065 كيلو وات ساعة / متر³

- رفع 25 متر ← الطاقة المستهلكة ≥ 0.110 كيلو وات ساعة / متر³

• وحدات ضخ المياه المرشحة

- رفع 40 متر ← الطاقة المستهلكة ≥ 0.17 كيلو وات ساعة / متر³

- رفع 45 متر ← الطاقة المستهلكة ≥ 0.19 كيلو وات ساعة / متر³

- رفع 50 متر ← الطاقة المستهلكة ≥ 0.21 كيلو وات ساعة / متر³

- رفع 55 متر ← الطاقة المستهلكة ≥ 0.23 كيلو وات ساعة / متر³

- رفع 60 متر ← الطاقة المستهلكة ≥ 0.26 كيلو وات ساعة / متر³

ب. محطات الصرف الصحي

من المعروف أن مياه الصرف الصحي ذات خصائص تختلف عن مياه الشرب من حيث الكثافة والمواد العالقة بها وهي تعتبر بصفة عامة مياه ذات خصائص ذات تأثير ميكانيكي (تآكل ميكانيكي أو Erosion) وتأثير كيميائي (تآكل كيميائي Corrosion) وعلى ذلك تحدث بعض المشاكل وارتفاع في تكلفة ضخ مياه الصرف الصحي مقارنة بمياه الشرب وقد يكون من الضروري مراعاة تلك الخصائص أثناء دراسة البدائل من حيث مواصفات المعدات وكذا تكاليف تشغيلها.

ومن خلال بعض المعايير العملية وجد أن استهلاك الطاقة لمحطات رفع مياه الصرف الصحي تكون مقبولة في الحدود التالية:

- رفع 35 متر ← الطاقة المستهلكة ≥ 0.17 كيلو وات ساعة / متر³
- رفع 30 متر ← الطاقة المستهلكة ≥ 0.15 كيلو وات ساعة / متر³
- رفع 25 متر ← الطاقة المستهلكة ≥ 0.12 كيلو وات ساعة / متر³
- رفع 20 متر ← الطاقة المستهلكة ≥ 0.10 كيلو وات ساعة / متر³
- رفع 15 متر ← الطاقة المستهلكة ≥ 0.08 كيلو وات ساعة / متر³
- رفع 10 متر ← الطاقة المستهلكة ≥ 0.05 كيلو وات ساعة / متر³

ويمكن وضع النتائج بالجدول التالي:

الطاقة المستهلكة (ك و س / م ³)		الرفع
مياه الشرب	صرف صحي	
0.26	-	60
0.23	-	55
0.21	-	50
0.19	-	45
0.17	-	40
0.15	0.17	35
0.13	0.15	30

25	0.11	0.12
20	0.085	0.1
15	0.065	0.08

6. تحسين معامل القدرة (Power Factor)

مقدمة:

القدرة الكهربائية عبارة عن جزئين هما القدرة الفعالة (Active Power) وتقاس بالكيلووات والقدرة الغير فعالة (Reactive Power) وتقاس بالكيلو فولت أمبير أو الكيلو فار. والقدرة الفعالة لازمة لتشغيل المحركات والمصابيح وأجهزة التسخين أما الغير فعالة فهي لازمة لمغنطة الدوائر المغناطيسية كما في حالات المحولات والمحركات والأفران الحثية.

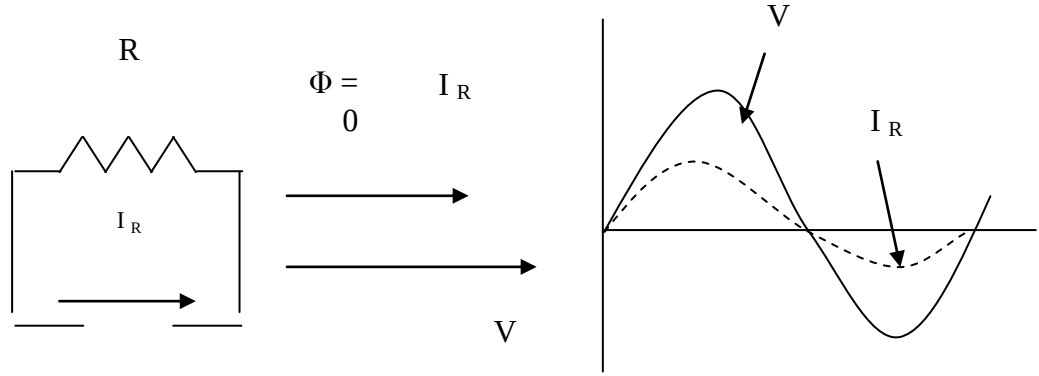
وقد يكون من المفيد ذكر الأحوال بصفة عامة عادة ما تكون محتوية علي مكونات تستهلك قدرات فعالة وغير فعالة في ذات الوقت. إلا أن الأجهزة الحثية تحتاج الي تيار كهربى إضافي لمغنطة الدوائر المغناطيسية بها لاعتمادها في العمل علي المجال المغناطيسي المتولد في ملفاتها.

الدوائر الكهربائية بصفة عامة تتكون من:

- مقاومات (وتقاس بوحدة الأوم).
- ملفات أو مقاومات حثية (وتقاس بوحدة الهنري).
- مكثفات أو المقاومات السعوية (وتقاس بوحدة الفاراد).

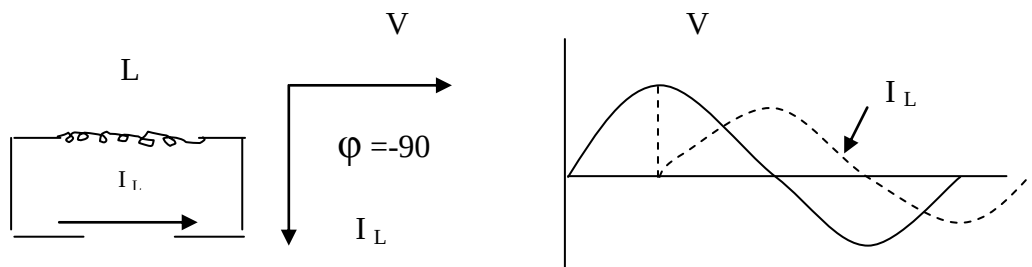
وشكل رقم (17) يبين مرور تيار متردد في كل من مقاومة وملف ومكثف ويتضح منه وضع التيار الكهربى بالنسبة الي الجهد.

وإذا كانت هناك دائرة تحتوي علي مقاومة وملف ومكثف معا فإن المحصلة الاتجاهية للتيارات يوضحها شكل رقم (18) والذي يتبين منه أن جهد الملف وجهد المكثف متضادين.



