تصميم أنظمة التكييف بالماء البارد

Chilled water system

المحاضرة رقم -٧-

دورة تدريبية لمهندسي الميكانيك 2023

مركز التدريب والتأهيل بفرع نقابة المهندسين بحمص

المحاضر: د. م. محمد عبده باكير
قسم القوى – كلية الهمك – جامعة البعث

أسئلة الاختبار الذاتي

س١- اذكر أنواع حوامل وعلاقات أنابيب الماء.

س٢- ما هي الطرق المستخدمة في امتصاص :

- التمدد والانكماش في الأنابيب.
- الاهتزاز في الأنابيب.

س٣- اذكر أنوع الصمامات التي تستخدم في أنظمة الماء، صف تركيبها وتكوينها.

س٤- ما هي وظيفة خزان التمدد في جهاز التكييف المركزي. ارسم مخططا يوضح مكان تركيبه.

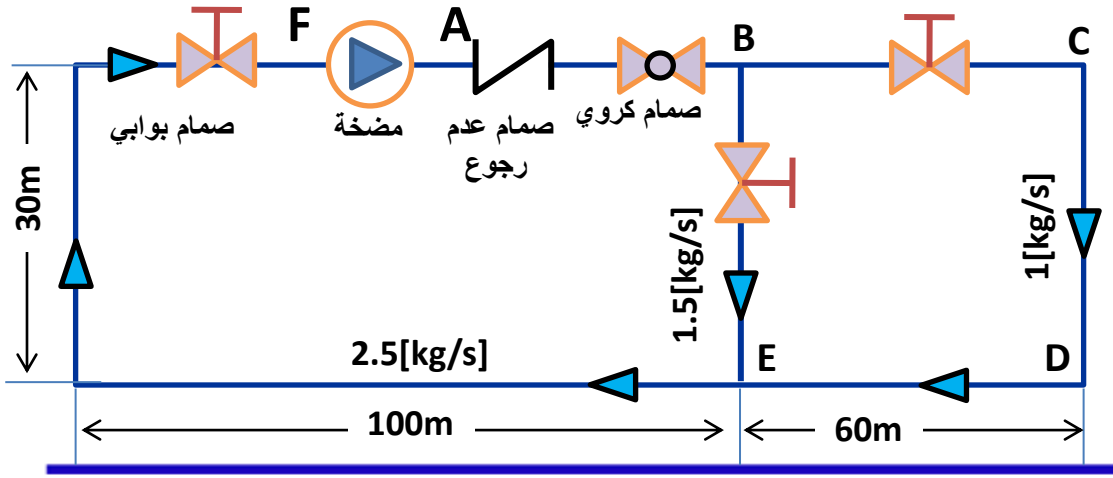
س٥- دورة ماء لجهاز تكييف مركزي تتكون من مسارات تحمل [kg/s](2&20&60)ماء بارد عند درجة حرارة 7.5C والمطلوب صمم أقطار الأنابيب لها ثم أوجد معدلات هبوط الضغط والسرعات.

س٦- في نظام الأنبوب المائي البارد الموضح في الشكل، احسب:

١- أقطار الأنابيب في كل جزء.

٢- هبوط الضغط الكلي.

٣- الارتفاع المانومتري للمضخة.



Chilled Water System

Air Conditioning Types(HVAC Systems)

Direct expansion system (DX)
نظام التمدد المباشر
يتم تبريد الهواء عن طريق الفريونات مباشرة

DX) (GENERAL SYSTEM

1. Low Initial Cost
   تكلفة متوسطة وبسيطة
2. High running Cost
3. Easy for maintenance

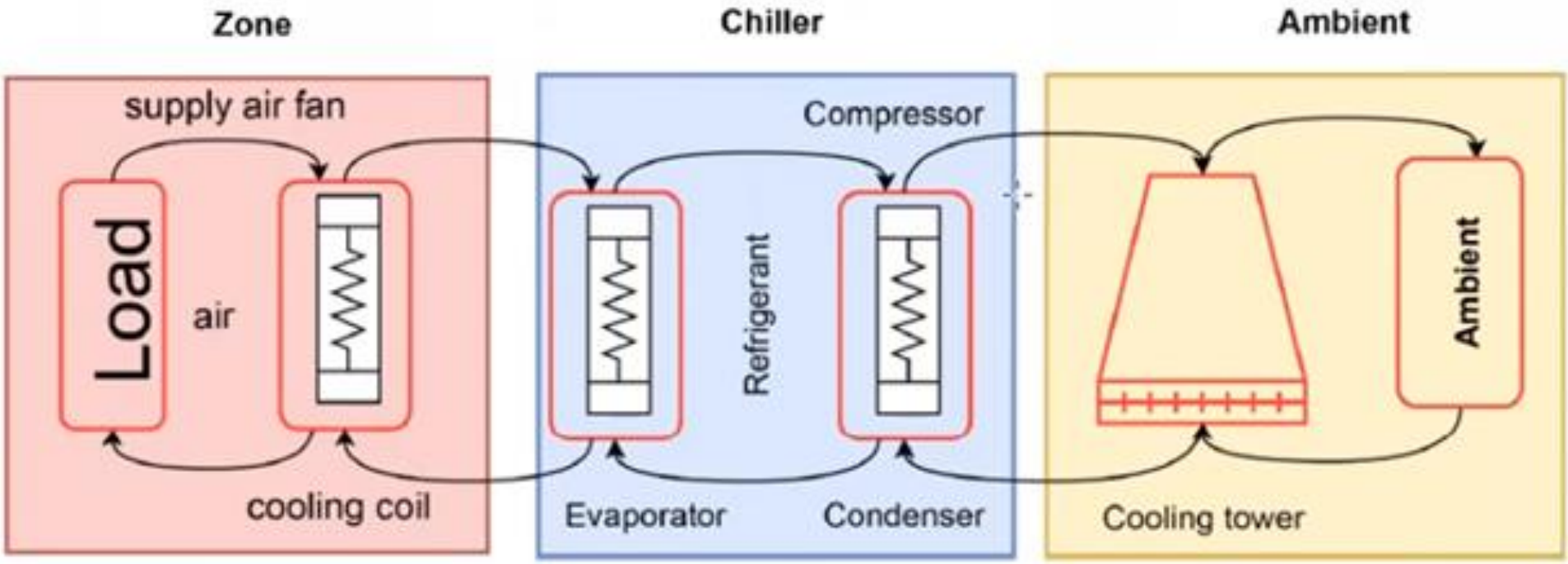
Chilled water system
نظام المياه المبردة
يتم تبريد الهواء عن طريق مياه مبردة بالفريونات

1. High Initial Cost
   تكلفة عالية وتستخدم في المشاريع الكبيرة
2. Low running Cost
3. Complicated maintenance

Air Conditioning Types(HVAC Systems)

- ✓ يتم تبريد الهواء في نظام **DX** عن طريق الفريون مباشرة أما في نظام **Chilled water system** يتم تبريد الهواء في الغرفة عن طريق مياه مبردة مسبقا في تشيلرات عن طريق الفريون .
- ✓ يستخدم نظام الـ **DX** في الأماكن التي لها أحمال حرارية صغيرة لأن هذه الأنظمة لها سعات تبريديه محددة.
- ✓ يستخدم نظام الـ **Chilled water system** في الأماكن التي لها أحمال حرارية كبيرة لأن هذه الأنظمة لها سعات تبريديه غير محددة.
- ✓ تكاليف التركيب والتشغيل في نظام الـ **DX** صغيرة بالمقارنة مع تكاليف التركيب والتشغيل في نظام الـ **Chilled water system** .
- ✓ العمر الافتراضي لنظام **Chilled water system** كبير، يصل إلى **30** عاما مقارنة مع نظام **DX** والذي قد يحتاج إلى تغييره بعد فترة.
- ✓ الـ **Running Cost** لنظام **Chilled water system** منخفضة ، حيث أنه نظام موفر للطاقة بالمقارنة مع نظام الـ **DX** والذي يحتوي على أكثر من ضاغط وغير موفر للطاقة.
- ✓ الشكل الجمالي للمبنى أفضل في حالة استخدام **Chilled water system** بالمقارنة مع نظام **DX** ، حيث نستخدم وحدات خارجية تشوه شكل المبنى.
- ✓ نظام الـ **DX** سهل عند اجراء الصيانة له أم نظام الشيلر معقد ويحتاج إلى أخصائيين.

Chilled water system
نظام المياه المبردة



حساب استطاعة التشيلر :

استطاعة التشيلر = استطاعة وشيعة التبريد x 1.1

استطاعة الشيلر دائما يجب أن يكون أكبر من وشيعة التبريد بمقدار الضياعات وعوامل الأمان

Chilled water system نظام المياه المبردة

- ✓ يمكن وصل chiller مع FCU وكذلك يمكن وصله مع AHU على السطح ليتم معالجة نوعية الهواء (التهوية) بشكل أفضل كما هو الحال في Package unit كما يمكن وصله مع وحدة AHU داخلية لتصبح مثلها مثل FCU ولكنها تعطي أطنان من التبريد (تبريد أكثر) ففي بعض الحالات عندما لا يتسع الفراغ بين السقف المستعار والسطح على FCU نضع AHU بدلا من FCU وبذلك نكون قد قللنا من عددها.
- ✓ إن من أهم عيوب الـ chiller النسبية هي كونها جهاز تبريد فقط ولا يعمل على التدفئة حيث أنه من الضروري تصميم نظام آخر على التدفئة Boiler ، وبالجدير بالذكر قيام الشركات المصنعة في الآونة الأخيرة بتطوير الـ chiller وتصنيع جهاز جديد chiller heat pump حيث يعمل على التبريد والتدفئة كباقي الأجهزة السابقة ، إلا أنه غير فعال في المناطق الباردة جدا شتاء وذلك بسبب أن فرق درجات الساخنة بين supply و Return قليلة مقارنة بالـ Boiler مما يجعل عملية التبادل الحراري غير فعالة في المناطق الباردة جدا والتي تحتاج إلى فروقات كبيرة في درجات حرارة وسيط نقل الحرارة (الماء).
- ✓ إن الـ chiller فيه مرحلتان من التبادل الحراري الأولى بين دورة التبريد (الغاز) والماء والثانية ما بين الماء والهواء وبالتالي فإن الـ chiller يتميز عن غيره بوجد وسائط تبريد متنوعة : فالهواء داخل الحيز يبرد عن طريق الماء والماء يبرد عن طريق وسيط التبريد الفريون والفريون يبرد عن طريق الهواء الجوي أو الماء في حال استخدام أبراج التبريد في المكثف .

Chilled water system نظام المياه المبردة

- ✓ في كل Space أو Zone بالمشروع يتم وضع Cooling Coil يمر بها مياه مبردة تعمل على ازالة الحمل الحراري Load من الـ Space أو Zone باستخدام Supply Air Fan.
- ✓ هذه المياه المبردة يتم تبريدها في المبخر Evaporator موجود في الشيلر ويمر به وسيط التبريد ثم يتم تبريد الفريون في المكثف Condenser عن طريق ماء يأتي من Cooling Tower عن طريق مضخة المكثف أو يتم تبريد الفريون في المكثف عن طريق الهواء.
- ✓ يتم تبريد المياه في الـ Cooling Tower عن طريق الهواء الخارجي الـ Ambient.
- ✓ في نظام Chilled water system تم استخدام الماء كوسيط تبريد للهواء ، ثم استخدم الفريون كوسيط تبريد للمياه Chilled water، ثم استخدم الهواء الخارجي Ambient كوسيلة تبريد للمياه في الـ Cooling Tower .

Chilled water system Components مكونات نظام المياه المبردة

- System components
  - Chiller
  - Chilled water pumps
  - Indoor units (Cooling Devices)
    - Fan coil unit
    - Air handling unit
  - Cooling tower
  - Cooling tower pumps
  - Piping network

التشيلرات Chillers

✓ التشيلر هو الجزء الرئيسي في النظام وهو المسئول عن تبريد المياه.

Chilled Water System

- **Water cooled chiller** → The condenser is cooled by water
- **Air cooled chiller** → The condenser is cooled by air

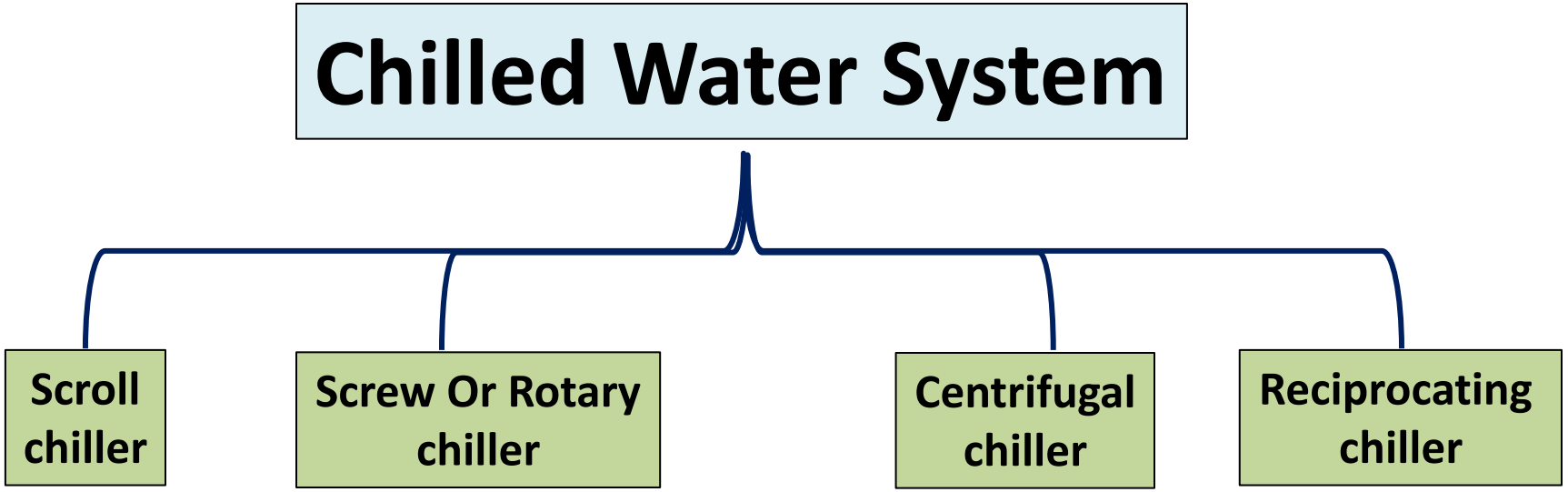
- Water cooled chiller & Air cooled chiller

✓ يتم تصنيف الـ Chiller طبقا لتبريد المكثف إلى:

Chillers التشيلرات

✓ التشيلر هو الجزء الرئيسي في النظام وهو المسئول عن تبريد المياه.

✓ يتم تصنيف الـ Chiller أيضا طبقا للـ Compressor إلى:



✓ يوجد نوع خاص من التشيلر يسمى Absorbent Chiller.

✓ أشهر الشركات للـ Chiller هي:

Hitachi & Daikin & Trane & York & Carrier

Chilled Water System

Water cooled chiller

- ✓ يتم تبريد المكثف عن طريق المياه باستخدام برج تبريد.
- ✓ هذا النوع Unlimited له أحمال متنوعة.
- ✓ حجمه صغير.
- ✓ يمكن وضعه في أي مكان مع توفير مصدر للمياه.
- ✓ يستهلك طاقة أقل.
- ✓ كفاءته أعلى.
- ✓ سعره مرتفع.
- ✓ صيانته معقدة.

Air cooled chiller

- ✓ يتم تبريد المكثف عن طريق الهواء باستخدام مراوح .
- ✓ هذا النوع limited أقصى حمولة له 500TR .
- ✓ حجمه كبير بسبب المراوح.
- ✓ يلزم وضعه على السطح أو في مساحة مفتوحة.
- ✓ يستهلك طاقة كهربائية عالية .
- ✓ كفاءته منخفضة .
- ✓ سعره منخفض .
- ✓ صيانته بسيطة.

Reciprocating chiller

Advantages:

1. Low initial Cost. تكلفة أولية منخفضة
2. Have a Higher condensing Temperature. لها درجة حرارة تكثيف عالية
3. More Suited For Applicant Where Air Cooled Condenser. أكثر ملائمة للطلب
4. Suitable Till 200[TR].

تستخدم حتى الاستطاعات
200[TR]

Reciprocating chiller

Disadvantages:

1. High Noise. ضوضاء عالية
2. High Vibration. اهتزاز عالي
3. Need High Level Maintenance.
   بحاجة إلى صيانة عالية المستوى

Reciprocating chillers Have More Moving Parts Than Other Chillier Types

Screw Or Rotary chiller

Advantages:

1. Available in capacities ranging from **20 to 300 [TR].**
2. Less efficient than Reciprocating chiller
3. Small Size Light weight.
4. Less vibration.

Screw Or Rotary chiller
20 to 300[TR]

Disadvantages:

1. High initial cost (for small cooling loads)
2. Screw chillers are the most expensive.
3. The lubricating oil system is complex and consumes a lot of oil.
نظام زيت التشحيم معقد ويستهلك الكثير من الزيت.

Centrifugal chiller

Advantages:

1. Available in capacities ranging from **90 to 1000 [TR].**
2. Centrifugal chillers cost lower than screw by 10:15% at the same operation conditions.
3. Centrifugal chillers are the most efficient at peak load.