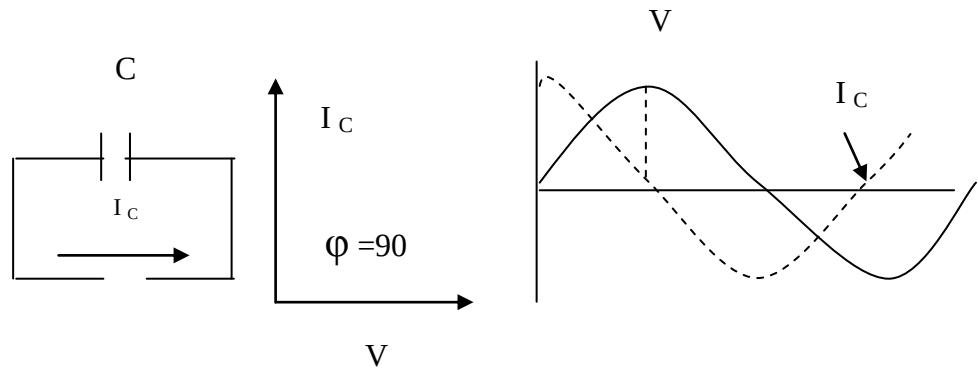
مرور تيار متردد في مقاومة أومية

التيار متزامنا مع الجهد لا يسبقه أو يتأخر عنه



مرور تيار متردد في ملف أو مقاومة حثية

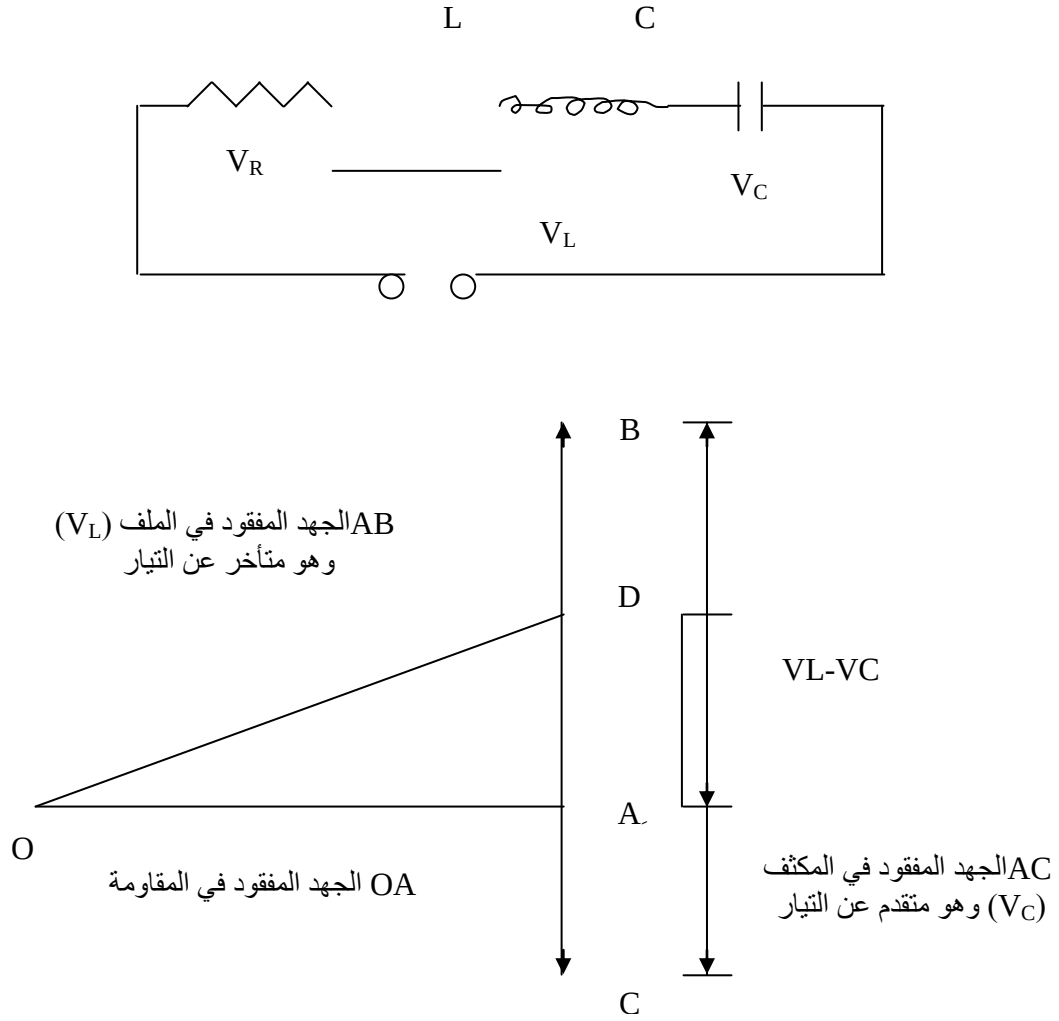
التيار متأخرا (Lagging) عن الجهد بزاوية مقدارها (90) درجة



مرور تيار متردد في مكثف أو مقاومة سعوية

التيار متقدما (Leading) عن الجهد بزاوية مقدارها (90) درجة

شكل رقم (17)



شكل رقم (18) منحنى الجهد لدائرة مقاومة وملف ومكثف وتصلين علي التوالي

وعليه فمحصلتهما هو المتجه (AD) وهو عبارة عن القيمة ($V_L - V_C$) ويكون جهد المصدر (V) الممثل بالمتجه (OD) هو المجموع الاتجاهي لكل من جهد المقاومة (OA) وجهد الملف والمكثف معا (AD). ويسمى جيب تمام الزاوية (ϕ) بمعامل القدرة ويكتب ($\cos \phi$) وما يقال عن الجهد يقال عن القدرة، وشكل رقم (19) يمثل هذا وفيه:

- (OD) القدرة الظاهرية وتساوي $S = IV$ KVA
- (OA) القدرة الفعالة وتساوي $P = IV \cos \phi$ Kw
- (AD) القدرة غير الفعالة وتساوي $Q = IV \sin \phi$ KVA

وكلما كانت الزاوية (ϕ) صغيرة وهو ما يحدث عند إضافة مكثفات للدائرة فإن معامل القدرة يزيد كما في شكل رقم (20). فالزاوية (ϕ_2) أصغر من (ϕ_1) ويتضح ان تحسين معامل القدرة من ($\cos \phi_1$) الي ($\cos \phi_2$) يؤدي الي:

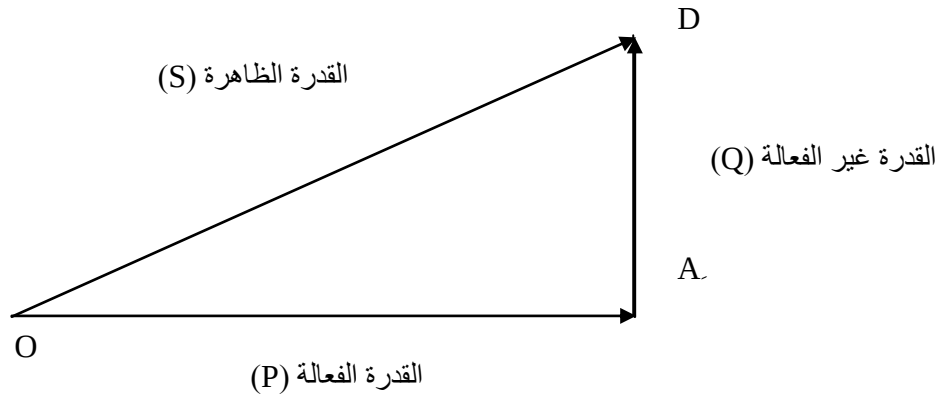
- عدم تغيير القدرة الفعالة (P).
- خفض القدرة غير الفعالة من (ϕ_1) الي (ϕ_2).

- خفض القدرة الظاهرية من (S_1) الي (S_2) . ونتيجة لخفض القدرة الظاهرية فإن تيار الحمل ينخفض كذلك حيث أن جهد المصدر ثابت.