Centrifugal chiller

Disadvantages:

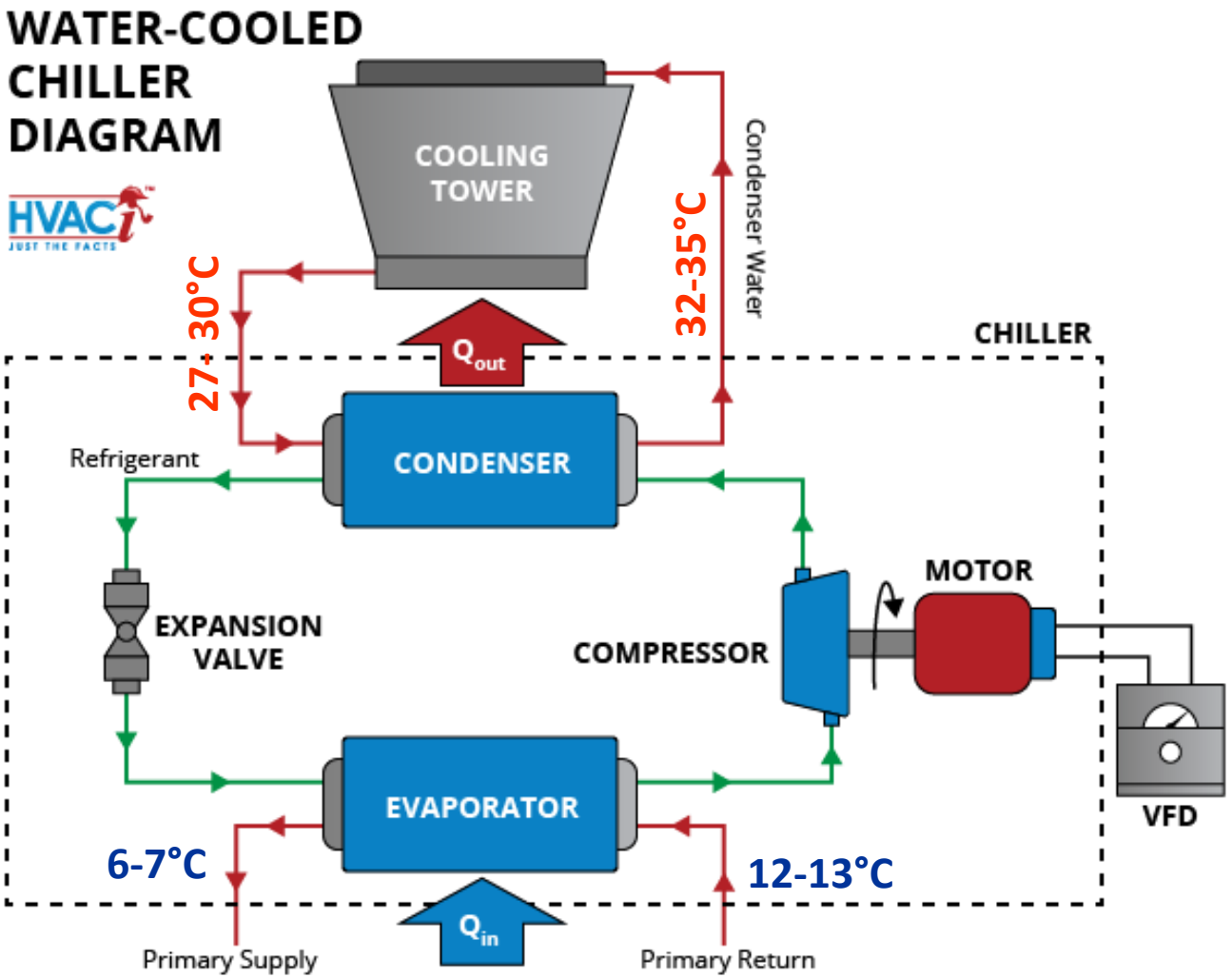
1. High requirements for water quality.
2. The cost is high, many Parts, vulnerable parts, high maintenance costs.
1. Low compression ratio and small single cooling capacity.
2. Poor adjustment performance under a partial load of a single head, no step les adjustment. أداء ضعيف في الاستجابة للحمولات الجزئية
3. Large weight index of unit refrigerating capacity. وزن نوعي كبير

Scroll chiller

Advantages:

1. Simple structure, few parts, few wearing parts, and long life.
2. It is a stable, low load operation without surge phenomenon.
3. The compression ratio and EER value high.
4. Step less regulation in the range of 10%-100%, high efficiency under partial load and power saving.
5. Insensitive to wet stroke.

Water Cooled Chiller Diagram



Power Panel

Controls Unit

Water Cooled Chiller Diagram

- ✓ يتكون التشيلر **Chiller** من دورة تبريد عادية: **Compressor** & **Evaporator** & **Condenser** & **Expansion Valve** & **Water Box** & **Power Panel** & **Control Unit**
- ✓ تدخل المياه إلى المبخر وهو من النوع : **Shell and Tube** بدرجة حرارة **12-13°C** وتخرج منه مياه مبردة بدرجة حرارة **6-7°C**.
- ✓ في النوع **Water cooled chiller** يوجد دائرة تبريد مياه أخرى حيث تدخل المياه إلى المكثف لتعمل على تبريد ه .
- ✓ غالبا الـ **Chiller** بيكون مؤلف من أكثر من دائرة تبريد وكل دائرة تبريد يحتوي على أكثر من ضاغط **Compressor** لذلك الـ **Chiller** يعمل على **Part Load**.
- ✓ كل **Chiller** له **Microcomputer Control** على حسب الشركة المصنعة وهو عبارة عن **Software** متحكم في التشغيل ويعطي انذار عند حدوث العطل بالـ **Chiller** مثل (ارتفاع أو انخفاض ضغط الفريون ، نقص في زيت الضاغط ، نقص أو تجمد المياه .....) وذلك عن طريق حساسات **Sensors** ويمكن من خلال شاشة لوحة التحكم **Control Panel** تحديد نوع العطل.
- ✓ يمكن التحكم في درجة حرارة المياه عن طريق **Solenoid Valve** يعمل على منع دخول السائل إلى المبخر إلا في حالة أن يكون أحد الضواغط في الدارة في حالة عمل.

Chillers Types

- Chillers types

Steam Based

Hot Water Based

Natural gas Based

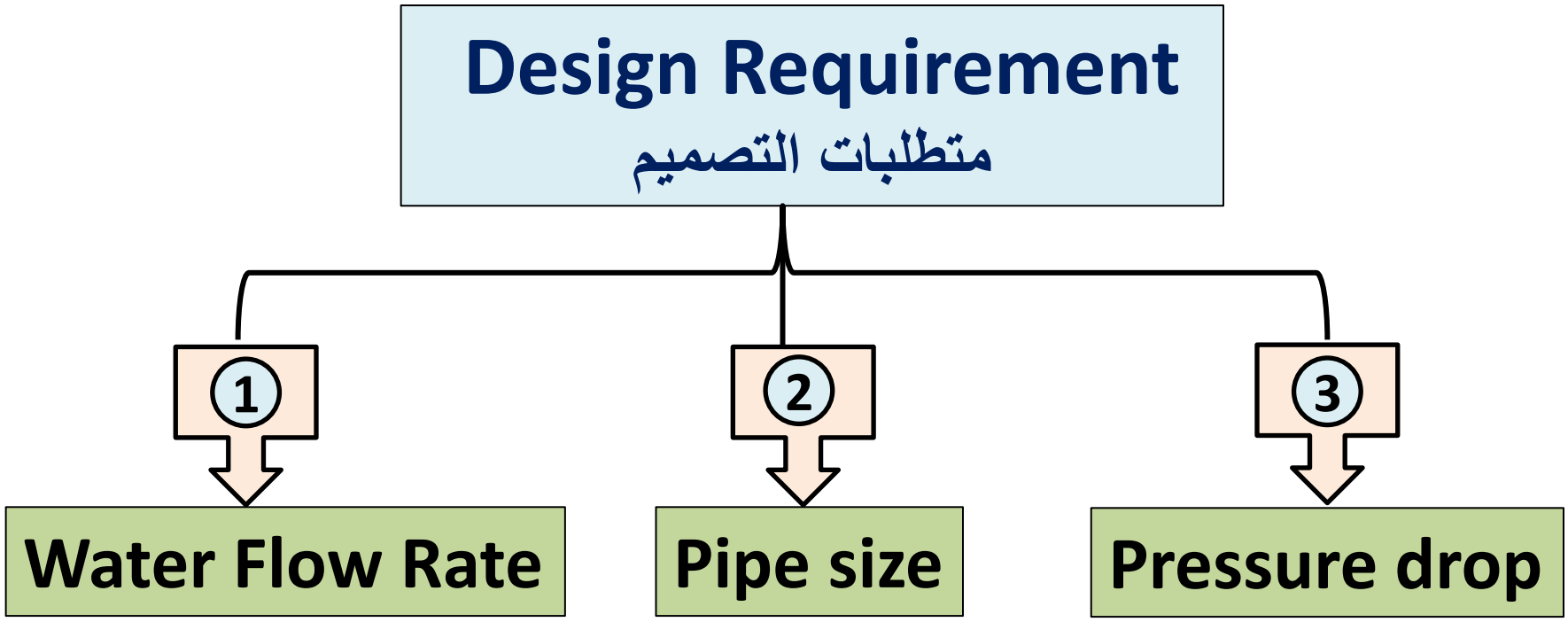
Solar Energy Based

Waste Heat Based

تصميم أنظمة توزيع الماء

Water distribution system design

Design of chilled water system



خطوات تصميم نظام شبكة الأنابيب The design of water piping

أولا: بنظام الواحدات الدولية

١- تجهيز مخطط نظام شبكة الأنابيب .

٢- تحديد معدل جريان الماء في كل جزء من دورة الماء و ذلك بتجميع معدلات الجريان لكل وحدة طرفية حتى المضخات الرئيسية .

٣- اختيار فاقد الضغط نتيجة للإحتكاك لكل وحدة طول من الأنبوبة :

✓ اعتماد سرعة لا تزيد عن 2.4m/s أو هبوط ضغط لا يتعدى 500Pa في الأنظمة الكبيرة .

✓ اعتماد سرعة في حدود 1.2m/s في الأنظمة الصغيرة .

٤- تحديد قطر الأنبوب الرئيسي من خارطة هبوط الضغط ، وبتثبيت هبوط الضغط في الفقرة السابقة نحدد مقاس الأنابيب لبقية الفروع.

٥- يجب أن لا تقل السرعة في جميع الحالات عن 0.5m/s لتجنب الترسيب

٦- تحديد دارة أكبر طول مكافئ لحساب هبوط الضغط الكلي للنظام .

٧- اختيار المضخة المناسبة وحساب قدرتها.

1- Chiller Water Flow Rate Or Pump Flow Rate

Cooling Load

$$Q = \dot{m} \times C_P \times \Delta T$$

$$Q[kW] = \dot{m}\,[kg/h] \times C_P[kw.h/kg.K] \times \Delta T[K]$$

$$C_P[kw.h/kg.K] = 0.00116$$

$$Q[kW] = \dot{m}\,[kg/s] \times C_P[kJ/kg.K] \times \Delta T[K]$$

$$C_P[kJ/kg.K] = 4.186$$

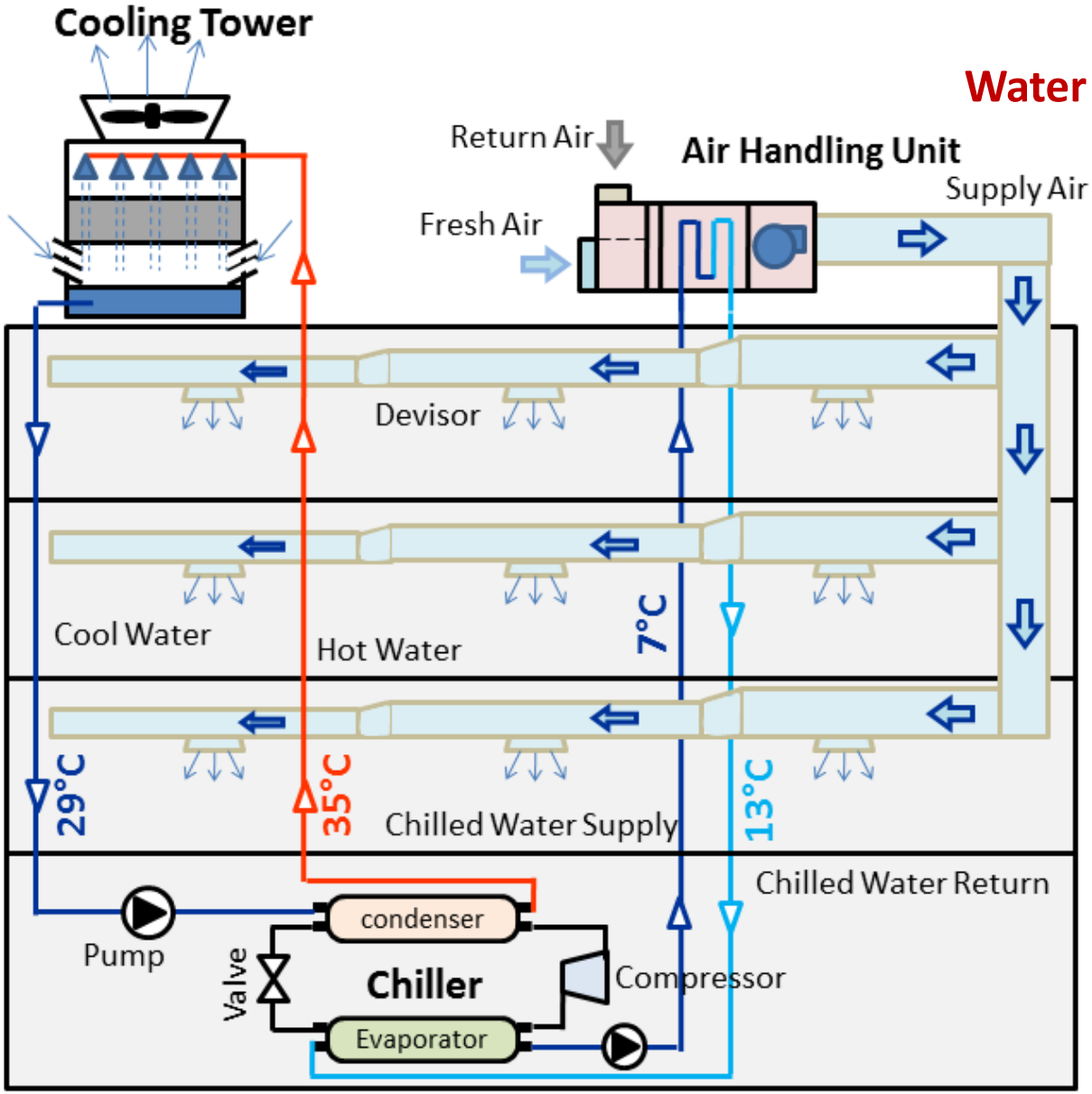
$$\dot{m}\,[kg/s] = \frac{Q[kW]}{C_P[kJ/kg.K] \times \Delta T[K]}$$

ECWT= Entering chilled water temperature = 54°F Or (12 - 13°C)

LCWT= Leaving chilled water temperature = 44°F Or (6 - 7°C)

ΔT= ECWT – LCWT =10°F or 6°C

تصميم أنظمة توزيع الماء
Water distribution system design



$$1\left[\frac{l}{s}\right] = 15.85[gpm]$$

$$1gpm = 0.063\ [l/s]$$

$$1gpm = 227.124\ [l/h]$$

$$1gpm = 0.22712\ [m^3/h]$$

2- Pipe size

Water distribution system أنظمة توزيع الماء

أنواع الأنابيب الأكثر استخداما

- الحديد المطاوع الأسود والمغلفن (Wrought iron)
- الحديد الصلب الأسود والمغلفن (steel)
- خام النحاس المطاوع والصلد (copper)

يعتمد اختيار نوع الأنبوب على الخدمة الذي يقوم به الأنبوب والتكلفة :

١) خواص المائع المحمول بالأنبوب .
٢) درجة الحرارة .
٣) الضغط .
٤) التعرض للأكسدة والصدأ .
٥) التكلفة الابتدائية والصيانة .
٦) الوفرة .

Water distribution system أنظمة توزيع الماء

تستخدم دورات الماء المبرد في أنظمة التكييف الحديد الأسود (الاسم التجاري) حيث يرمز لسمك الأنبوب برقم الأنبوبة (Schedule Number) مثل 20,30,40 وهكذا واختيار هذا الرقم يعتمد على الضغط ودرجة حرارة الخدمة . في أنظمة الماء للتكييف المركزي (أنابيب الماء البارد وأنابيب الماء الساخن) يتم عادة استخدام الأنابيب (Schedule Number 40) أو الحديد الأسود متوسط المرتبة :
Medium grade black steel (BS 1387)

جدول رقم () : يوضح الاستخدامات المختلفة لخامات الأنابيب وتركيبها

الخدمة		الأنبوبة	التركيبات
وسائط التبريد: R12&R22&R500	خط السحب	نحاس صلد	نحاس مطاوع ، نحاس أصفر مطاوع
	خط السائل، الطرد	حديد	حديد مطاوع
ماء مبرد (مثلج)		حديد أسود أو مغلفن	حديد مغلفن أو حديد زهر
		نحاس صلد	نحاس مطاوع ، نحاس أصفر مطاوع
ماء ساخن أو بخار		حديد أسود	حديد زهر
		نحاس صلد	نحاس مطاوع ، نحاس أصفر مطاوع

Water distribution system أنظمة توزيع الماء

الجدول رقم (): يوضح خواص أنابيب الحديد الأسود Schedule Number 40 & BS 1387.

يوضح الجدول كميات الماء التي تحتويها مقاسات الأنابيب المختلفة.

القطر الاسمي (mm)	القطر الداخلي (mm)	كتلة الماء المحتواة فيها [kg/m]
10	12.4	0.121
15	16.1	0.366
25	27.3	0.585
32	36	1.018
40	41.9	1.378
50	53	2.206
65	68.7	3.706
80	80.7	5.113
90	93.15	6.813
100	105.1	8.673
125	129.95	13.259
150	155.4	18.961

اختيار الأنابيب Pipe Selection

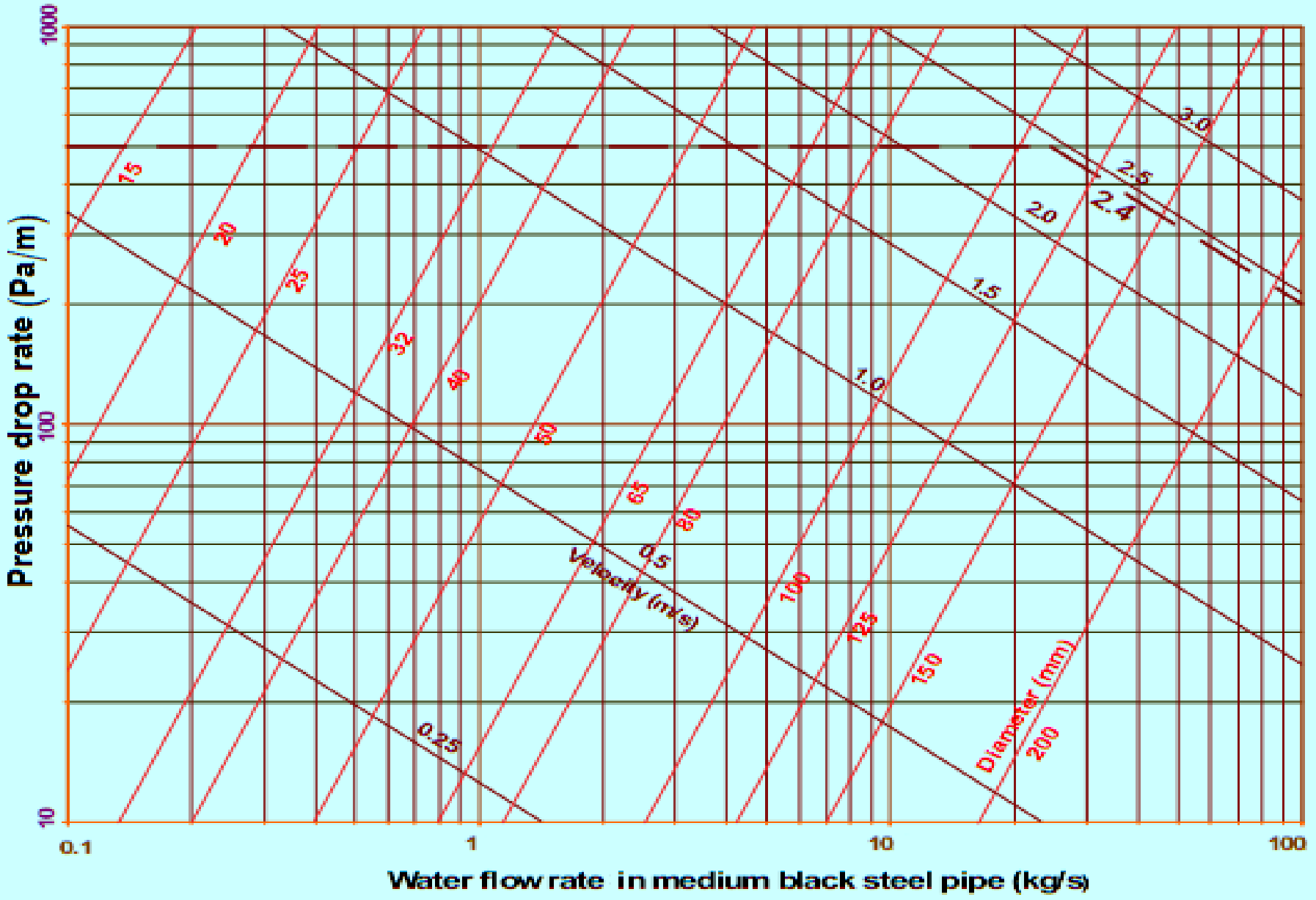
- ✓ - يعتمد قرار الاختيار بين أنابيب الحديد أو النحاس في المقام الأول على التكلفة.
- ✓ - المنشآت الكبيرة تستخدم الحديد والمنشآت الصغيرة تستخدم النحاس (عمالة أقل).
- ✓ - هبوط الضغط للمائع في أنابيب النحاس أقل من الحديد ، مما يعني أحجاما صغيرة للمضخات واستهلاكا أقل للطاقة.
- ✓ - النحاس أقل تعرضا لمشاكل الأكسدة وتكون القشور من الحديد.
- ✓ - يستخدم الحديد في الأنابيب الكبيرة بينما الفروع الصغيرة تكون من النحاس، وفي هذه الحالة يلزم وضع جلب من البلاستيك لعزل النحاس عن الحديد لتفادي تحليل كهربائي عند تلامس معدنين .
- ✓ - يستخدم الحديد المغلفن في أنظمة الماء المفتوحة ، كتلك التي تستخدم أبراج التبريد ، لأنها تكون عرضة للصدأ نتيجة للأكسدة.
- ✓ - في بعض التطبيقات التي يحدث فيها صدأ بصورة خطيرة فإن الحديد المغلفن يصبح غير كاف ويستخدم في هذه الحالة الحديد المطاوع أو حديد الزهر ولكنهم NOminal Size والتي لا تساوي بالضبط القطر الداخلي أو القطر الخارجي للأنبوب.

3- Pressure drop

المخطط التالي رقم ():
خريطة هبوط الضغط نتيجة للإحتكاك في أنابيب الحديد الأسود للماء البارد عند 7.5°
medium grade black stell
BS 1387

ملاحظة:

هبوط الضغط نتيجة للإحتكاك في أنابيب الحديد الأسود للماء الساخن (75°) ينخفض بمقدار 10%


Pressure drop rate (Pa/m)
1000
100
10
0.1
1
10
100
Water flow rate in medium black steel pipe (kg/s)
Velocity (m/s)
0.25
0.5
1.0
1.5
2.0
2.4
2.5
3.0
Diameter (mm)
15
20
25
32
40
50
65
80
100
125
150
200

الأحمال الحرارية المنقولة بالماء البارد بدرجة حرارة وسطية 10°C وعند هبوط ضغط مقداره ΔP=200 [Pa/m]

القطر [in]	التدفق [liter/s]	الحمل بواحدة [kcal/h]	الحمل بواحدة [W]
1/2	0.055	900	1045.3
3/4	0.135	2210	2566.8
1	0.253	4140	4808.4
1 1/4	0.564	9230	10720
1 1/2	0.869	14220	16515.7
2	1.66	27160	31544.7
2 1/2	3.44	56290	65377.5
3	5.37	87870	102055.7
4	11	179990	209047.5
5	19.7	322350	37439.2
6	31.9	521980	606248.5
8	65.8	1076730	1250557

هبوط الضغط في تركيبات الأنابيب Pressure drop in pipe fitting

الجدول التالي رقم (): يوضح الفقد في الصمامات والتركيبات بالمتر من الأنبوب . وبالنسبة للجريان المستقيم عبر التيهات يستخدم الطول المكافئ للكوع 90° قياسي .

نوع التركيبة	تحديد الطول المكافئ — القطر الاسمي للأنبوبة (mm)												
	12.5	20	25	30	40	50	65	75	10 0	12 5	150	20 0	250
كوع 45°	0.24	0.27	0.4	0.5	0.7	0.9	1.0	1.2	1.7	2.0	2.4	3.4	4.0
كوع 90° قياسي	0.5	0.6	0.8	1.0	1.3	1.7	2.0	2.4	3.3	4.0	4.9	6.7	8.0
طويل 90° كوع	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	1.1	1.3	1.6	2.0	2.6	3.2	4.3	5.0
صمام بوابي مفتوح	0.2	0.27	0.3	0.46	0.5	0.7	0.9	1.0	1.4	1.8	2.0	2.7	3.7
صمام كروى مفتوح	5.0	6.7	8.0	11.0	13. 0	16. 7	20	25	33. 5	41	50	67	82
صمام زاوية	2.0	2.7	3.6	4.6	5.5	7.3							
تي - سريان جانبي	0.9	1.2	1.5	2.0	2.7	3.7	4.3	5.2	6.7	8.5	10.4	13.4	17
صمام عدم رجوع	1.8	2.4	3.0	4.3	4.9	6.1	7.6	9.0	12. 2	15. 2	18.3	24.4	30. 5

تمرين

أوجد هبوط الضغط خلال كوع 90° قياسي ، قطره الاسمي 100mm مصنوع من الحديد الزهر في نظام ماء بارد يسري فيه بمعدل 22.3[kg/s].

الحل:

نوجد الطول المكافئ للكوع القياسي من الجدول رقم (): EL=3.3[m]. وباستخدام خريطة هبوط الضغط ΔPعند معدل جريان 22.3[kg/s] وقطر 100[mm] هو 550[Pa/m] .

ومنه : $\Delta P=550\times3.3=1800[Pa]=0.18[m.w]$

تمرين

أوجد هبوط الضغط نتيجة الاحتكاك والسرعة في أنبوبة حديد طولها 150mوقطرها 50mm يجري فيها ماء بارد عند درجة حرارة 7.5C بمعدل 3[kg/s].

الحل:

باستخدام خريطة هبوط الضغط لأنابيب الحديد الأسود المخطط() نوجد هبوط الضغط $\Delta P=450Pa/m$،ومنه:$\Delta P=450\times150=67500[Pa]=6.75[m.w]$ بحيث :$V=1.4[m/s]$

$G=\rho\ [kg/m^3]\times A\ [m^2]\times V[m/s]=3[kg/s] \rightarrow V=(3/0.22\times1000)$

$\rho=1000[kg/m^3]\&A=(\pi D^2/4)=0.0022[m^2]\&V[m/s] \rightarrow$

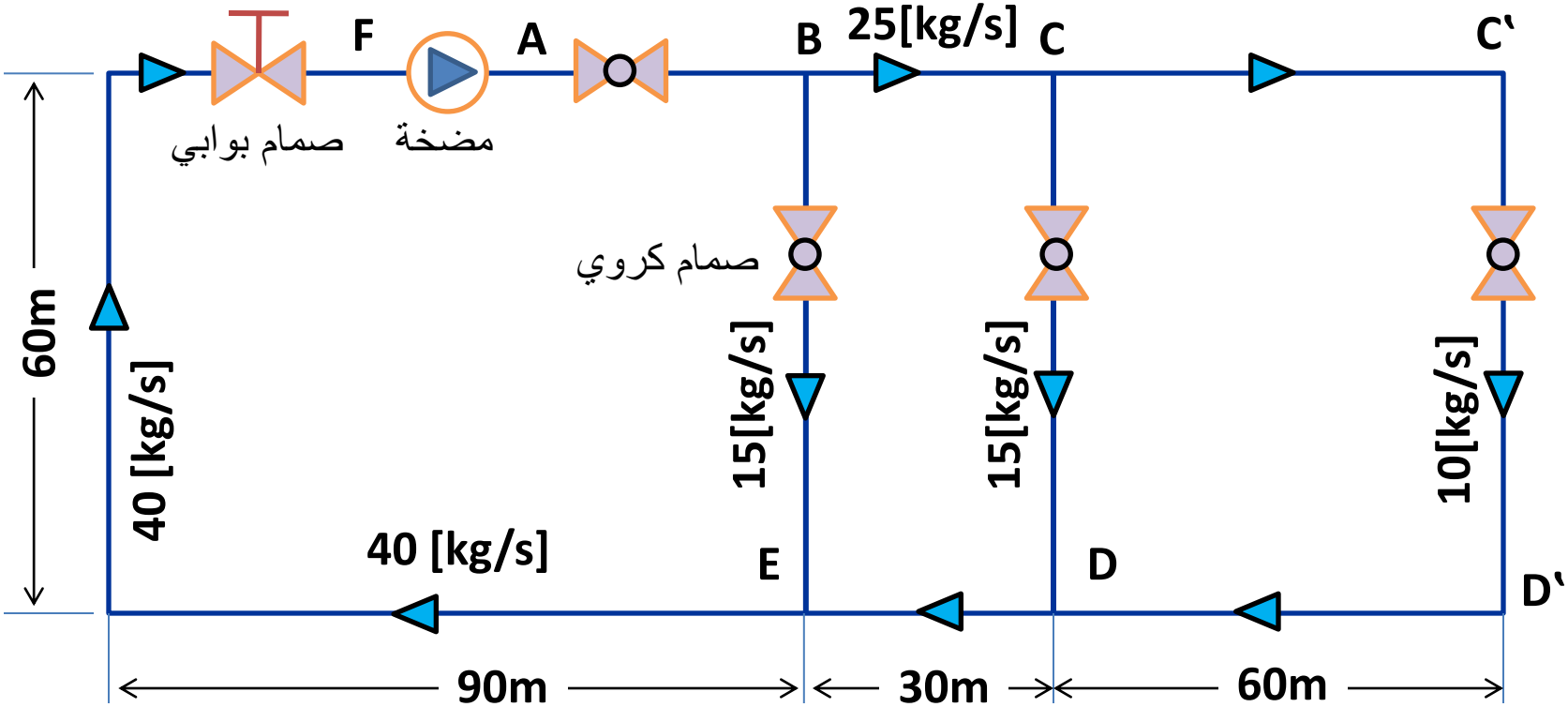
$V=(3/0.0022\times1000)=1.4[m/s]$

تمرين

يبين الشكل التالي نظام أنبوب مائي بارد عند درجة 7.5C من الحديد الأسود BS 1387 والمطلوب حساب :

١- قطر الأنبوب في كل جزء من الدارة. ٢- هبوط الضغط الكلي لأطول مسار للنظام.

٣- الارتفاع المانومتري المطلوب للمضخة.



الحل:

باستخدام خريطة هبوط الضغط لأنبوب الحديد الأسود الشكل رقم () نوجد الأقطار والسرعات وهبوط الضغط وعلى أن لا تزيد السرعة عن 2.4[m/s] .

م	الدائرة	التدفق [kg/s]	القطر[mm]	السرعة [m/s]	هبوط الضغط [Pa/m]
1	EFAB	40	150	2.2	260
2	BC	25	125	1.8	240
3	CD	15	100	1.5	235
4	BE	15	100	1.5	235
5	C`D`	10	100	1.2	150
6	DE	25	125	1.8	240

لاحظ أن أقطار الأنابيب تتناقص بتناقص معدل الجريان وذلك للمحافظة على هبوط ضغط قريب من هبوط الضغط الابتدائي.

٣- الارتفاع المانوميتري للمضخة المطلوبة هي:

$$\Delta P=129572[Pa]=1.29572[bar]=12957.2[mm.w]=12.9572[m.w]\approx 13[m.w]$$

٢- يتم دائما تصميم النظام على أساس أطول دائرة ABCC'D'DEF

المقطع	التركيبة	القطر[mm]	التدفق[kg/s]	السرعة [m/s]	ط. مكافئ[m]	عدد التركيبات	الطول الكلي[m]	ΔP[Pa/m]	ΔP[Pa]
EFAB	أنبوب	150	40	2.2	-	-	240	260	62400
	صمام بوابي	-	-	-	2	1	2	260	520
	صمام كروي	-	-	-	50	1	50	260	13000
	كوع قياسي	-	-	-	4.9	2	9.8	260	2548
	تي	-	-	-	4.9	1	4.9	260	1274
المجموع							306.7	260	79742
BC	انبوب	125	25	1.8	-	-	30	240	7200
	تي	-	-	-	4	1	4	240	960
المجموع							34	240	8160
CC'D'D	أنبوبة	100	10	1.2	-	-	180	150	27000
	صمام كروي	-	-	-	33.5	1	33.5	150	5025
	كوع قياسي	-	-	-	3.3	2	6.6	150	990
	تي	-	-	-	3.3	1	3.3	150	495
المجمع							223.4	150	33510
DE	أنبوبة	125	25	1.8	-	-	30	240	7200
	تي	-	-	-	4	1	4	240	960
المجموع							34	240	8160
هبوط الضغط الكلي									129572

اختيار المضخات

يفضل اختيار أكثر من مضخة في أنظمة التكييف المركزي يتم تركيبها على التوازي وبحيث تغطي كل مضخة معدل الجريان الكلي للنظام (واحدة أساسية والأخرى احتياط).

مضختان على التوازي

To Describe Any Pump

1- Water flow rate.

2- Types.

3- Static Pressure=ρ.g.h

حساب مضخة التشيلر

$$\dot{V} = \frac{Q}{1000 \times \Delta T} \quad [m^3/h]$$

Q- استطاعة التشيلر ، [kcal/h].

Cp=1000[kcal/m³.deg] السعة الحرارية الحجمية لواحد متر مكعب من الماء.