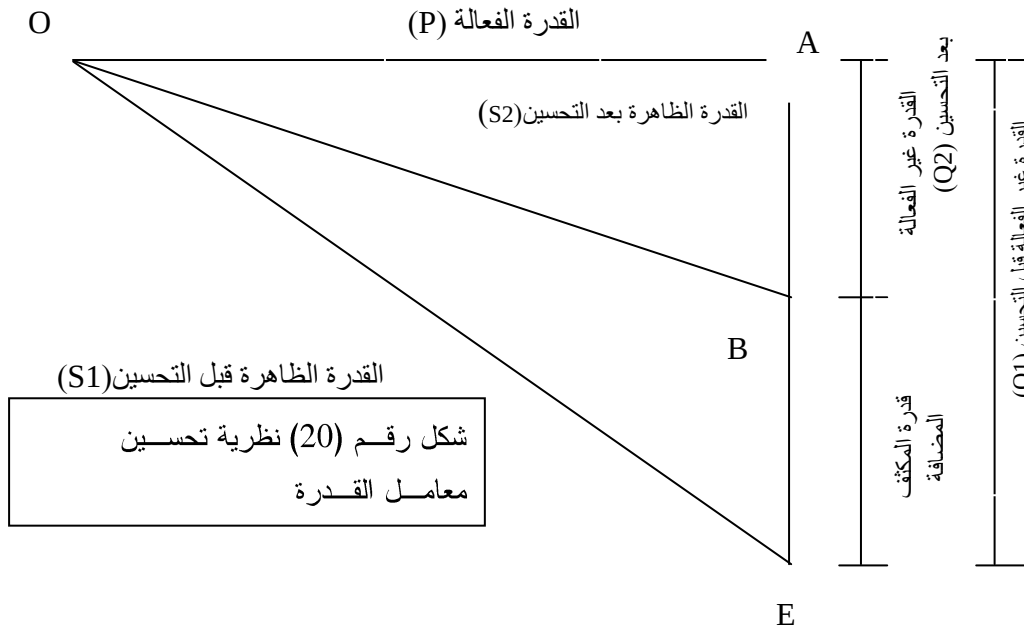
$$S = IV \text{ أي أن:}$$

$$I = S / V \text{ ومنه}$$

وكما قلت (S) تقل (I) وبالتالي يقل فاقد الطاقة الممثل في القيمة $I^2 R$ وتقل أيضا أحجام ومقاسات المكونات الكهربائية من مفاتيح وكابلات وخلافة.



شكل رقم (19) معامل القدرة



- المتجه OE يمثل القدرة الظاهرية قبل التحسين ك ف أ S_1

- OA يمثل القدرة الفعالة قبل التحسين ك وات P

- AE يمثل القدرة غير الفعالة قبل التحسين ك فار Q1

EB - يمثل القدرة غير الفعالة المضافة الي الحمل بواسطة المكثف والمضادة للقدرة غير الفعالة الأصلية كيلو فار.

OB - يمثل القدرة الظاهرية بعد التحسين ك ف أ S2

AB - يمثل القدرة غير الفعالة (Q2) بعد التحسين ك فار

ϕ_1 - الزاوية قبل التحسين

ϕ_2 - الزاوية بعد التحسين وهي أصغر من ϕ_1

تحسين معامل القدرة

استخدام مجموعة مكثفات (Capacitor Bank)

إن أبسط الطرق لتحسين معامل القدرة هو تركيب مكثفات عند المحركات أو لوحات التوزيع. حيث أن التيار الكهربى خلال هذه المكثفات يسبق الجهد عليها بمقدار (90) درجة لذا فإنه يحد من تأثير التيار الحثى المتأخر عن الجهد مما يؤدي الي تقليل الكيلو فولت أمبير غير الفعال المطلوبة من المصدر الكهربى.

وعادة ما يتم تركيب المكثفات بإحدى الطرق:

1. مجموعة مكثفات ذات قيمة ثابتة

حيث توصل علي التوالي أو التوازي لتكون وحدة ذات قيمة مقننة ثابتة ويمكن تشغيل هذه المجموعة يدويا أو آليا باستخدام مفتاح تلامس كما يمكن توصيلها مباشرة مع أطراف الأحمال الحثية.

2. مجموعة مكثفات آلية ذاتية الضبط

وفيهما يتم ضبط قيمة المكثفات حسب القدرة غير الفعالة. وغالبا ما يفضل استخدام هذا النوع علي أطراف التحميل الخارجية من لوحة مفاتيح الضغط المنخفض الرئيسية.

تحديد قدرة المكثفات اللازمة لتحسين معامل القدرة

يجب أولا تحديد ثلاث عوامل لتحسين معامل القدرة وهي:

- قيمة معامل القدرة الحالي.
- قيمة الحمل (كيلووات) المطلوب تحسين معامل قدرتها.
- القيمة المأمولة لمعامل القدرة.

وكما سبق ذكره فإن جيب تمام الزاوية (ϕ) يحدد معامل القدرة

جتا (ϕ) = الكيلووات الفعال / الكيلو فولت أمبير.

ولتسهيل تحديد معامل التحسين فقد تم تسجيل القيم المختلفة له في الجداول المرفقة ولكي تتضح كيفية استخدام تلك الجداول نورد المثال التالي:

• مثال 1

إذا كان معامل القدرة الحالي (0.74) والمطلوب (0.90) إحسب خصائص المكثف المطلوب إضافته للدائرة.

• الحل:

تحت عنوان معاملات الضرب بالجدول تحت خانة (0.90) نتجه لأسفل العمود حتي نصل قبالة الرقم (0.74) أسفل عنوان قبل التحسين فنجد القيمة (0.425) وتسمي معامل التحسين. بضرب هذه القيمة في القدرة العاملة للمحركات بالكيلووات نحصل علي قدرة المكثف المطلوب إضافته بالكيلو فولت أمبير غير فعال.

• مثال 2

إذا كان معامل القدرة الحالي (0.81) والمطلوب (0.95) احسب خصائص المكثف المطلوب إضافته للدائرة إذا كان الحمل قدره (100) كيلووات.

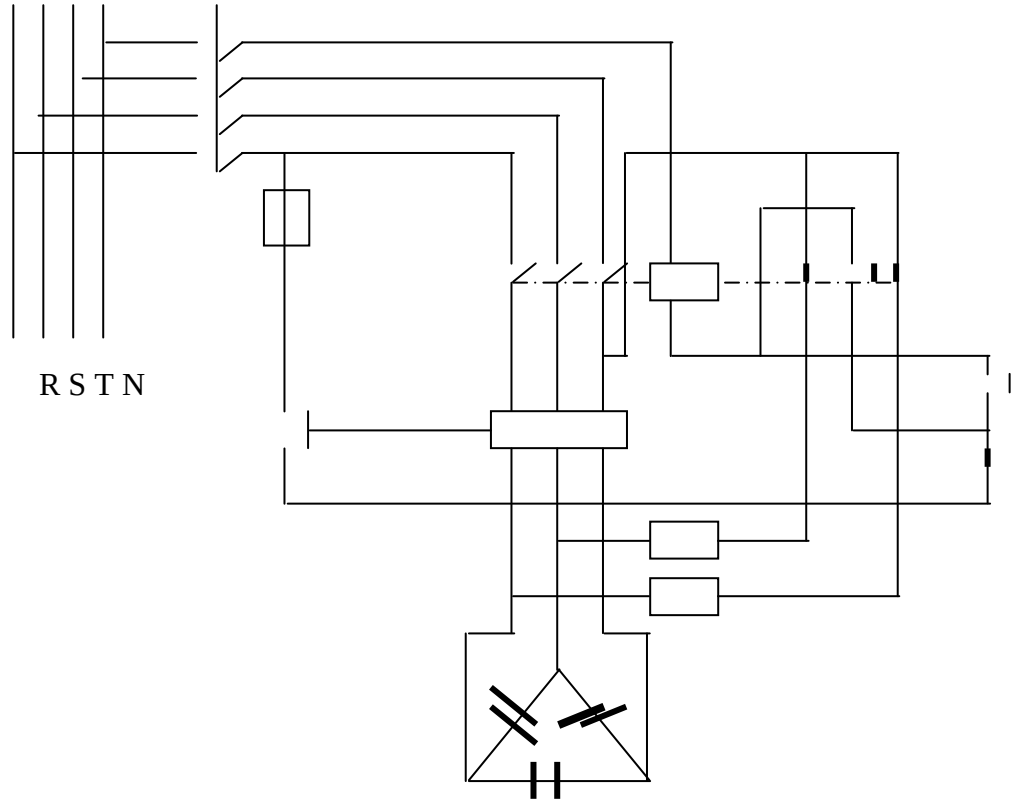
• الحل:

كما سبق تحت عنوان معاملات الضرب بالجدول تحت خانة (0.95) نتجه لأسفل العمود حتي نصل قبالة الرقم (0.81) أسفل عنوان قبل التحسين فنجد القيمة (0.395). بضرب هذه القيمة في القدرة العاملة للمحركات بالكيلووات وهي (100) نحصل علي قدرة المكثف المطلوب إضافته وتساوي (39.5) كيلو فولت أمبير غير فعال.