ΔT=5 (12-7) or 6 (13-7) فرق درجات الحرارة بين Supply و Return

$$\dot{m} = \frac{Q}{C_p \times \Delta T} \quad [kg/s] \text{ or } [l/s]$$

Q- استطاعة التشيلر ، [kW].

Cp=4.186[kJ/kg.deg] السعة الحرارية للماء.

ΔT=5 (12-7) or 6 (13-7) فرق درجات الحرارة بين Supply و Return

$$P = \frac{\dot{m} \times H \times 1.2}{102 \times \eta}$$

η- مردود المضخة. 1.2 – عامل الأمان.

m[l/s] or [kg/s] – تدفق المضخة .

H [m] – الارتفاع المانومتري للمضخة.

حساب ضغط مضخة التشيلر

يتم حساب الضغط اللازم توفره في مضخة الدوران من خلال العلاقة التالية

$$P = \frac{\Delta P}{/} \times L_{eq} \times C_f \qquad [Pa] \text{ or } [N/m^2]$$

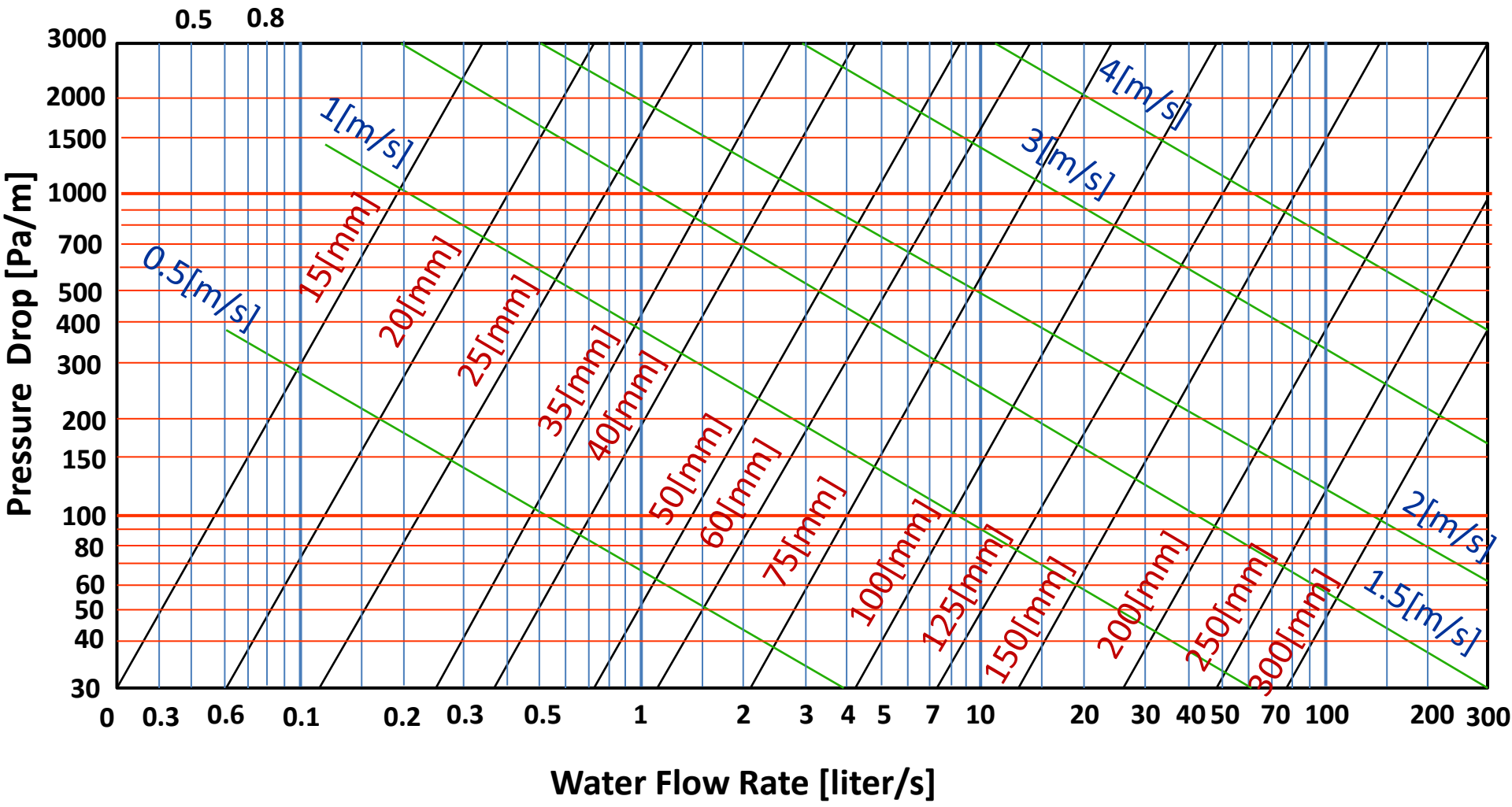
P – ضغط المضخة ، [Pa].

ΔP/l – فرق الضغط نتيجة الاحتكاك ، Pressure Drop [Pa/m].

L_{eq} - الطول المكافئ من الأنابيب وهي طول أبعد أنبوب (Supply و Return) x 1.5 (Fittings)

C_f=1 - معامل تصحيح من الجداول.

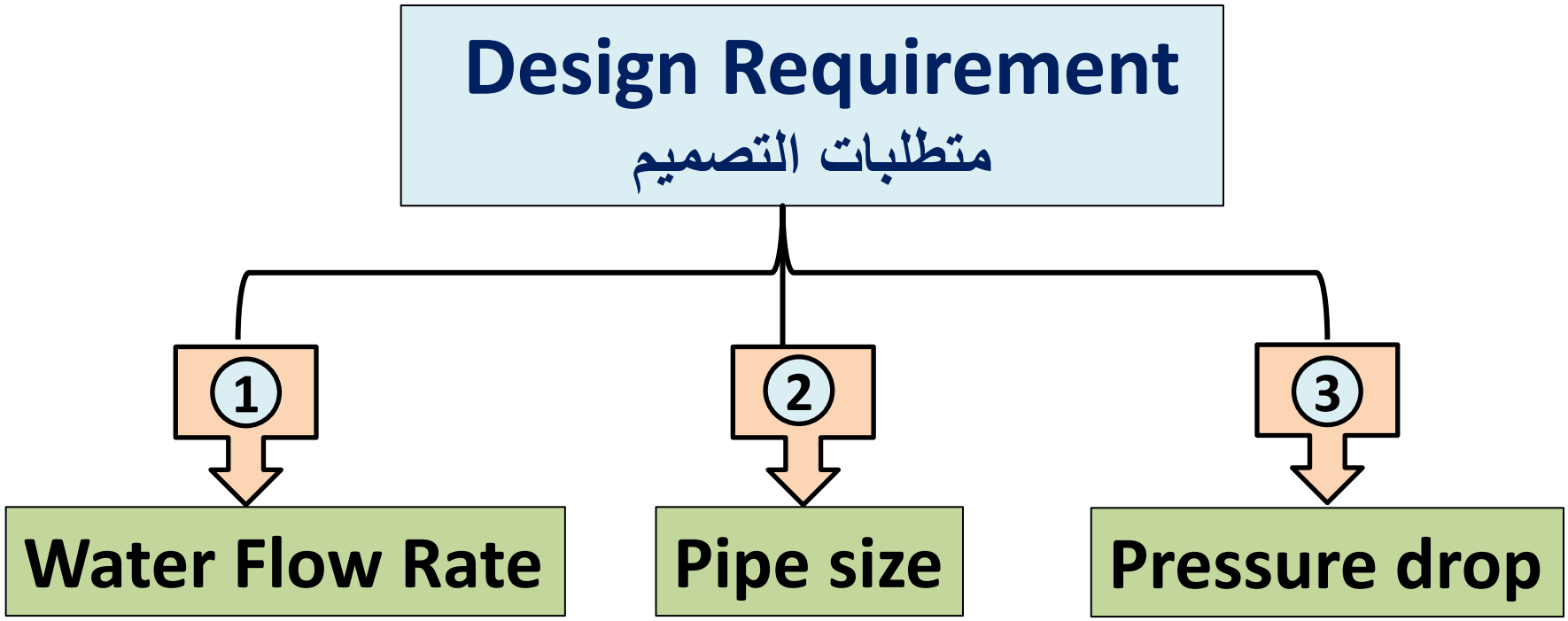
حساب ضغط مضخة التشيلر



تصميم أنظمة توزيع الماء بالوحدات الانكليزية

Water distribution system design

Design of chilled water system



1- Chiller Water Flow Rate Or Pump Flow Rate

وهي معدل كمية المياه الباردة المارة بالأنابيب واللازمة لإزالة الحمل الحراري على حسب الطن تبريدي.

(Water flow rate) : Gpm :gallon per minute

كمية المياه المبردة المارة بالأنابيب من الـ Chiller

(Water flow rate) : kg/hr :Kilogram per Hour

$1gpm = 0.063\ [l/s]$ $1gpm = 227.124\ [l/h]$

ECWT= Entering chilled water temperature = 54°F Or (12 - 13°C)

درجة الحرارة الداخلة إلى الـ Chiller

LCWT= Leaving chilled water temperature = 44°F Or (6 - 7°C)

درجة الحرارة الخارجة من الـ Chiller

ΔT= ECWT – LCWT =10°F or 5°C(6°C)

فرق درجات الحرارة ما بين الدخول والخروج من الـ Chiller

1- Chiller Water Flow Rate Or Pump Flow Rate

Cooling Load

$$Q = \dot{m} \times C_P \times \Delta T$$

$$Q[Btu/min] = \dot{m}\,[gpm] \times C_P[Btu/g.°F] \times \Delta T[°F]$$

$$\boldsymbol{gpm = \frac{Q[Btu/h]}{500 \times \Delta T}}$$

$$\boldsymbol{Or \quad gpm = \frac{Q[TR] \times 24}{\Delta T}}$$

$$\boldsymbol{1\,TR\ \ Need\ 2.4\ \ gpm\ \ \ at\ \ \ \Delta T = 10F\ Or\ \ \Delta T = 6°C}$$

$$\boldsymbol{1\,TR\ \ \ Need\ \ 1.9\ \ gpm\ \ at\ \ \ \Delta T = 12F}$$

بمعنى أن كل واحد طن تبريدي يحتاج إلى 2.4 غالون (كمية مياه) عند $\boldsymbol{\Delta T = 10F\ Or\ \ \Delta T = 6°C}$

2- Piping size (Chilled Water Piping Design)

- ✓ بعد حساب حمل التبريد للـ Space بالمشروع بـ TR.
- ✓ يتم رسم شبكة المياه المبردة من المضخات وحتى آخر جهاز تكييف بالنظام AHU OR FCU ثم الرجوع إلى المضخات .
- ✓ يتم تحديد Flow Rate (GPM) داخل الأنابيب على اعتبار أن كل طن تبريد TR يحتاج إلى 2.4 GPM في حال اعتبار أن $\Delta T = 10°F \; Or \; \Delta T = 6°C$.
- ✓ يتم تحديد أقطار جميع الأنابيب ، يوجد عدة عوامل تؤخذ بعين الاعتبار لحساب أقطار الأنابيب:

1. سرعة المياه المبردة داخل الأنابيب.

تراعى أن تكون سرعة المياه داخل الأنابيب مناسبة وهي تتراوح بين 2:10[ft/s] والسرعة المناسبة هي 5[ft/s] .

2. هبوط الضغط خلال الأنابيب Pressure Drop

يراعى ألا يزيد هبوط الضغط في الأنابيب عن 10ft/100ft والقيمة المناسبة 4ft/100ft

Piping size (Chilled Water Piping Design)

3. مادة الأنابيب Pipe Material:

الأنابيب المستخدمة في شبكة المياه المبردة يمكن أن تكون:

- Galvanized Steel.
- Seamless Black Steel.

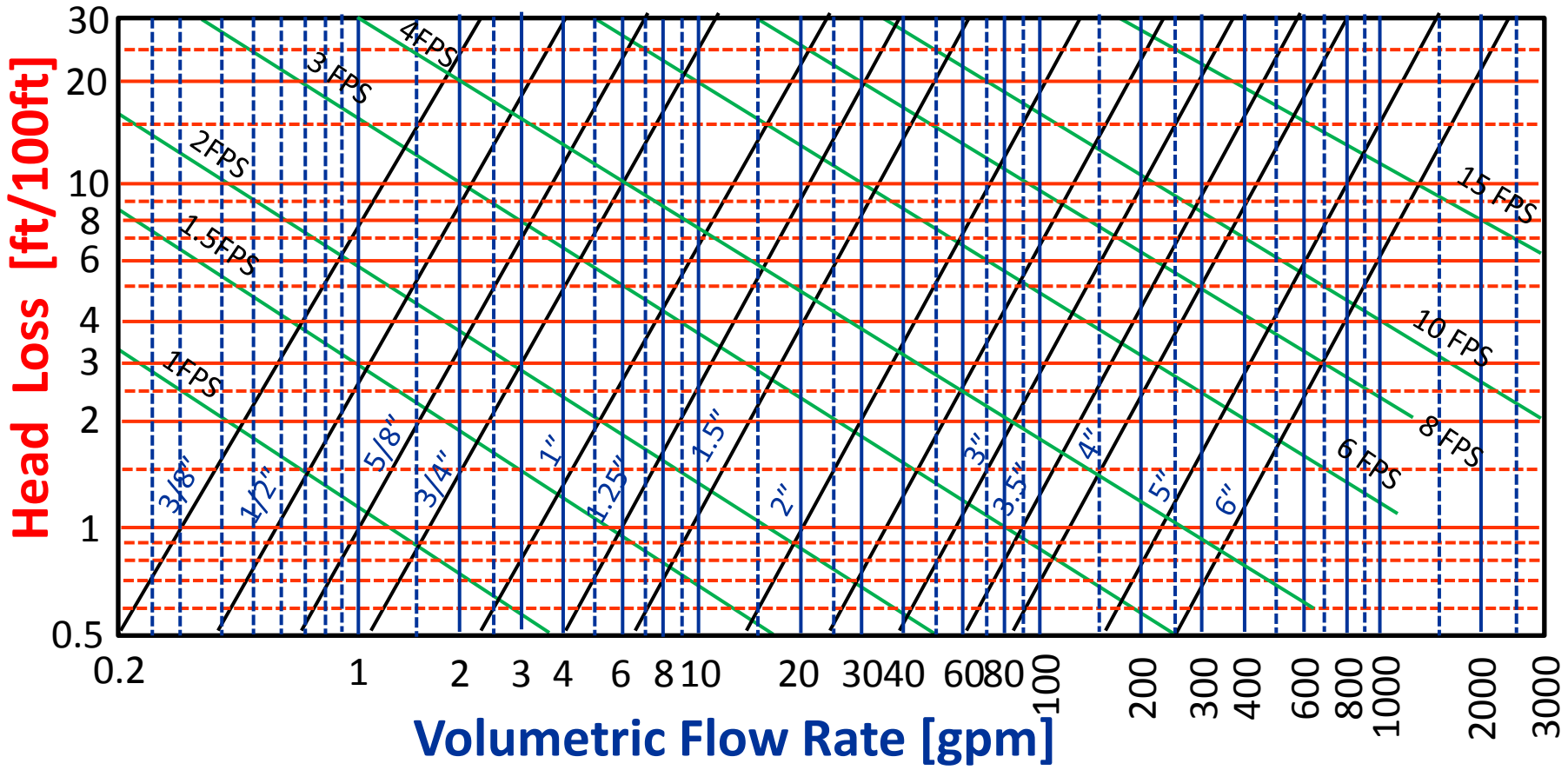
4. Chilled Water Cycle is Closed دائرة التبريد دائرة مغلقة .

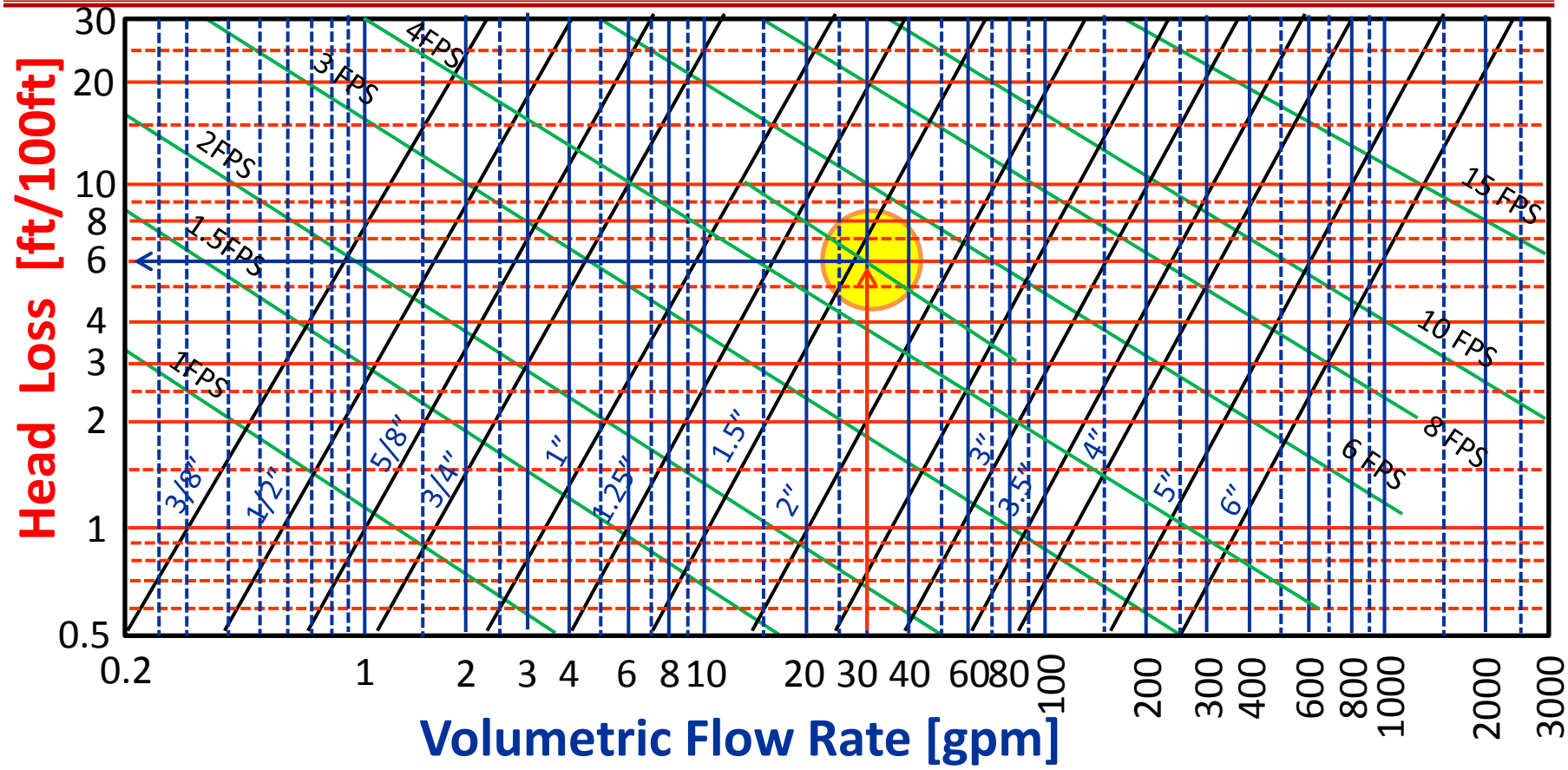
يتم تحديد أقطار الأنابيب بإحدى الطرق التالية:

1. Friction Chart.
2. Frication Table.
3. Pipe Sizer Software.
4. Pipe Flow Wizard Software.

Piping size (Chilled Water Piping Design)

Friction Chart





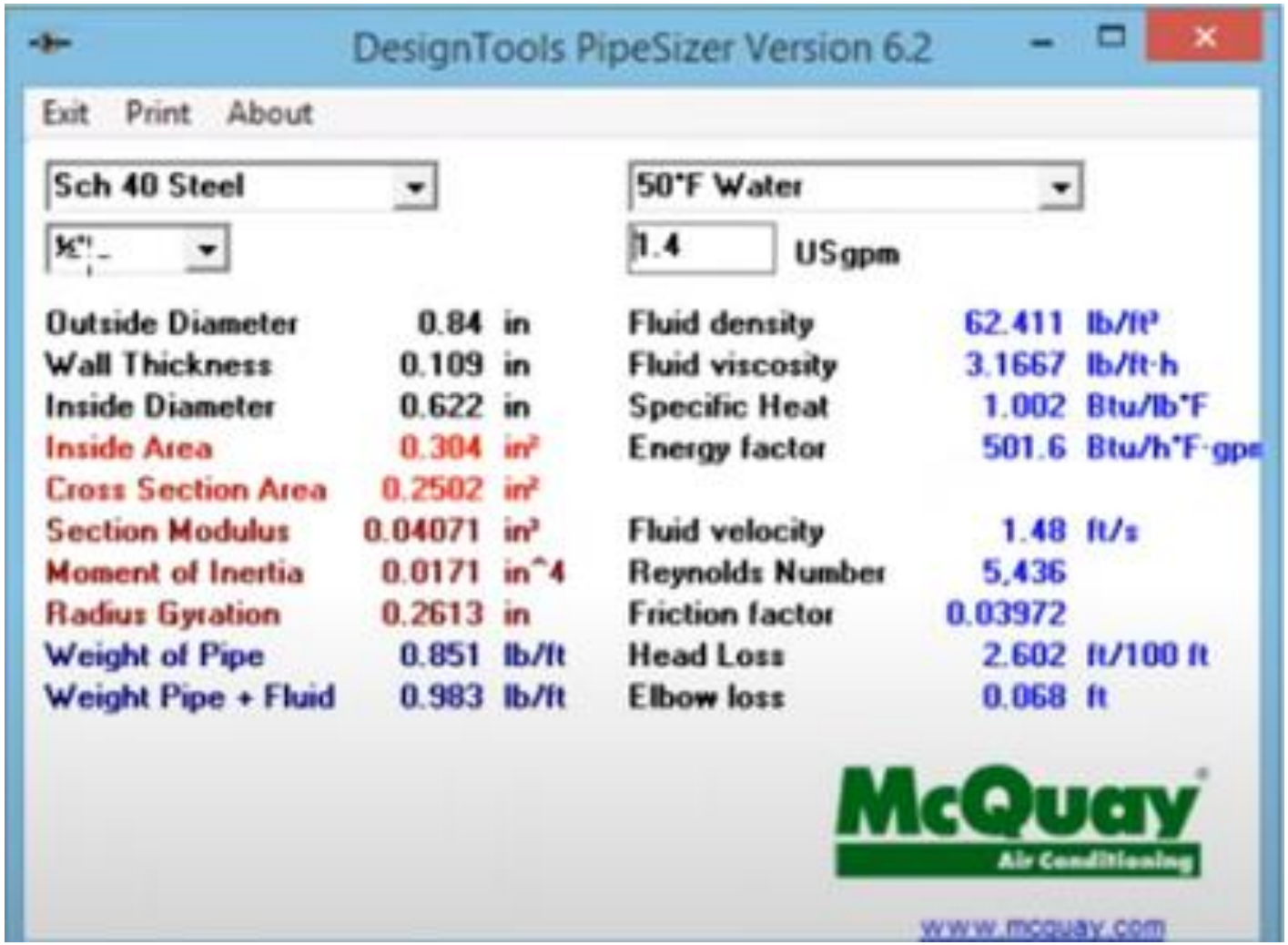
Example:

GPM=30

At= 5ft/s → d=1.5" & F= 6ft/100ft

Pipe Sizer Software.

برنامج مجاني من انتاج شركة McQuay



Piping size (Chilled Water Piping Design)

- Chilled water pipe material is black steel — نستخدم أنابيب من الحديد الأسود
- Chilled water system is a closed loop
- Sizing according to schedule 40 . — وهو الجدول المعتمد في اختيار مقاسات الأنابيب لأنه يتحمل ضغوط عالية حتى ٢٠ بار والعمر الافتراضي لها طويل

1[ft/s]=0.3048[m/s]

1[m/s]=3.28[ft/s]

- Flow velocity = 2-10[ft/s] & the best velocity = 5 [ft/s]

كل 100[ft](طول) من الأنابيب يقدر هبوط الضغط مقداره 4[ft] (ضغط).

الجدول التالي لمعرفة قطر الأنابيب:

Pipe size	Flow range	Pressure drop
قطر الأنبوب بالإنس [in]	معدل التدفق	هبوط الضغط
1/2" up	0-2[gpm]	0-4 [ft/100]

1[ft]=0.3048[m]

1[m]=3.28[ft]

3- Pressure drop Calculation (P.D.C)

- Pressure drop (P.D) = friction loss + chiller cooling P.D + AHU (FCU) cooling coil P.D
- **AHU (FCU) cooling coil P.D.C →**

الفقد في الضغط نتيجة مرور المياه في ملفات التبريد في(AHU) أو(FCU)

- friction loss → الفقد في الضغط نتيجة الاحتكاك في شبكة الأنابيب
- friction loss = Pipe length + fittings and valves equivalent length
- Fittings (reducer & elbow & Tee & take off & .....)

يوجد جداول يمكن من خلالها معرفة الفقد في الضغط في التركيبات المختلفة بالواحدة المطلوبة وعلى حسب الشكل للتركيبة ..... reducer or elbow or Tee or take off or

كما يوجد جداول لحساب هبوط الضغط ΔP نتيجة مرور المياه خلال الصمامات وهي حسب نو الصمام BV & GV & check Valve (CV)

- Take factor safety 10%
- Pressure drop through cooling coil of chiller = (10-20)[ft].
- Pressure drop through cooling coil of AHU = (6-10)[ft].
- Pressure drop through cooling coil of AHU = (4-6)[ft].
- أويتم تحديدها من الكتالوكات

Pressure drop in pipe fitting هبوط الضغط في تركيبات الأنابيب

Pump head Calculation حسابات المضخة

١- بعد حساب الحمل لكل Space في المشروع بالـ TR or kW.

٢- يتم رسم الـ Layout للشبكة (تخطيط الشبكة).

٣- يتم تحديد التدفق GPM or kg/s و الـ Friction Losses هبط الضغط بالاحتكاك في كل جزء من الشبكة .

٤- يتم تحديد الـ Head أو ضغط الرفع للمضخة.

٥- يتم تحديد أطول مسار في شبكة الأنابيب من المضخات إلى AHU or FCU عنها.

٦- من الرسم نجد أن أطول مسار هو المسار إلى FCU في الطابق الأرضي

Friction Drop=Friction Loss + Chiller Cooling Coil Pressure Drop + FCU (AHU) Cooling Coil Pressure Drop

Pump head :

ضغط الرفع للمضخة = الفقد في الضغط خلال أطول مسار في شبكة الأنابيب + الفقد في الضغط خلال التشيلر + الفقد في الضغط خلال الـ FHU or AHU.

Friction Loses =[Pipe Length + Fittings and valves Equivalent length] ΔP/L

Pipe Length : هو أطول مسار في شبكة الأنابيب بالـ m or ft وهي المسافة الأفقية والعمودية من المضخة إلى الجهاز ضرب 2 لأنه خط تغذية وراجع.

Fittings and valves Equivalent length: الفقد في الضغط من الوصلات والأكواع والصمامات والأكواع والأجهزة الموجودة على طول المسار ونعبر عنها بالطول المكافئ ونحصل عليها من الجداول حسب النوع الجهاز والقطر .

Chiller Cooling Coil Pressure Drop
الفقد في الضغط خلال التشيلر نحصل عليه من الكتالوك أو نفرضه (10:20ft)
FCU Cooling Coil Pressure Drop (assumed 4:6f t or from Catalogs)
ANU Cooling Coil Pressure Drop (assumed 6:10 ft or from Catalogs)

Pump head :

Frication Losses (H_{losses}) = (L_{pipe} + $L_{fittings}$ + L_{valves}) x (4 ft/100ft)

4 ft/100ft : وهذا بفرض أنه سيحدث هبوط الضغط بمقدار 4ft في كل 100ft من المسار.

ولكن الأدق هو حساب Frication Losses لكل جزء أو مقطع على حسب التدفق GPM باستخدام المخططات أو الجداول.

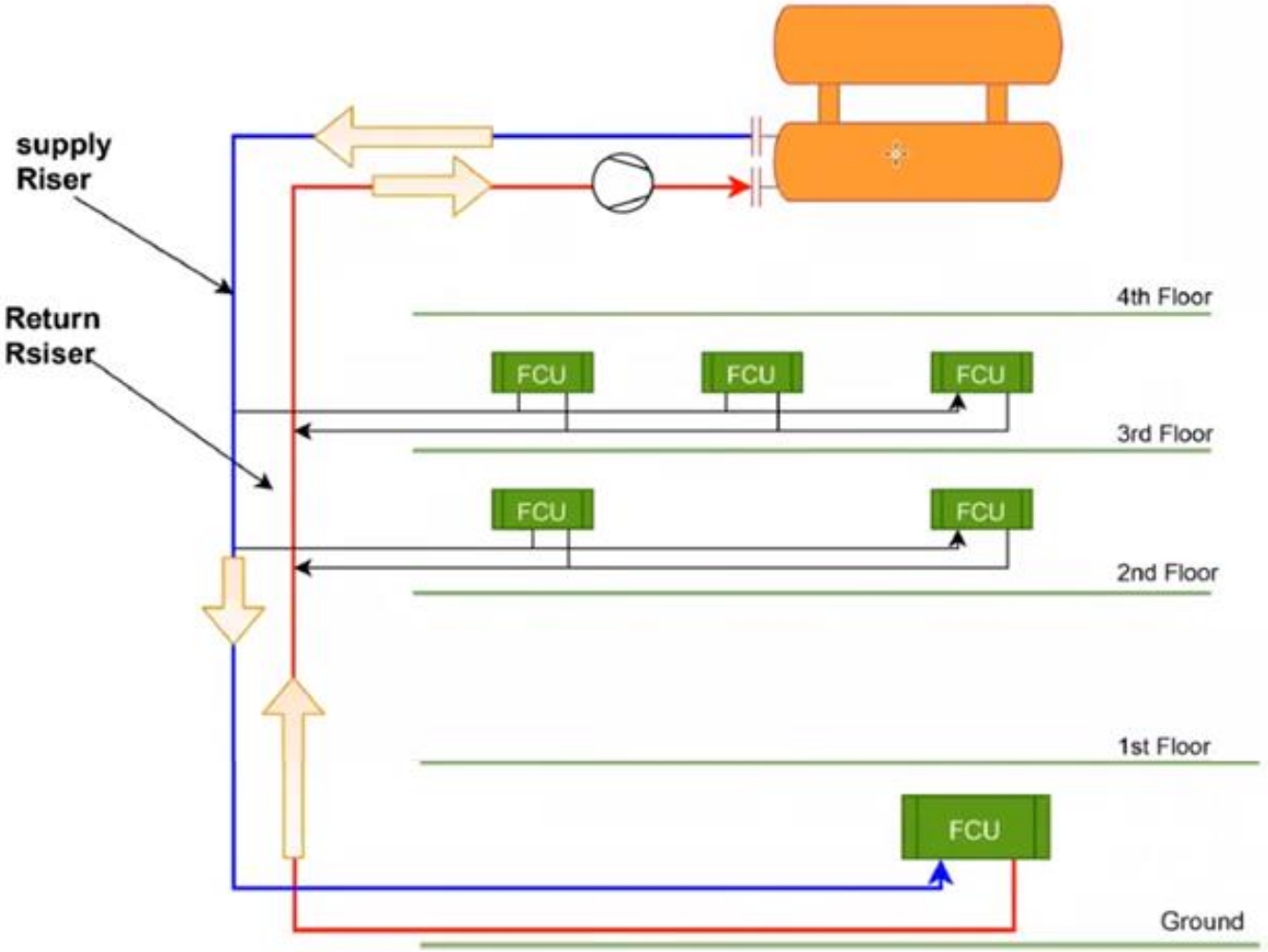
Pump head (Pressure Drop in ft) = Frication Losses [ft] + (ΔP)chiller + (ΔP)FCU (AHU)

Safety Factor = 10%

Pump Pressure = ρ[1000kg/m³] x g [9.81 m/s²] x H [Pump head]

$$pump\ horse\ power = \frac{gpm * Head\ (ft)}{3960 * efficiency} * specific\ gravity$$

Pressure drop in pipe fitting هبوط الضغط في تركيبات الأنابيب
Pump head Calculation حسابات المضخة



هبوط الضغط في تركيبات الأنابيب Pressure drop in pipe fitting

لتحديد الفقد خلال الصمامات والتركيبات تم تجهيز جداول لهذا الغرض تعطي الفقد في صورة طول مكافىء Equivalent Length(EL) من الأنبوب. هذه القيم تستخدم لا حقا مع جدول الاحتكاك الخاصة بنوع المائع الذي تحمله لتحديد هبوط الضغط الكلي للنظام.

حساب مقاسات أنابيب الماء Water Piping Sizing

كما هو معلوم يعتمد الفقد نتيجة الاحتكاك على العوامل التالية:

١- سرعة الماء.

٢- قطر الأنبوب.

٣- خشونة سطح الأنبوبة.

٤- طول الأنبوبة.