وبصفة عامة تتعدد طرق وضع المكثفات لتحسين معامل القدرة فيمكن تكوين دائرة مكثفات لكل ماكينة علي حده أو تنفيذ دائرة لمجموعة ماكينات أو لمصنع بالكامل ويمكن في تلك الحالة تركيب جهاز تنظيم معامل القدرة الذي يقوم بالتحكم في قيمة معامل القدرة تبعاً للحمل فيوصل بعض المكثفات أو يفصلها تبعاً للوضع التشغيلي.

والشكل رقم (21) يوضح دائرة القوي والتحكم لمجموعة مكثفات لتحسين معامل القدرة

دائرة القوي والتحكم بمجموعة مكثفات لتحسين معامل القدرة



شكل رقم (21)

7. التحكم في استهلاك الخامات الداخلة بشكل مباشر في عملية الإنتاج

أ. الكلور (محطات مياه الشرب ومحطات معالجة الصرف الصحي):

1. يتم حساب جرعات الكلور بناء على كميات المياه سواء كانت مياه مرشحة أو مياه عكرة وذلك اعتماداً على قيمة الكلور المتبقي المطلوب في كل مرحلة وذلك حسب المعادلة الآتية:

$$\text{جرعة الكلور المطلوبة (جم / م}^3\text{)} = \text{كمية الكلور المضافة (كجم / ساعة)} / \text{تصرف المياه في المرحلة (م}^3\text{ / ساعة)}$$
2. يقوم المشغل بمساعدة كيميائي المحطة بضبط جرعة الكلور باستمرار حسب المعادلة في البند 1 ويتم الحصول على قيمة الكلور المتبقي المطلوب (جم / م³)
3. يقوم مدير المحطة ومهندس التشغيل بمراجعة كميات الكلور المستهلكة يومياً باستخدام برنامج الحسابات الخاص بجرعات الكلور ويتم تصحيح الوضع والجرعات عند اللزوم
4. يجب أن يحرص مسئول تشغيل الكلور على تصفية أسطوانات الكلور عند انتهاء الكميات بها ويتم التأكد من ذلك بوزنها ويتم معايرة وضبط أجهزة موازين الكلور وإجراء الصيانة الدورية لها باستمرار حسب تعليمات المصنعين والتأكد من دقة قراءتها
5. يجب أن يحرص المشغلين على منع أي تسريب للكلور بخطوط الحقن وكذلك بمحابس الأسطوانات وتتم المراجعة اليومية لهذه الأعمال ولا يسمح إطلاقاً بوجود تسريب للكلور داخل العنابر
6. الحرص الدائم على الصيانة الدورية لأجهزة حقن الكلور والتأكد من أجهزة التصريف الخاصة بها ومدى دقتها

7. تواجد أجهزة لقياس الكلور المتبقي بمراحل المحطة تعمل بدقة وذلك للمراقبة المستمرة لجرعات الكلور وتعديلها عند اللزوم
8. الاتجاه الجاد لاستخدام التكنولوجيات الحديثة في أنظمة حقن الكلور مثل: أجهزة المبخرات والتي تضمن الاستخدام الكامل لأسطوانة الكلور – أجهزة الإنذار ومنظومات علاج التسرب مثل Casotic Soda

ب. الشبة السائلة (محطات مياه الشرب):

- معايرة ظلمبات حقن الشبة بمعدل مرة واحدة كل 3 شهور على الأقل وضبط معدل تصرفها عند اللزوم (سوف يتم التعرض لعملية المعايرة وطريقتها في بند متقدم) ويحسب أقصى تصرف لظلمبة الحقن في كل مرة ويراجع مع القراءات السابقة ويتم حساب قيمة الشوط الذي تضبط عليه الظلمبة من المعادلة:
- شوط الظلمبة المطلوب = تصرف المياه العكرة (م³/ساعة) * جرعة الشبة (جم / م³) * 100 / أقصى تصرف لظلمبة الحقن (لتر / ساعة) * تركيز المحلول (كجم / م³) * 1000
1. يتم الحرص على ضبط معايرة أجهزة قياس التصرف للمياه العكرة والمرشحة والتي يضبط على أساسها جرعات الكيماويات
 2. يتم استلام كميات الشبة السائلة الواردة للمحطة بطريقة سليمة ويتم حساب الكمية الواردة فعلياً بتكعيب الكمية وقياس التركيز ويقوم المعمل بحساب الحجم والوزن ومطابقته بالوارد بإذن الشبة الواردة
 3. يقوم معمل المحطة ومهندس التشغيل بالإشراف على عملية تحضير كميات الشبة للحقن في التناكات المخصصة لذلك (أحواض التخفيف) ويقاس التركيز والذي يعتبر من العناصر الهامة في معادلة حساب شوط ظلمبة حقن الشبة
 4. يجب أن يكون المشغل حريص على عدم وجود إنسكابات للشبة سواء حول أحواض التركيز أو أحواض التخفيف أو وجود كسور أو تسريب من خطوط الحقن أو ظلمبه الحقن ويجب المرور الدوري بكل وردية بواسطة مشرف الوردية على كل هذه الأماكن ومنع وجود تسريب أو إنسكابات عند وجودها
 5. يقوم معمل المحطة بحساب جرعة الشبة المطلوبة ويقوم بإجراء الاختبار اللازم لذلك (JAR TEST) ويحدد جرعة الشبة الاقتصادية والتي تحقق أفضل تنديف وأقل جرعة ممكنة
 6. تتابع كميات الشبة المستهلكة يوميا عن طريق برنامج حساب الكميات المخصص لذلك ببرنامج تشغيل تسجيل بيانات المحطة ويعاد ضبط الجرعات وضبط الكميات على ذلك

كيفية ضبط جرعات الكيماويات

ضبط جرعة الشبة

يتم ضبط جرعة الشبة طبقا لاختبار الجار تست بالمعمل (JARTEST) للمياه الخام ويعاد ضبط جرعة الشبة كلما تغيرت خصائص المياه ويتم التنسيق بين مدير المحطة أو مهندس المحطة ومشرف التشغيل وكيميائي المعمل في هذا الشأن ولا يتم عملية ضبط الجرعة مرة واحدة بل يلزم المتابعة المستمرة لها حسب توجيهات المعمل لتقليل استهلاكها مع المحافظة على أعلى نسبة جودة للمياه ولو أمكن مثلا تقليل استهلاك الشبة فإن ذلك يوفر كثيرا من تكاليف التشغيل

طريقة حساب جرعة الطلمبة

بفرض أن طلمبة الشبة تعطي 514 جالون / ساعة عند مشوار 100% من المكبس ولنفرض أن المعمل حدد جرعة الشبة 30 جم/م³ لمروق يعطي 5000 م³/س

فتكون كمية الشبة الصلبة المطلوبة = $30 * 5000 = 150000$ جم/ساعة

وبما أن الشبة المستعملة سائلة بتركيز 10% (10 جم شبة صلبة / 10 مل ماء)

تكون كمية الشبة المطلوبة = $150000 * 10/100 =$

1500000 مل/ساعة =

1.5 م³/ساعة =

مكبس الطلمبة يعطي 514 جالون / ساعة عند مشوار 100%

$514 * 3.18 =$ لتر / ساعة

1.95 م³/ساعة =

لكي نحصل على جرعة 1.5 م³/ساعة فإنه يلزم ضبط المشوار بنسبة

$76\% = 1.95 / (100 * 1.5) =$

وحيث ان أقصى مشوار للمكبس مقسم إلى 100 قسم (علامة)

فيتم ضبط المشوار للمكبس على العلامة (76).