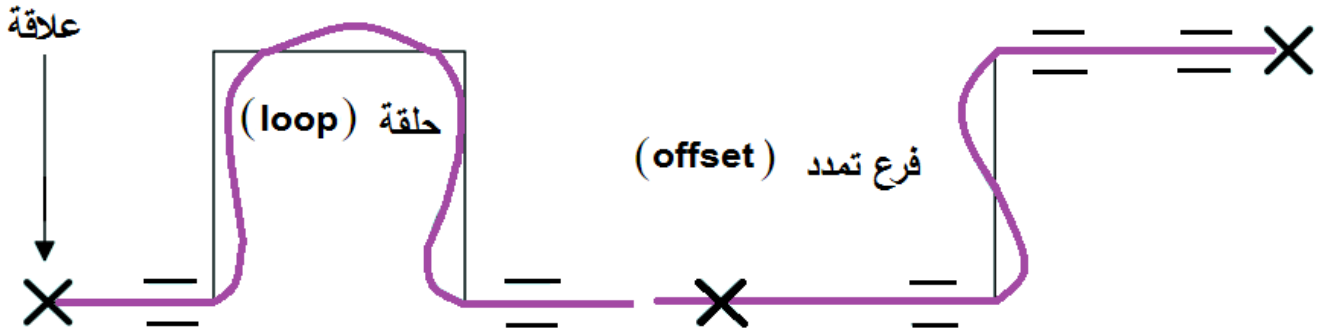
التمدد الحراري الخطي لأنابيب الحديد والنحاس وطرق امتصاصها

- يوضح الجدول رقم () التمدد الحراري الخطي لأنابيب النحاس والحديد [mm/m]

مدى درجة الحرارة [°C]	أنابيب النحاس [mm/m]	أنابيب الحديد [mm/m]
0	0	0
25	0.46	0.3
50	0.95	0.64
75	1.43	0.97
100	1.92	1.3
125	2.4	2.1
150	2.92	2
175	3.4	2.34
200	3.94	2.75
225	4.46	3.13
250	7.52	3.51

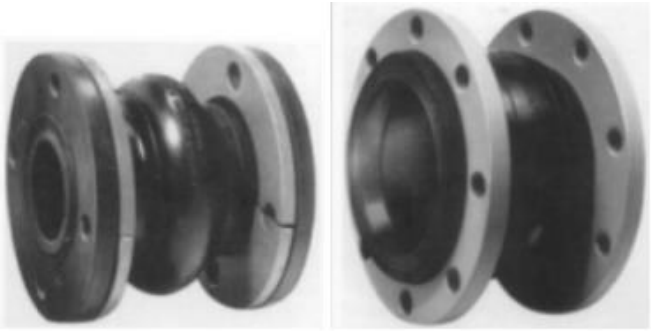
توجد ثلاث طرق يمكن استخدامها لامتصاص التمدد والانكماش في الأنابيب

١- حلقات وفروع تمدد Expansion loops & offsets:



٢- وصلات تمدد Expansion joints.

وصلات تمدد النوع الانزلاقي (Slip type)


وصلات تمدد النوع المنفاخي (Bellows type)

٣- الخرطوم المرن Flexible hose

(Flexible hose)

حوامل ومثبتات الأنابيب Piping supports & anchors

Hangers

حوامل ومثبتات الأنابيب Piping supports & anchors

Spring Hangers

١. باستخدام عوازل الاهتزاز.
٢. باستخدام علاقات نابضية
٣. باستخدام الخراطيم والوصلات مرنة

S.No.	PIPE SIZE	SUPPORT DISTANCE (MM)	THREADED ROD SIZE (MM)	SUPPORT SIZE (MM)
1	20Ø	1800	8Ø	40x40 L-ANGLE
2	25Ø	2000	8Ø	40x40 L-ANGLE
3	32Ø	2000	8Ø	50x50 L-ANGLE
4	40Ø	2200	8Ø	50x50 L-ANGLE
5	50Ø	2200	8Ø	50x50 L-ANGLE
6	65Ø	2500	10Ø	75x40 C-CHANNEL
7	80Ø	2500	10Ø	75x40 C-CHANNEL
8	100Ø	3000	10Ø	100x50 C-CHANNEL
9	125Ø	3000	12Ø	100x50 C-CHANNEL
10	150Ø	3000	12Ø	100x50 C-CHANNEL
11	200Ø	3000	14Ø	100x50 C-CHANNEL
12	250Ø	3500	14Ø	100x50 C-CHANNEL
13	300Ø	3500	16Ø	150x75 C-CHANNEL
14	350Ø	3500	16Ø	150x75 C-CHANNEL

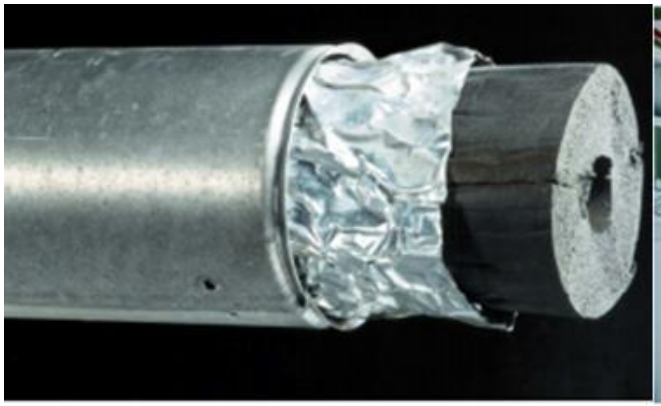
SCHEDULE OF CHW PIPES & SUPPORT DETAILS

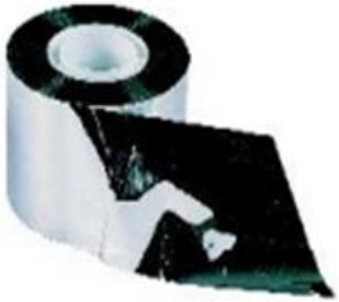
حوامل ومثبتات الأنابيب Piping supports &

عزل الأنابيب Pipe Insulation

١. يعمل العزل الحراري على تقليل استهلاك الطاقة .
٢. يساعد على تقليل حجم معدات التسخين أو التبريد
٣. تصل درجة الحرارة إلى المكان المراد تكييفه بالقيمة المطلوبة.
٤. في أنظمة الماء البارد يتم تغطية العازل الحراري بمواد مانعة للبخار تكون عادة من رقائق الألمنيوم، لمنع تكثف الماء على سطح العازل وبالتالي تجنب تلف العازل.

تستخدم الكثير من المواد في عزل الأنابيب مثل: الصوف والمطاط والفلين والصوف الزجاجي والبوليورثين.





أنواع تركيبات الأنابيب Piping fittings

نبل (Nipple)

تي (Tee)

كوع (Elbow 45°)

كوع (Elbow 90°)

تي بشفة (Flanged T)

وصلة ازدواج (Bushing)

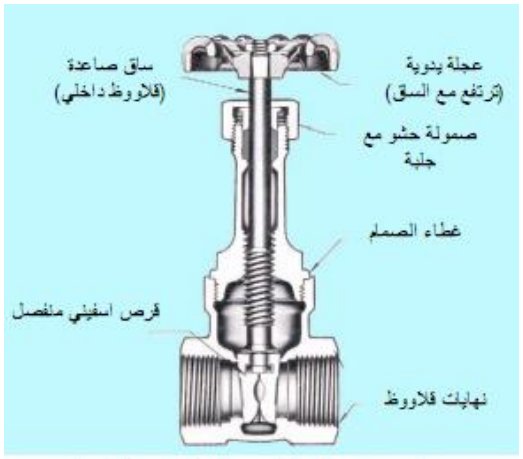
جلبة (Coupling)

يونيون (Union)

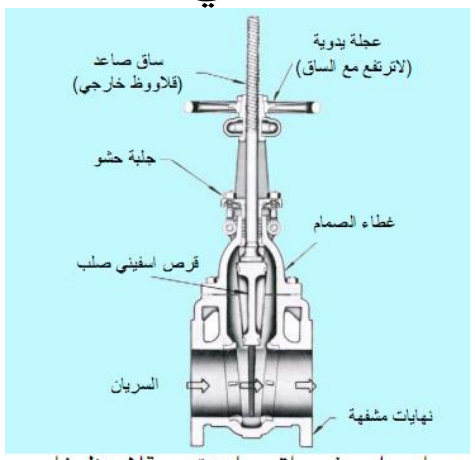
Pipe fittings

أنواع الصمامات و تركيبها Valves Types &Construction

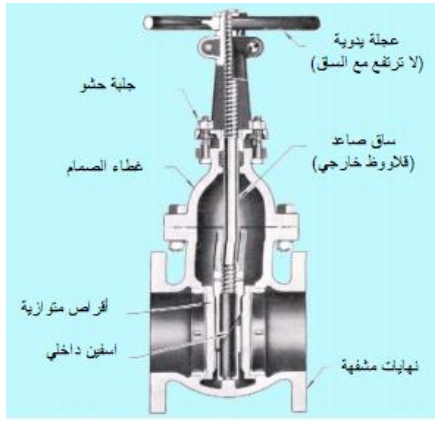
١- إيقاف الجريان Stopping flow، وهي صمامات تستخدم لعزل الأجهزة لأغراض الصيانة، مثل الصمامات البوابية ، Gate valves، لا تحدث فقدا في الضغط



صمام بوابي ذو قرص إسفيني منفصل

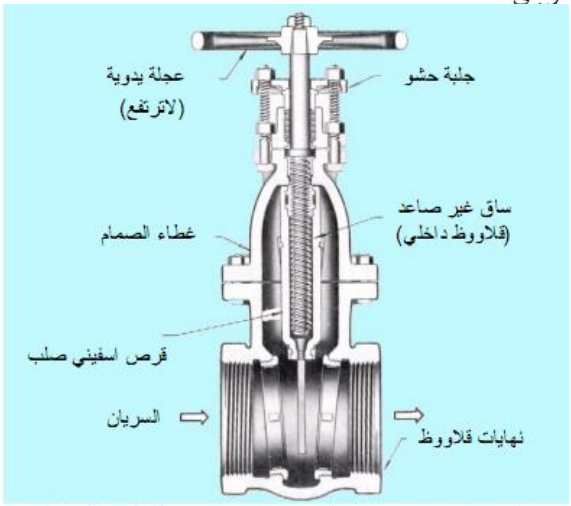


صمام بوابي ذو ساق صاعدة مع قلاووظ خارجي

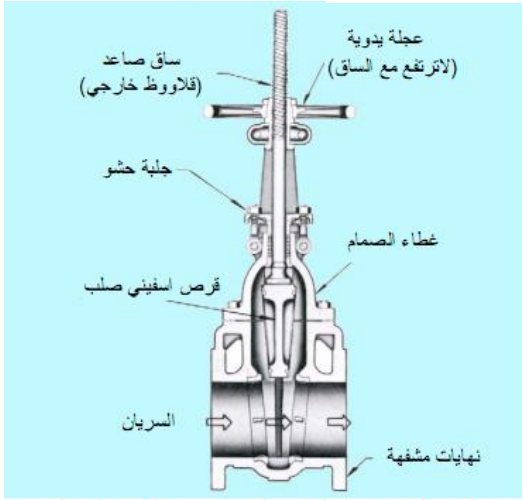


صمام بوابي ذو أقراص إسفينية متوازية

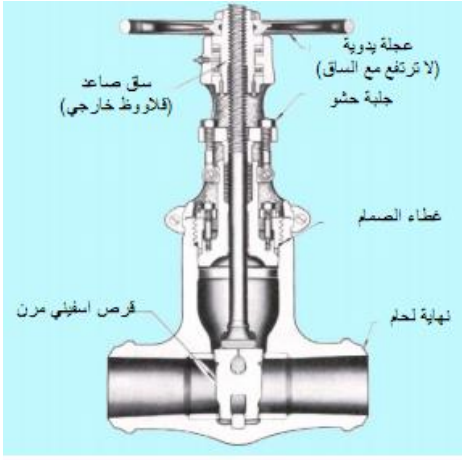
صمام بوابي ذو ساق منزلق



صمام بوابي ذو ساق غير صاعدة مع قلاووظ داخلي



صمام بوابي ذو ساق صاعدة مع قلاووظ خارجي

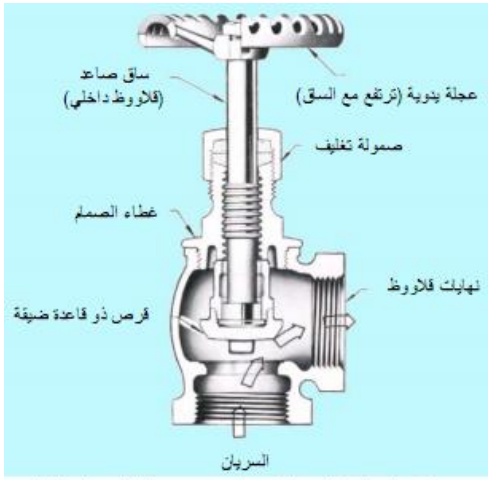


صمام بوابي ذو قرص إسفيني مرن

٢- تنظيم معدل الجريان ، Regulation flow rate.

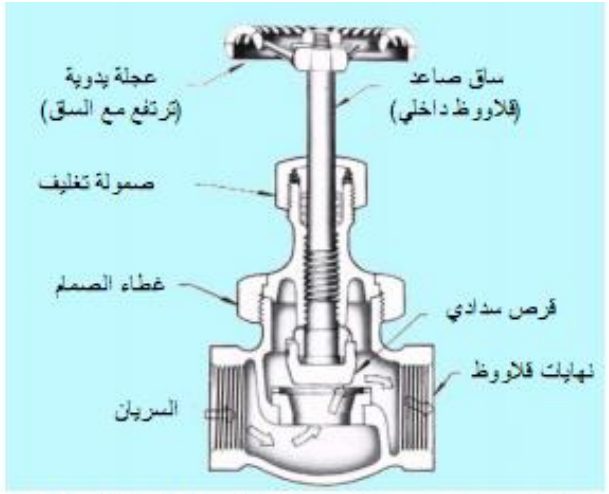
الصمامات الكروية، Globe valves .
الصمامات الزاوية، Angle valves
صمامات السد، Plug valves
صمامات الإبرة، Needle valves
صمامات الخنق ذات القرص، Butterfly valves

تستخدم هذه الصمامات لضبط الجريان يدويا خلال الأجهزة والدوائر .

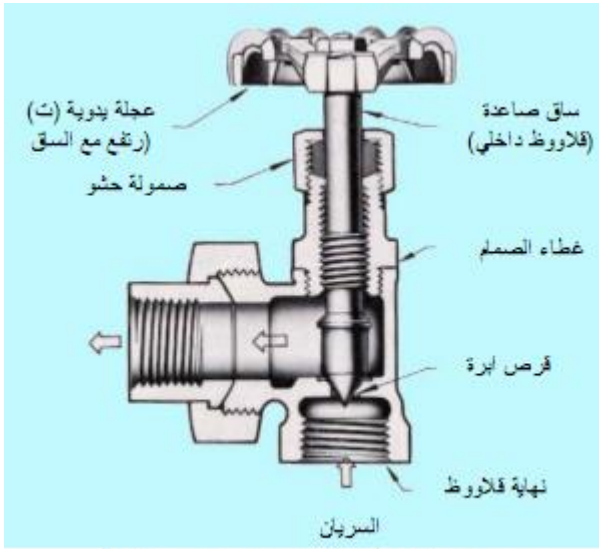


صمام زاوية ذو ساق صاعدة مع قلاووظ داخلي

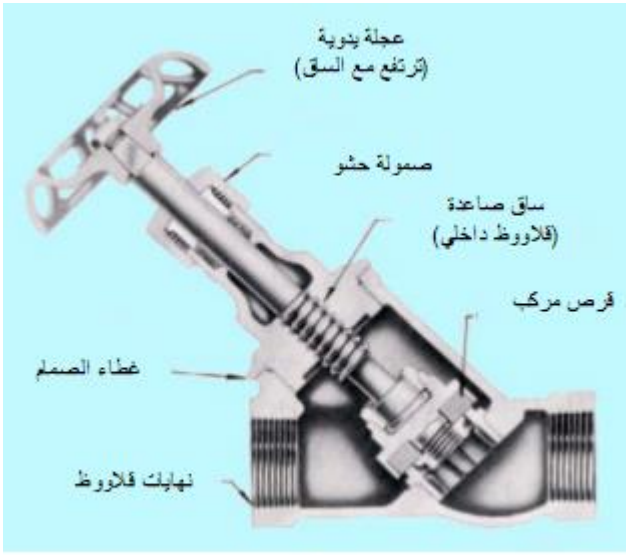
صمام سدادة



صمام كروي ذو ساق صاعدة مع قلاووظ داخلي



صمام زاوية يحتوي على قرص إبرة

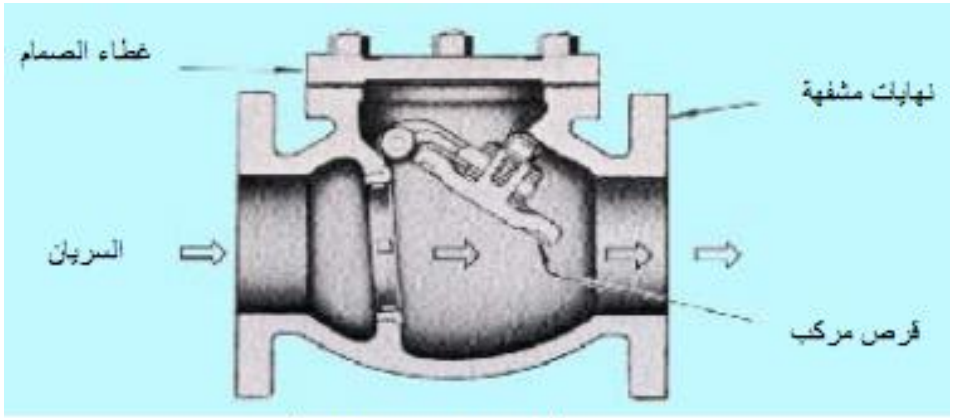


صمام "Y"

٣- تحديد اتجاه الجريان Limiting flow direction،

- صمامات عدم الرجوع Check valves: وهي الصمامات التي تسمح بالجريان في اتجاه واحد .