ملحوظة:-

جالون أمريكي = 3.8 لتر

خطوات حساب جرعة الشبة

لحساب كمية الشبة التي يجب إضافتها في الساعة إلى المياه العكرة باستخدام طلربة الحقن فيجب تحديد فتحة تصريف الطلربة كالآتي:

$$\text{كمية المياه العكرة (م/3س)} * \text{الجرعة جم/م}^3 * 100$$

$$\text{فتحة التصريف} = \text{تركيز الشبة (جم/لتر)} * \text{سعة الطلربة (أقصى تصريف) (لتر/س)}$$

وبفرض أن كمية المياه العكرة التي تدخل بيارة التوزيع تساوي 2000 م³/ساعة وتركيز محلول الشبة المعد للاستخدام 10% والجرعة المطلوبة 25 جم/م³، سعة طلربة الشبة 1200 لتر/ساعة

$$\text{فتكون كمية الشبة المطلوبة في الساعة} = 100 * (10 / (25 * 2000)) = 500000 \text{ مل} = 500 \text{ لتر}$$

$$\text{وبالتالي فإنه يتم ضبط الطلربة على فتحة مقدارها} = 1200 / (100 * 500) = 41.6 \% \text{ تقريبا}$$

أي أن الطلربة تضبط على 41.6% من سعتها 500 لتر / ساعة بجرعة قدرها 25 جم/م³ لكل 2000 م³ مياه

معايرة طلربات حقن الشبة

من العمليات الهامة جدا بمحطات مياه الشرب أن يتم عمل معايرة لطلربات حقن الشبة حيث أنها من الأجهزة والمعدات الهامة التي تحكم وتتحكم في كميات الشبة المستهلكة وبالتالي في عملية التشغيل الاقتصادي

أ. كيفية إجراء المعايرة للطلربات داخل المحطة:

نظرا لأهمية طلربات حقن الشبة وتشغيلها المستمر والاعتماد عليها في ضبط الجرعة المطلوبة لعملية الترسيب داخل المحطة فإنه ينصح بإجراء عملية المعايرة لطلربات حقن الشبة كل 3 شهور على الأقل

الهدف من معايرة طلربات حقن الشبة: كما ذكر في الجزء الخاص بعملية تشغيل الكيماويات بالمحطة وكيفية ضبط الجرعات فإنه لضبط الجرعة يتم ضبط طلربة الشبة على قيمة الشوط المطلوب والتي تحسب من المعادلة

$$\text{كمية المياه العكرة (م/3س)} * \text{الجرعة جم/م}^3 * 100$$

فتحة

التصريف=

$$\text{تركيز الشبة (جم/لتر)} * \text{سعة الطلربة (أقصى تصريف) (لتر/س)}$$

ولذلك فإن التغيير في التصرف الأقصى للطلبة يكون له أثر بالغ في تغيير الجرعة وكمية الشبة المضافة ومن الممكن أن يتغير التصرف للطلبة لأي سبب من الأسباب من وقت لآخر مع تشغيل الطلبة نتيجة لعدة عوامل منها تغيير بعض الأجزاء الداخلية بها أو التعديل في الميكانيكيات الخاص بالطلبة وفي بعض الأحيان وكنتيجة لعملية المعايرة الدورية للطلبة يتم إتخاذ إجراء بعمل عمرة وصيانة شاملة للطلبة نتيجة ملاحظة تغيير جذري وملحوظ في تصرفها يؤثر على ضبط جرعة الشبة

الأدوات المطلوبة لعملية معايرة طلمبة الشبة:

أ. تانك شفاف دائري أو مربع سعة (20-40 لتر) مدرج حسب الحجم (لتر)

ب. ساعة إيقاف

طريقة المعايرة:

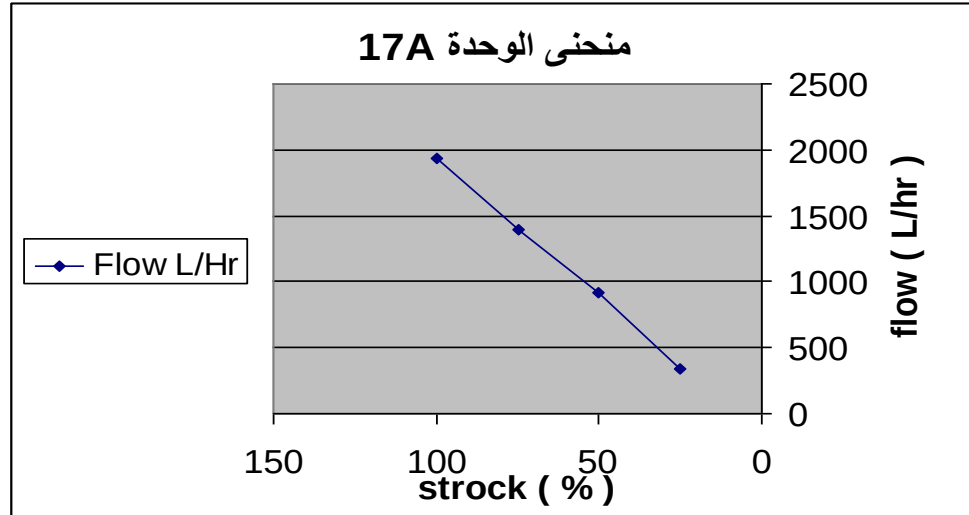
- يتم توصيل سحب تانك المعايرة بحوض التخفيف للشبة ويكون خط الطرد للطلبة ثابت على نقطة الحقن المعتادة وذلك لضمان عدم التغيير في ظروف التشغيل العادية للطلبة
- يتم ملئ تانك المعايرة الشفاف بالكمية المطلوبة من الشبة (في حدود 25 لتر)
- يتم تشغيل طلمبة حقن الشبة المراد معايرتها بعد ضبط الشوط على قيمة 25%
- بعد التشغيل وملاحظة إستقرار سطح السائل بالتانك يتم بدء تشغيل ساعة الإيقاف بعد تسجيل المنسوب للبداية
- قبل الوصول إلى قاع التانكو عند علامة محددة يتم تسجيل وقت النهاية بواسطة ساعة الإيقاف
- بذلك يتم تحديد الكمية المستهلكة والزمن ويمكن بذلك حساب التصرف المطلوب للطلبة (لتر / ساعة)
- يتم تكرار الخطوات السابقة من (ب إلى ح) على أشواط 50% & 75% & 100% وبذلك يتم على منحنى الأداء للطلبة ويتم رسم المنحنى على (Excel Sheet)

ب. القراءات المسجلة والجداول:

يتم تسجيل نتائج المعايرة في جدول كالتالي:

الشوط (%)	25%	50%	75%	100%
التصرف (ل/س)				

ج. مثال عملي لشكل منحنى الأداء لظلمبة حقن شبة:



د. تحليل نتائج عملية المعايرة:

من أهم النقاط التي يتم النظر إليها في نتائج المعايرة هو:

1. شكل المنحنى مقارنة بآخر منحنى للظلمبة عند معايرتها

2. أقصى تصرف محسوب عند شوط 100%

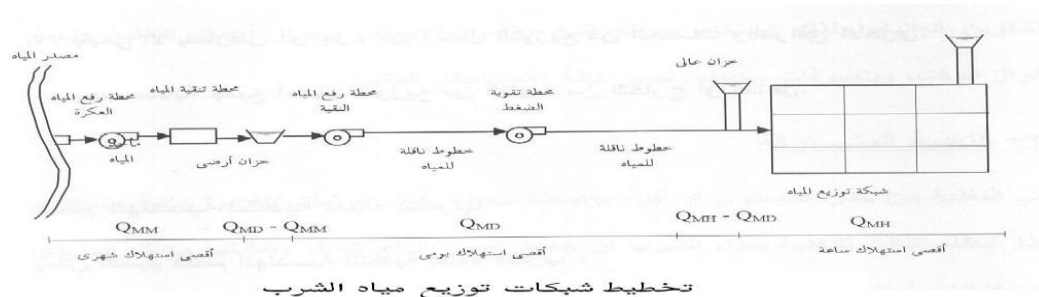
8. الفوائد الميكانيكية بالمحطات والشبكات

مراجعة اماكن المحابس وكفاءة عملها

من العناصر الهامة في عملية إنتاج المياه ولها تكلفة عالية. لذا يجب الحرص من إدارة المحطة والمشغلين على توفير الاستهلاك الكهربائي بالمحطة قدر الإمكان وذلك كما يلي:

1. عند طلب وحدات ومعدات جديدة يتم اختيارها بالشكل المناسب بحيث لا يكون هناك استهلاك زائد للطاقة الكهربائية بدون داع وعلى سبيل المثال عند اختيار وحدة ظلمبة جديدة مرشحة فإنه يلزم أولاً عمل الدراسات الهيدروليكية للشبكة المغذاه من المحطة وتحديد أقصى ضغط مطلوب لوصول المياه للمستهلكين ويؤخذ في الاعتبار دائماً إذا كانت المحطة تغذى شبكة مغلقة أو شبكة مفتوحة أو مجموعة من روافع المياه (Booster stations) ويحدد على أساس ذلك الضغوط المطلوبة

ويتم في العادة حساب الفوائد الهيدروليكية في خطوط الطرد من المعادلات الآتية:



Darcy-Weisback formula for pipe line:

$$h_f = f \left(\frac{l}{d} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

where

h_f = friction loss (ft)

l = length of pipeline (ft)

d = inside diameter of pipe (ft)

v = mean flow velocity (ft/s)

g = acceleration of gravity (32.2 ft/s²)

f = friction coefficient (0.0002 to 0.002)

وتنطبق نفس المنهجية في حساب الفواقد على إنشاء وتصميم روافع الصرف الصحي وخطوط الطرد الخاصة بها لمحطات المعالجة

2. عند وجود الوحدات بالمحطة سواء كانت مرشحة أو عكرة بضغط عالية ولا توجد حاجة لهذه الضغوط فإنه يتم التحكم في الضغط عن طريق غلق محابس الطرد للطللمات أو المحابس الموجودة على خطوط الطرد المجمعة بما يعنى وجود فاقد في هذه المحابس حيث أن قيمة القدرة الهيدروليكية = التصريف (ل/ث) * الضغط (م) / 102 ك. وات وبافتراض أن قيمة ضغط الطلمات هو 60 متر والتصرف هو 200 ل / ث فتكون الطاقة المستهلكة في هذه الحالة هي 118 ك. وات وبفرض أن الضغط المطلوب في الشبكة هو 35 متر فقط فتكون الطاقة المطلوبة والمستفاد منها فعليا في هذه الحالة هي 69 ك. وات أي أنه يوجد فاقد في الطاقة يقدر ب 49 ك. وات

3. لحل هذه المشكلة وتوفير الطاقة المستهلكة بدون داع في المحابس يتم استخدام مغيرات السرعة والتي يمكن خلالها النزول بسرعة الطلمات إلى السرعة التي تحقق الضغط المطلوب والتصرف تقريبا في نفس الوقت ويكون التشغيل للوحدة في هذه الحالة على منحنى آخر للطللمبة وبالتالي يتم توفير الطاقة الكهربائية المستهلكة في المحابس مع تحقيق تحكم أفضل في الطلمات

9. فواقد المياه

تتعدد أماكن فقد المياه داخل محطات مياه الشرب ومن أشهر الأماكن التي تفقد فيها المياه

أ. فاقد الروبة والصرف في أحواض الترسيب

ب. غسيل المرشحات

ج. طلمات العينات وعينات المعامل

د. غسيل الأحواض والتكتات

ه. الخدمات العامة بالمحطة والتسريب بالخطوط

وللحصول على أقل فاقد للمياه بالمحطات يجب إتباع الإجراءات والتعليمات الآتية:

1. يجب عمل الدراسات اللازمة لتحديد الأزمنة المثلى لفتح محابس الروبة بالمروقات ويقوم المعمل بأخذ العينات من طبقات بطانية الندف (عند وجود الترسيب الرأسي) بالمروق ويتم ضبط فتح المحابس سواء كانت يدوية أو أوتوماتيكية بناء عليها
 2. يجب أن تتواجد أجهزة لقياس المياه العكرة والمرشحة والغسيل بالمحطة لتحديد أماكن الفقد للمياه وكمياتها والعمل على معالجتها وتقليلها بقدر الإمكان كما يجب تركيب عدادات قياس استهلاك المياه للمباني الإدارية لحساب الاستهلاك والحد من التسرب واستهلاك بدون داع
 3. يجب عمل الدراسات اللازمة للحد من فاقد مياه الغسيل للمرشحات وذلك بتحقيق أفضل غسيل ممكن للمرشح مع أقل كمية للمياه وسيتم ذلك بطريقة المتابعة العملية والتجربة لعدة أنظمة للغسيل بحيث يتم الحصول على الوضع الأمثل لعملية الغسيل بالماء والهواء وتعد دراسات واستخدام المحطات النموذج (PILOT PLANTS) هي الأفضل في إجراء هذه الدراسات
 4. يمكن إيقاف طلبات العينات عند وجود أماكن تتوافر بها ضغوط معقولة لوصول المياه للأجهزة بالموقع أو المعمل وبالتالي يتم خفض كمية المياه والطاقة الكهربائية المستهلكة أيضا
 5. عند استخدام طلبات العينات يجب عمل الضبط اللازم لها لإعطاء كمية المياه المطلوبة بدون فاقد زائد بدون التأثير على الأجزاء الميكانيكية للوحدة
 6. لا يتم استخدام مياه الغسيل (FLUSHING) في غير المخصص لها ويتم تقنين عملية الغسيل للأحواض عند وجود صيانة بها لتوفير أكبر قدر من المياه المرشحة التي تم صرف الخامات والكهرباء والصيانة وخلافه عليها
 7. يتم استخدام المياه العكرة في ري الحدائق والمنتزهات ولا يتم استخدام المياه المرشحة
 10. فرص تحسين كفاءة استخدام الطاقة في شركات مياه الشرب والصرف الصحي
- تعتبر عمليات تنقية مياه الشرب ومعالجة الصرف الصحي من العمليات كثيفة الاستهلاك للطاقة حيث تمثل تكلفة الطاقة في حدود 50% من تكلفة إنتاج أو معالجة 1 متر 3 من المياه.
- يمكن تقسيم فرص تحسين كفاءة الطاقة في هذه الشركات الى ثلاث مستويات:
- الفرص منخفضة التكاليف وذات العائد السريع
 - فرص متوسطة التكاليف وذات عائد متوسط
 - فرص عالية التكاليف

أولا فرص منخفضة التكاليف

تتمثل هذه الفرص في اجراءات الصيانة والتشغيل وتشمل:

1. خفض التسريب في المحطات والشبكات
2. ادارة الاحمال لضمان عمل الطلمبات عند اعلي كفاءة مما يستلزم اغلاق أو تشغيل الطلمبات الموجودة علي التوازي للتناسب مع معدل السريان والضغط المطلوبين.
3. التأكد من عدم وجود حيود Misalignment بين محوري الطلمبة والمحرك الكهربائي.
4. مراجعة الخلوصات الداخلية بين اجراء الطلمبات.
5. خرط ريش الطلمبات Trimming أو استبدالها باخري اصغر في حالة وجود طلمبات ذات سعة أكبر من السعة المطلوبة.
6. استخدام المولدات الاحتياطية لتخفيض الاحمال في أوقات الذروة.
7. تغطية اسطح وعاء الطلمبة Volute لخفض فواقد الاحتكاك.