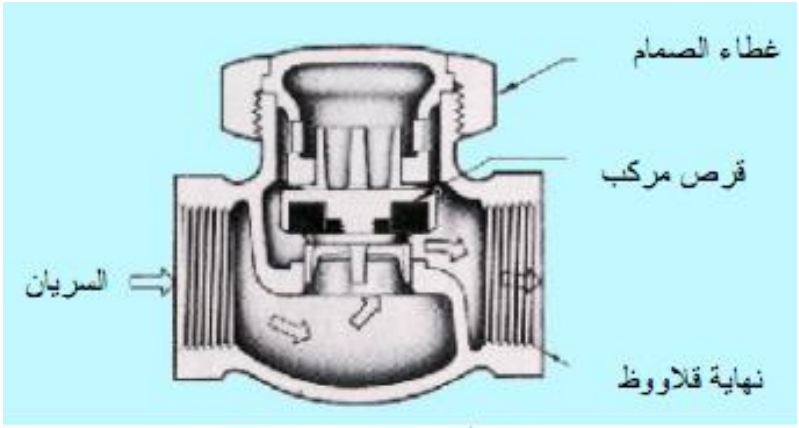
Swing Valve



صمام عدم رجوع دوار

يستخدم في الخطوط الأفقية أو الخطوط الرأسية عندما يكون الجريان إلى الأعلى.

Lift Valve



صمام عدم رجوع رفعي

يستخدم في الخطوط الأفقية فقط ويستخدم عادة بالاشتراك مع الصمامات الكروية ، الزاوية و Y

خزانات التمدد Expansion tanks

١- يتم تركيبه على خط السحب للمضخات على خط الـ return .

٢- عندما ترتفع درجة حرارة المياه داخل الأنابيب يحدث لها تمدد ويسمح الـ expansion tank بالتمدد بداخله، وبالتالي المحافظة على الضغط داخل النظام.

٣- والوظيفة الثانية له هو تعويض شبكة المياه make up في حال حدوث تسريب leakage للمياه من الشبكة :

Up to 300 [T.R] → 0.5[m³] volume of tank

Up to 600 [T.R] → 0.75[m³] volume of tank

Up to 1000 [T.R] → 1[m³] volume of tank

٤- اختصار اسمه على المخططات بـ ET.

٥- يوجد منه نوعان المفتوح open(ETO) والمغلق closed(ETC).

خزانات التمدد Expansion tanks

وظيفة خزانات التمدد :

١- المحافظة على الضغط للنظام للسماح للماء بالتمدد عند زيادة درجة الحرارة .

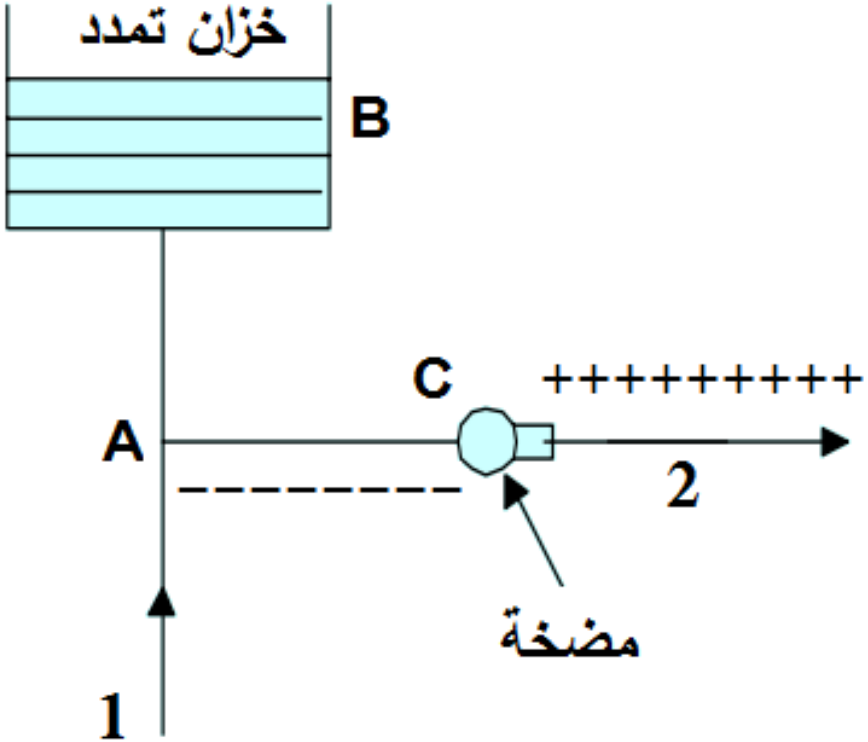
٢- يوفر طريقة لإضافة ماء للنظام .

أنواع خزانات التمدد :

١- خزانات التمدد المفتوحة

Open expansion tanks

- يركب في جانب السحب .
- يركب عند أعلى نقطة للنظام .
- يجب أن يكون ارتفاع AB أعلى من فاقد الاحتكاك في AC.



تصميم خزان التمدد المفتوح:

١. احسب حجم الماء في النظام (شبكة الأنابيب +المبادلات و جميع التجهيزات).
٢. أوجد نسبة الزيادة في حجم الماء عند درجة الحرارة التي يعمل عليها النظام .
٣. سعة خزان التمدد تساوي نسبة الزيادة في الماء مضروبة في حجم الماء الكلي للنظام .

درجة الحرارة (°C)	نسبة الزيادة في(%) الحجم
35	0.6
50	1.2
65	1.8
80	2.8
95	3.5
105	4.5
120	5.6
135	6.8
150	8.3
165	9.8
180	11.5
195	13
205	15

جدول رقم ():
يوضح تمدد الماء عند درجات حرارة

خزانات التمدد Expansion tanks

٢- خزانات التمدد المغلقة Closed expansion tanks.

✓- يحتوي عادة على غاز وعندما يتمدد الماء يملاء الخزان جزئيا وبالتالي يضغط على الغاز ولهذا السبب يطلق على الخزان المغلق عادة اسم خزان الضغط compression tank .

✓- تستخدم بصورة أكبر مع أنظمة تسخين الماء ذات درجات الحرارة العالية.

✓- تزود أنظمة المياه دائما بملحقات أخرى:

- مصافي قبل المضخات .
- صمامات تحكم لحميتها من التلف.
- فتحات تنفيس الهواء Air Vents لطرد الهواء.

Flow Control Methods (system balance)

- ✓ بعد حساب الحمل الحراري لكل Space بالمشروع بالـ TR ورسم شبكة الأنابيب للمياه المبردة الواصلة إلى جميع الوحدات AHU & FCU ، يتم تحديد التدفق GPM داخل كل انبوب بما يتناسب مع الحمل الحراري للفراغ ، وحساب Friction Losses عن طريق الـ Friction Chart وتحديد أقطار الأنابيب بمعلومية GPM.
- ✓ بعدها لا بد من عمل اتزان للنظام ككل System Balance وضبط GPM لكل جهاز أو وحدة FCU & AHU وذلك حسب التصميم من أجل ضمان وصول كمية التدفق المطلوبة لكل وحدة أو جهاز FCU & AHU وبالأخص تلك الموجودة في الطوابق البعيدة عن المضخات ، لأنه بدون عمل Flow Control ستجري المياه في مسارات خطوط الماء الأسهل (الأصغر) تلك القريبة من المضخات .

Flow Control Methods

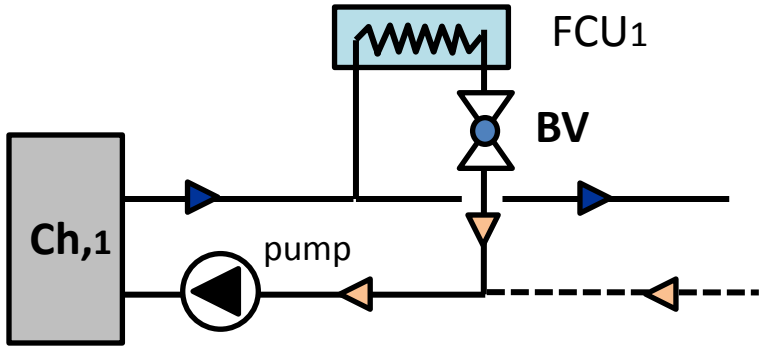
١- يتم استخدام Balancing Valve في ضبط كمية المياه المطلوبة لكل جهاز AHU (FCU) عن طريق شركة متخصصة (Direct Retune).

٢- يتم تركيب صمام الموازنة Balancing Valve على خط الراجع لكل AHU (FCU) ويتحكم في كمية المياه لكل (Direct Retune) (AHU (FCU.

٣- حالة خاصة نصمم وفق نظام التوازن الهيدروليكي.

نظام العائد العكسي المشترك

Common Reversed Return



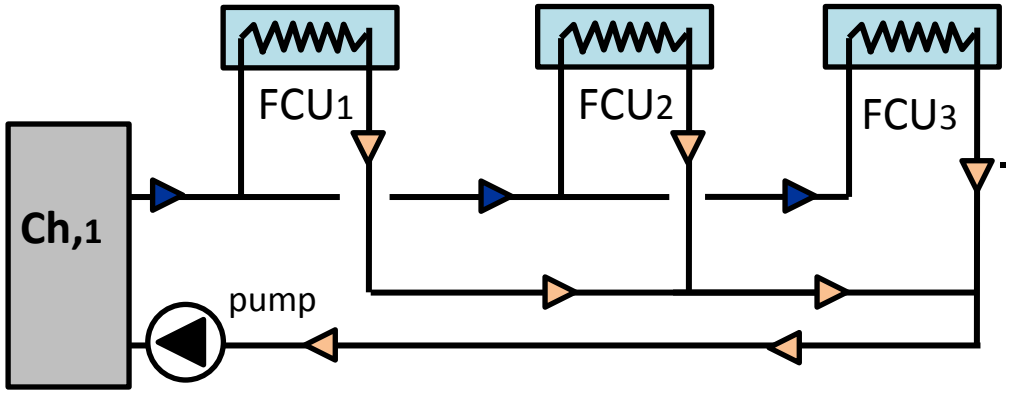
وخاصة في الفنادق، وهي:

١- حالة نادرة جدا.

٢- تستخدم حالة الأحمال متساوية في الفراغات.

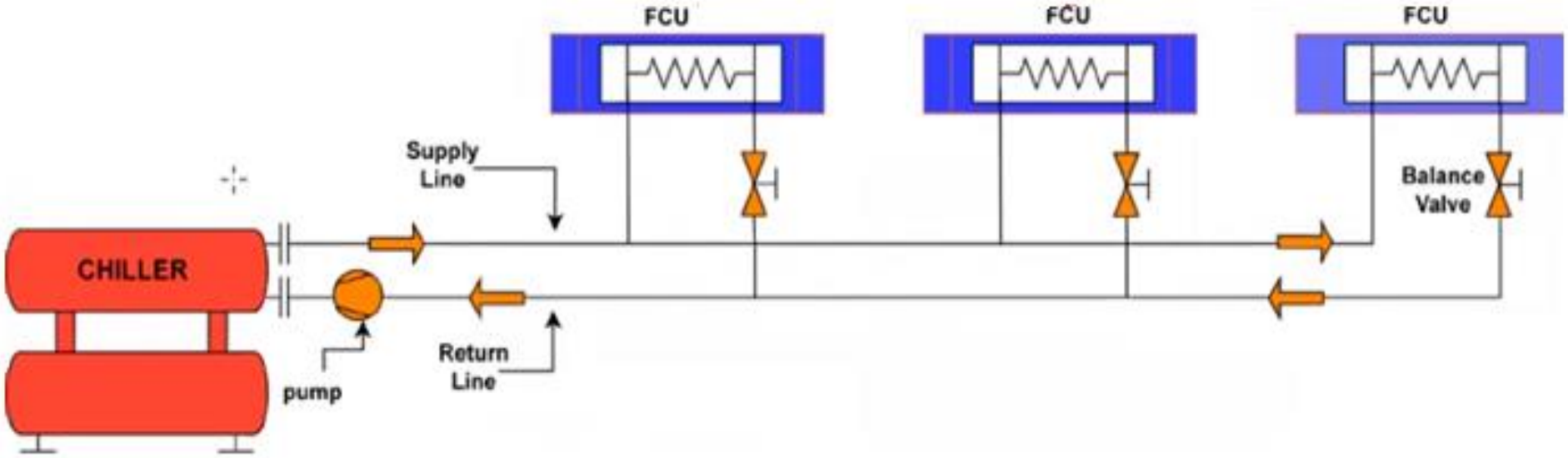
٣- تثبيت طول وأقطار الأنابيب لكل AHU (FCU).

٤- تثبيت هبوط الضغط في الأنابيب.



Flow Control Methods

Direct Retune by Using Balancing Valve الراجع المباشر

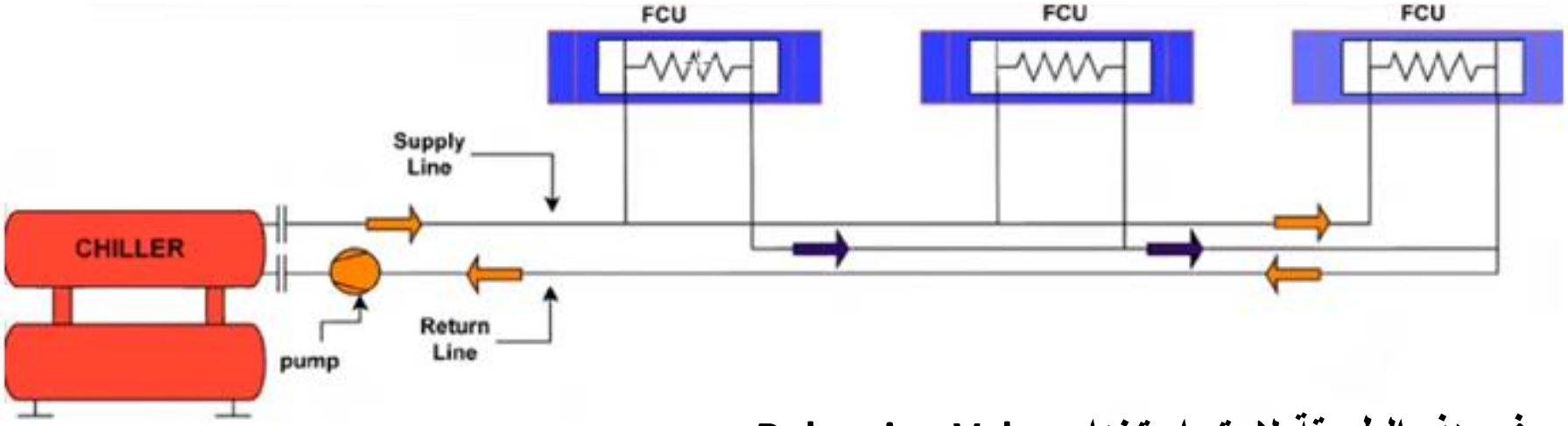


✓ في هذه الطريقة يتم تركيب صمام توازن Balancing Valve على خط الراجع لكل FCU and AHU

Flow Control Methods

Reversed Return

الراجع العكسي



- ✓ في هذه الطريقة لا يتم استخدام Balancing Valve .
- ✓ هذه الطريقة غير شائعة الاستخدام. والطريقة الأولى الأكثر شيوعا واستخداما.
- ✓ تستخدم هذه الطريقة عندما يكون فقد الضغط في الأنابيب متساوي أي أقطار الأنابيب متساوية والأحمال متساوية بمعنى أن النظام متماثل ، الأماكن متساوية الأحمال وبها وحدات FCU متساوية متل الفنادق التي بها غرف نفس المواصفات.

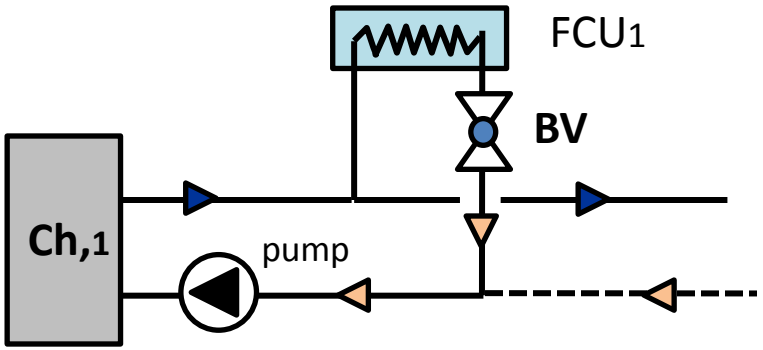
Part load Control (2 and 3 way valve)

١- يدخل التدفق الكلي للمائع (مياه باردة) gpm [kg/hr] عند بدء التشغيل إلى الـ AHU (FCU)، لأن درجة حرارة المكان تكون مرتفعة ولكن بمرور الوقت تقل درجة حرارة المكان أي يقل الحمل.

٢- يقوم صمام Balancing Valve والمركب على خط الراجع للوحدة AHU (FCU) بإدخال كمية المياه الكلية للوحدة على حسب حمل المكان.

٣- أهم ميزة في نظام الـ chilled water أنه يعمل مع الحمولات الجزئية part load لأن التشيلر يحتوي على أكثر من ضاغط لادارة التبريد.