فرص متوسطة التكاليف ذات جدوي اقتصادية مرتفعة تشمل تلك الفرص الاتي:

1. تحسين معامل القدرة حتى 95% بما يسمح ليس فقط بتفادي غرامة معامل القدرة بل الحصول على وفر إضافي يعادل 5%، لكل 1% زيادة في معامل القدرة عن 92% وحتى 95%.
2. استخدام مغيرات السرعة.
3. استبدال الطلمبات التي لا تتناسب مع السعة المطلوبة.
4. استخدام الطلمبات المساعدة Booster Pumps وذلك لفصل خطوط المياه ذات الضغط المرتفع عن تلك الطلمبات ذات الضغط المنخفض.
5. مراجعة ساعات المحركات الكهربائية وكفاءتها بحيث لا تزيد عن 20% عن القدرة اللازمة للطلمبة واستبدال ذات الكفاءة المتدنية خاصة التي تم لفها عدة مرات.

فرص عالية التكاليف

علي الرغم من أن هذه المجموعة من الفرص عالية التكاليف الا انها قد تكون ذات جدوي اقتصادية مرتفعة.

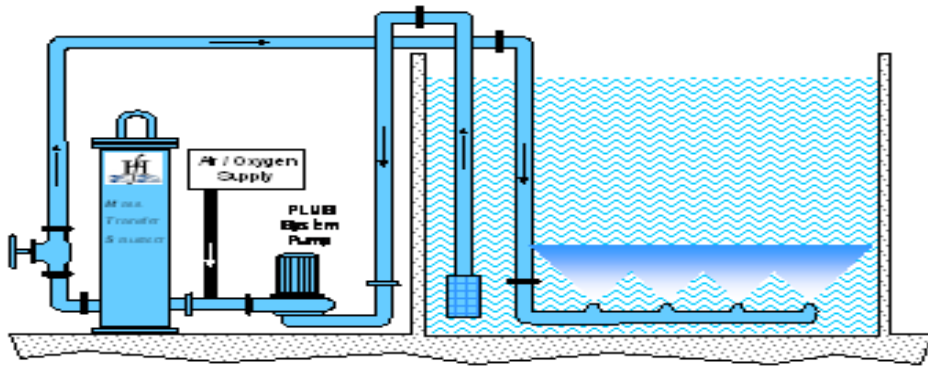
■ اهم تلك الفرص تشمل الاتي:

- توليد الكهرباء من الحمأة في محطات معالجة مياه الصرف.
- تشمل تخمير الحمأة في المخمرات اللاهوائية واستخدام الغاز الناتج في توليد الكهرباء باستخدام محركات غازية
- الحرق المباشر للحمأة في مهد مميعة Fluidized Bed واستخدام الطاقة الناتجة لتوليد البخار اللازم لتوليد الكهرباء باستخدام تربينات البخار.
- التعاون للمركز القومي للتحكم في الكهرباء باستخدام المولدات الاحتياطية لخفض الحمل الأقصى أوقات الذروة.

- يمكن كذلك توليد الكهرباء من شبكات الصرف عندما يتم صرف المياه من اماكن مرتفعة.

استخدام طرق مرشدة للطاقة في عمليات التهوية في محطات الصرف الصحي:

- تمثل استهلاك عملية التهوية في محطات معالجة مياه الصرف الصحي حوالي 50 - 75 % من الطاقة المستهلكة في تلك المحطات.
- تعتبر عملية التهوية السطحية من العمليات قليلة الكفاءة
- يمكن رفع كفاءة تلك العملية عن طريق:
 - استخدام الفقاعات المتصاعدة.
 - استخدام التهوية بالنفث.
 - عمليات التهوية عالية الكفاءة:
- عملية التهوية باستخدام الفقاعات المتصاعدة تؤدي لخفض في استهلاك الطاقة يصل الي 50% من تلك اللازمة في حالة التهوية السطحية. كذلك خفض في مدة بقاء المياه في حوض التهوية مما يؤدي لزيادة انتاجية المحطة.
- يمكن زيادة كفاءة التهوية علي طريق دفع أكسجين اضافي.
- التهوية باستخدام النفث يمكن أن يؤدي لوفر اضافي في الطاقة.
- تعديل نظام التهوية يكون دائما ذو جدوى اقتصادية مرتفعة.



التهوية باستخدام فقاعات متصاعدة مع أكسجين

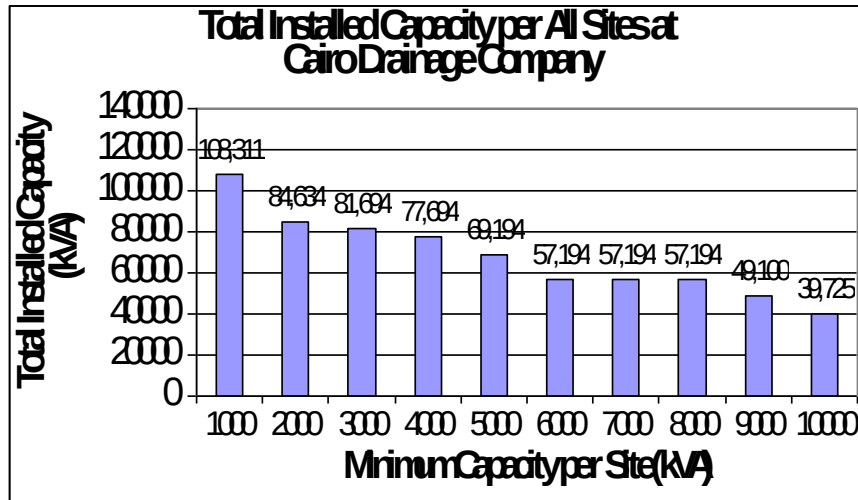


التهوية باستخدام أسلوب النفث

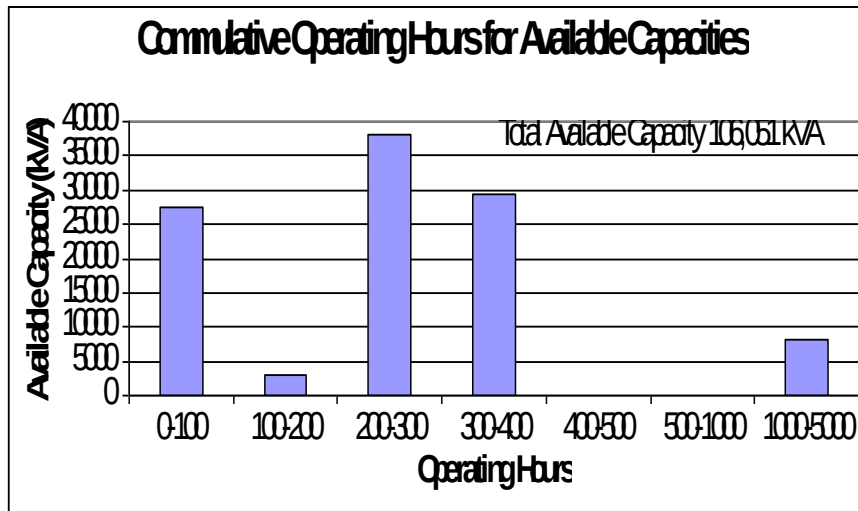
استخدام المولدات الاحتياطية لخفض احمال شبكة الكهرباء وقت الذروة:

تمتلك محطات المياه والصرف الصحي قدرات عالية من وحدات التوليد الاحتياطية.