٤- يتم التحكم في حالة الـ part load باستخدام نوعان من الصمامات: 2 way and 3 way



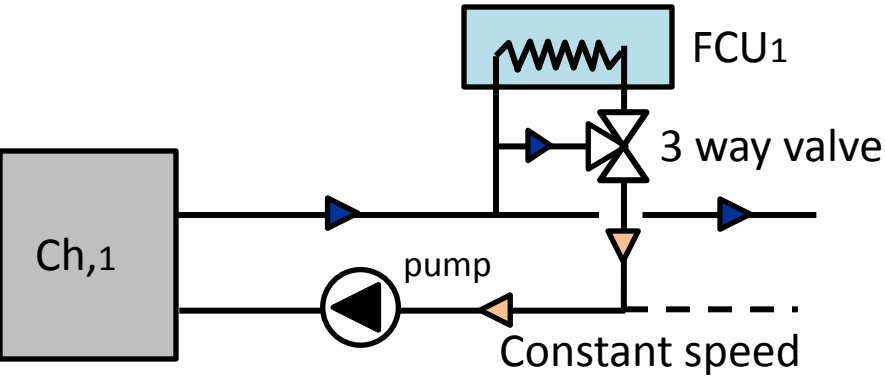
Part load Control (2 and 3 way valve)

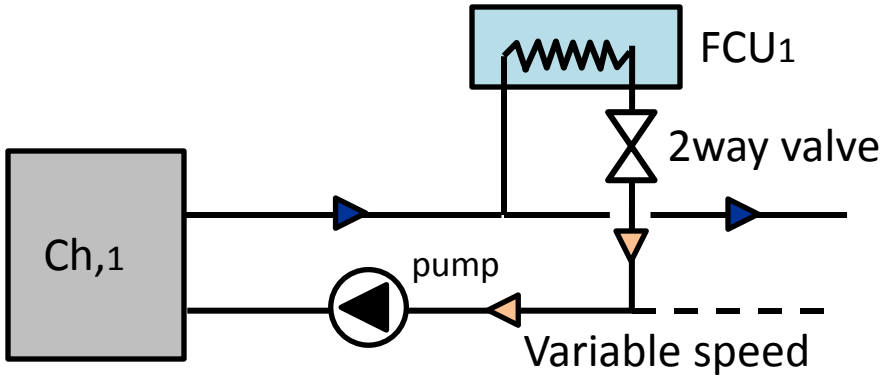
٥- يتم تركيب الصمام الثلاثي **3 way valve** على خط الراجع لكل (**FCU**) **AHU** من المشروع وبعض الشركات تركب الصمام على خط التغذية **supply**.

٦- في حالة الحمولة الكلية **Full Load** كمية المياه الكلية ستمر عن طريق **B.V** خلال **FCU**.

٧- في حالة الحمولة الجزئية **Part Load** الترموستات الموجود في المكان سيتحسس بأن الحمولة أقل وسيعطي إشارة إلى الصمام **3 way** فيقوم الصمام بغلق مسار المياه الداخلة إلى **FCU** ويفتح المسار الآخر إلى التشيلر **chiller** وفي هذه الحالة تكون المضخة بسرعة واحدة وهي الأرخص والأسهل في الصيانة.

٨- في حالة استخدام صمام **2 way** في الوحدة **AHU FCU** تكون إما **on** أو **off**

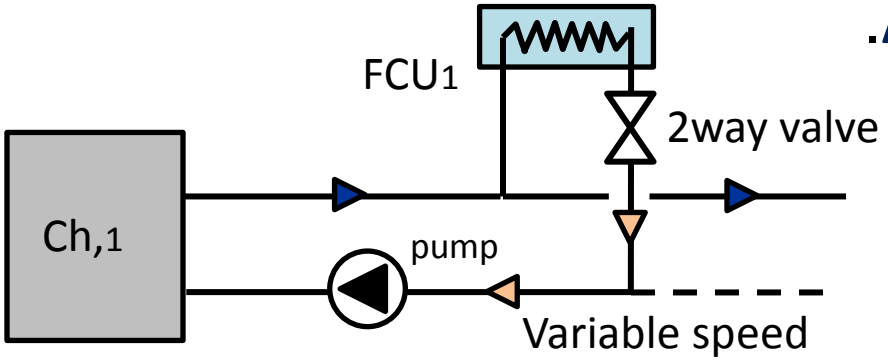




Part load Control (2 and 3 way valve)

٥- يتم وضع صمام **2 way** على خط الراجع للوحدة **FCU** or **AHU** وذلك لأن الضغط على خط الراجع أقل بالمقارنة بالضغط على خط التغذية وبالتالي نحافظ على الصمام وعندما يقل الحمل تقل درجة حرارة الهواء داخل المكان ويأخذ الصمام **2 way** إشارة من الترموستات ويقوم بخنق الجريان وتتدفق المياه المبردة على حسب الحمل ، وباقي المياه تظل على خط التغذية التي تزيد من ضغط المياه على خط التغذية **supply** ويتحسس بذلك **pressure switch** مركب على الخط ويعطي إشارة إلى المضخة لتغيير سرعتها، وبالتالي المضخة المستخدمة مع صمام **2 way** تكون من النوع متغيرة السرعات وتكلفتها غالية وكثيرة الأعطال وصعبة الصيانة .

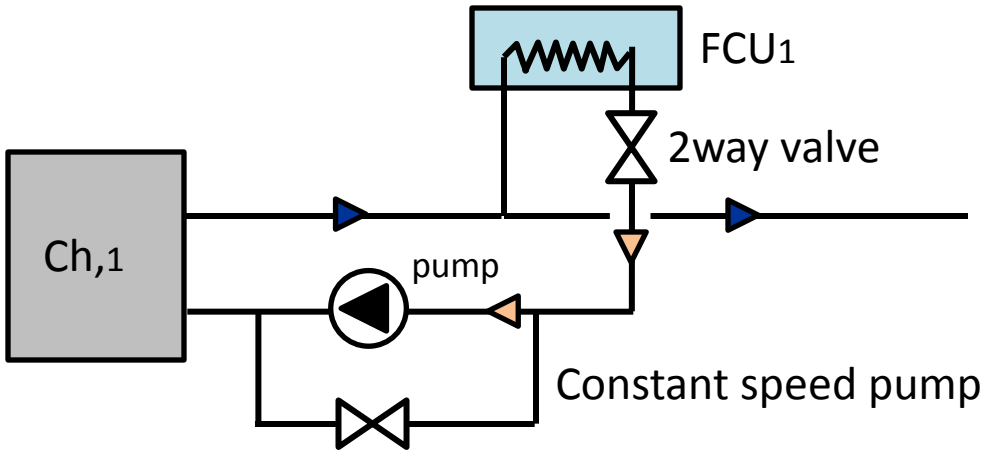
٦- يوضع الترموستات في حالة استخدام وحدات **FCU** في الغرفة وفي حالة استخدام **AHU** يوضع الترموستات على خط الراجع للـ **AHU**.



Part load Control (2 and 3 way valve)

٧- حالة استخدام صمام ثنائي مع مضخة ثابتة السرعة:

2 way valve and constant pump



٨- بسبب مشاكل المضخة متغيرة السرعة وتكلفتها العالية يمكن استخدام مضخة ثابتة السرعة مع صمام **2 way valve** على أن يكون هناك **by pass** على المضخة ففي حالة الـ **Part load** الترموستات يعطي إشارة للصمام **2 way** الذي يقوم بإمرار كمية مياه على قدر الحمل.

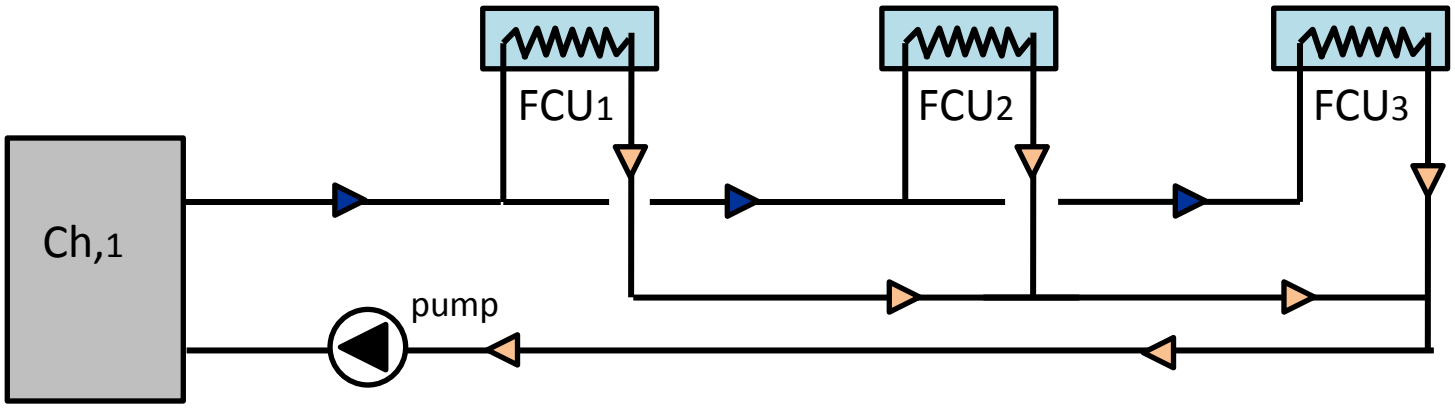
Part load Control

٩- في حالة النظام يستخدم وحدات **FCU** نستخدم صمامات **3way valve** في التحكم.

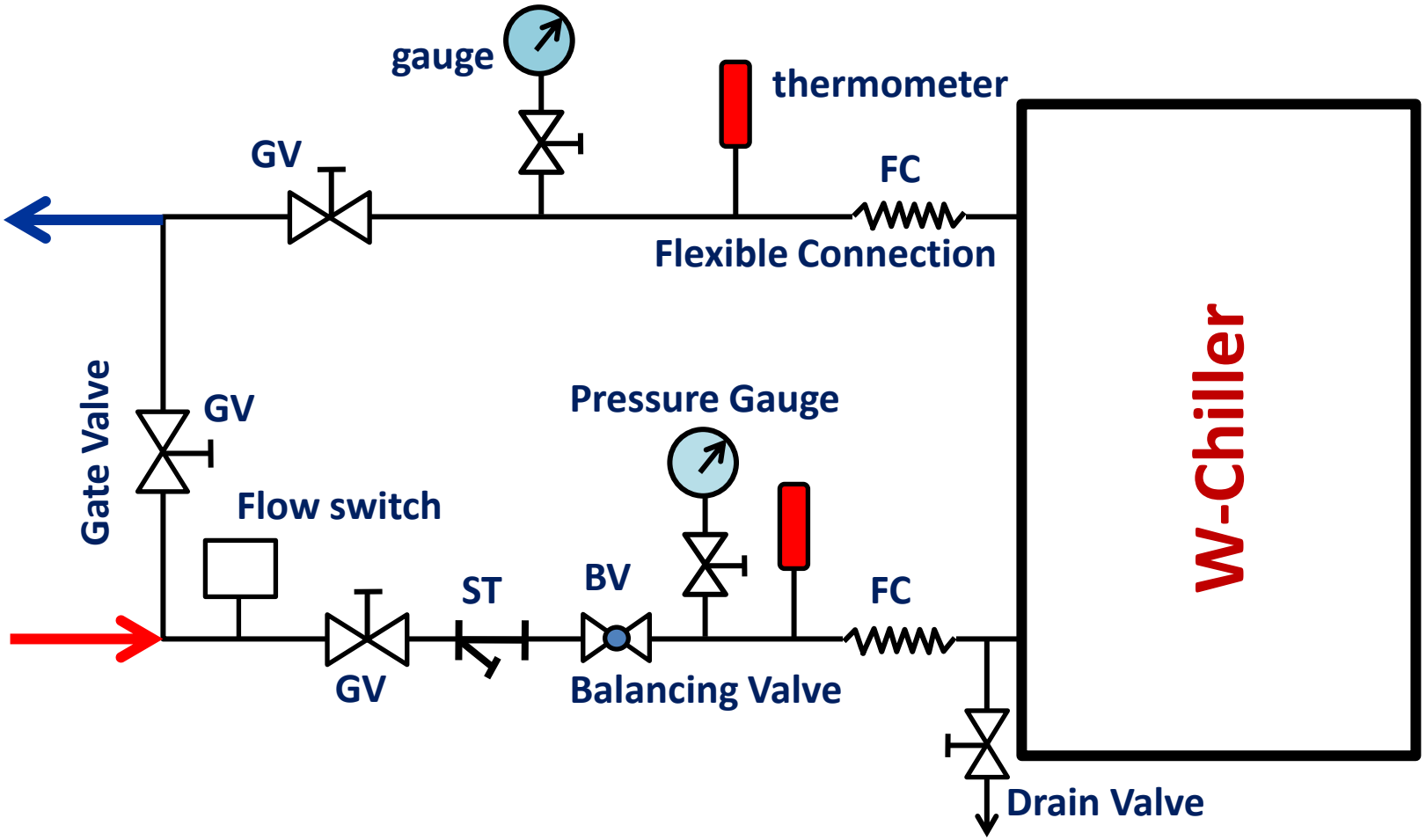
١٠- في حالة النظام يستخدم وحدات **AHU** نستخدم صمامات **2way valve** في التحكم، لأن الحمل كبير وكمية المياه كبيرة ونحتاج **control** على قدر الحمل.

١١- في حالة الأحمال متساوية نستخدم مبدأ التوازن الهيدروليكي في عملية التوصيل:

- اما بطريقة التغذية العكسية.
- أو بطريقة الراجع العكسي كما في الشكل التالي.



Chiller Hook up



Chiller Hook up

Flow Switch – يقوم بفصل التشيلر في حالة عدم وجود المياه..

Gate Valve – على خطوط الراجع والتغذية مهمتها صيانة التشيلر.

Gate Valve – على خط الـ **By Pass** يستخدم عند غسيل شبكة المياه عن طريق **Drain Valve**.

FC: Flexible Connection – على خطوط الراجع والتغذية مهمتها امتصاص الاهتزازات .

Thermometer – مقياس لدرجة الحرارة عند الدخول والخروج من التشيلر.

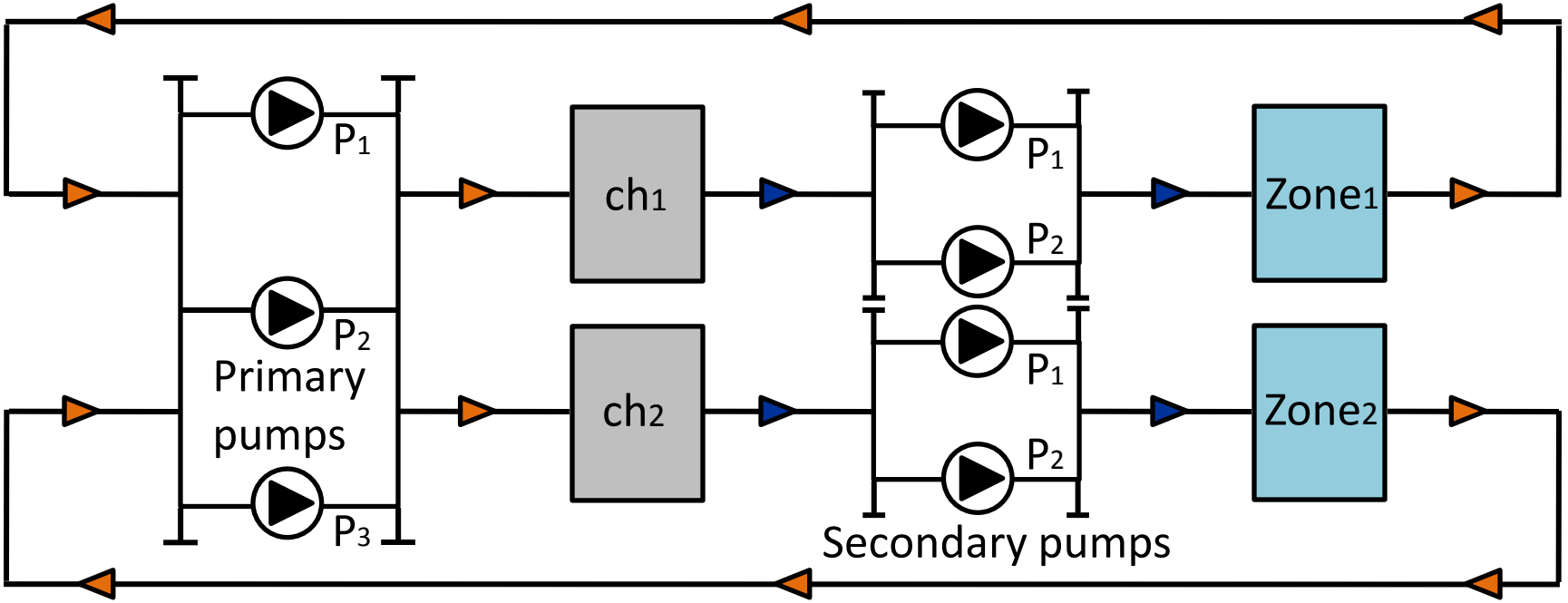
Pressure Gauge– مقياس الضغط عند الدخول والخروج من التشيلر.

BV: Balancing Valve- على خط الدخول لضبط كمية المياه الداخلة إلى التشيلر.

✓- في المشاريع الضخمة جدا (مثل القرى السياحية مثلا) قد تكون أطوال الأنابيب كبيرة جدا وبالتالي **Friction Losses** عالي جدا وكمية التدفق **gpm** كبيرة وتكون التشيلرات غالبا مع بعض (محطة مركزية) في هذه الحالة يتم استخدام مجموعتين من المضخات ، الأولى أساسية **Primary** وموقعها قبل التشيلرات ومسؤلة عن سحب المياه من شبكة الأنابيب بالـ **Zones** أي تتغلب على هبوطات الضغط ، ويكون عددها عدد التشيلر + ١ .

أما المضخات الثانوية **Secondary Pump** تركب على خط التغذية للتشيلرات وتكون مسئولة عن التغلب على