- لا يتم استخدام تلك الوحدات الا في حالات انقطاع التيار الكهربائي وهي نادرة نظرا لتغذية جميع المحطات بأكثر من مغذي وبالتالي فان معدل استخدام تلك المولدات منخفض.
- يمكن لشبكة الكهرباء استخدام تلك المولدات لخفض الحمل الأقصى بالشبكة وقت الذروة نظير دفع رسم مقابل ذلك لشركات المياه والصرف الصحي.



- يقدر العائد الذي يمكن أن يتحقق من ذلك المشروع لشركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى بحوالي 6 مليون جنيه سنويا.
- لا يمثل ذلك لاستخدام اخلايا بوظيفة هذا الوحدات الاساسية كوحدات احتياطية حيث لن يزيد عدد الساعات المطلوبة عن 400 ساعة سنويا.



اجراءات اخري لرفع كفاءة استخدام الطاقة

- تبني برنامج لترشيد استهلاك المياه لدي المستخدمين
- تبني برنامج لإدارة الطلب علي المياه لدي المستخدمين.

- برنامج ادارة الطلب علي المياه لدي المستخدمين (DSM)
- تغيير استهلاك المياه علي مدار ساعات اليوم وكذلك علي مدار أشهر السنة.
- يرتفع استهلاك الطاقة النوعي عند ساعات الذروة وذلك لارتفاع الفواقد في الشبكات.
- انخفاض الطلب يمثل عدم كفاءة استخدام المحطات والشبكات المتاحة مما يؤدي لارتفاع التكلفة.
- تنفيذ برنامج آليات ادارة الطلب علي المياه حيث يهدف برنامج ادارة الطلب علي المياه لدي المستخدمين لرفع كفاءة الاستخدام وخفض الفواقد عن طريق تحسين معامل استخدام المحطات والشبكات كذلك خفض الحمل الأقصى مما يؤدي لخفض القيمة القسط الثابت في فاتورة الكهرباء.
- يهدف برنامج ادارة الطلب علي المياه لدي المستخدمين لرفع كفاءة الاستخدام وخفض الفواقد عن طريق تحسين معامل استخدام المحطات والشبكات كذلك خفض الحمل الأقصى مما يؤدي لخفض القيمة القسط الثابت في فاتورة الكهرباء
- تطبيق تعريف مزدوجة للمياه (يمكن البدء بتطبيق التعريف الافتراضية)
- تطبيق عقود خفض الاستخدام مع المستهلكين بالاتفاق مع شركات المياه
- زيادة خزانات المياه علي شبكة التوزيع لرفع كفاءة استخدام المحطات والشبكات.

11. كفاءة أجهزة القياس:

- (ملا يمكن قياسه لا يمكن إدارته). بهذه المقولة الشهيرة أو الحكمة إن جاز لنا التعبير نستطيع أن نقول أن أجهزة القياس داخل منظومة مياه الشرب تعتبر هي رمان الميزان لعملية التشغيل الاقتصادي.
- ويمكن إجمال أهمية أجهزة القياس في عملية التشغيل الاقتصادي كما يلي:

أ. أجهزة قياس التصرف والضغط:

- التعرف على كميات المياه الداخلة للمحطة (العكرة) وضبط جرعات الشبة والكلور والكيماويات عليها بما يحد من عملية الإهدار والإضافة العشوائية للمواد الكيماوية
- وكذا تحديد كميات المياه الخارجة اللازمة لاستهلاك المشتركين ووصول المياه بالضغط المناسبة بدون فواقد عالية للمياه. وتحديد كميات مياه الغسيل والفاقد بشكل عام داخل المحطة مم يؤدي للتحكم المثالي في الفواقد والتسريبات داخل المنظومة.
- أيضا فإن استخدام أجهزة قياس التصرف والضغط في مواقع الشبكات المختلفة يعطى صورة متكاملة عن سير المياه داخل التفرعات وبالتالي فإنه يعتبر بمثابة تقرير دوري بحالة الشبكة ويمكن القائمين على التشغيل من التحكم في قيم الفواقد وتحديد أماكن التسربات
- أجهزة قياس التصرف لمعدات إضافة الكيماويات تساعد في خفض الفاقد من الكيماويات المستخدمة وتوفير التكلفة.

ب. أجهزة قياس الجودة:

استخدام أجهزة قياس جودة المياه مثل (الكلور المتبقي - العكارة - PH - ...) تمكن المشغل من معرفة وإدارة الحدود العليا والدنيا من القيم المطلوبة طبقاً للمواصفة المصرية لمياه الشرب وبالتالي فإنها تساعد على ما يلي:

- عدم تعدى الحدود الأقل والأقصى للعناصر المطلوبة وبالتالي عد الدخول تحت طائلة القانون ومخالفة اللوائح الخاصة بوزارة الصحة
- استخدام الجرعات المثلى من الكيماويات
- مثال تطبيقي: عند إضافة كمية عالية من الكلور النهائي بعد المرشحات وقياس الكلور الحر المتبقي وجد أنه في حدود 5 جزء في المليون وحيث أن تعليمات التشغيل تنص على عدم تعدى هذه القيمة ل 3 جزء في المليون ففي هذه الحالة يلزم على المشغل اتخاذ إجراء لتلاشي 2 جزء في المليون ويكون ذلك بإحدى طريقتين أولهما بإضافة مزيل كلور والثاني هو التخلص من المياه الموجودة بالخزان وكلا الطريقتين تؤدي لتكلفة عالية لعملية التشغيل
- وبالتالي فإنه يمكن القول بأن استخدام أجهزة القياس يعتبر من العناصر الهامة في خفض تكلفة التشغيل

المراجع

- تم الإعداد بمشاركة المشروع الألماني GIZ
- و مشاركة السادة :-

➤ مهندس / اشرف علي عبد المحسن	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
➤ مهندس / طارق ابراهيم عبد العزيز	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
➤ مهندس / مصطفى محمد محمد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
➤ مهندس / محمد محمود الديب	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
➤ دكتور كيمائي / حسام عبد الوكيل الشربيني	شركة الصرف الصحي بالاسكندرية
➤ مهندس / رمزي حلمي ابراهيم	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
➤ مهندس / اشرف حنفي محمود	شركة الصرف الصحي بالاسكندرية
➤ مهندس / مصطفى احمد حافظ	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
➤ مهندس / محمد حلمي عبد العال	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
➤ مهندس / ايمان قاسم عبد الحميد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالشرقية
➤ مهندس / صلاح ابراهيم سيد	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
➤ مهندس / سعيد صلاح الدين حسن	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
➤ مهندس / صلاح الدين عبد الله عبد الله	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
➤ مهندس / عصام عبد العزيز غنيم	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
➤ مهندس / مجدي علي عبد الهادي	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
➤ مهندس / عبد الحليم مهدي عبد الحليم	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالقليوبية
➤ مهندس / سامي يوسف قنديل	شركة الصرف الصحي بالاسكندرية
➤ مهندس / عادل محمود ابو طالب	GIZ المشروع الالمانى لادارة مياه الشرب والصرف الصحي
➤ مهندس / مصطفى محمد فراج	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي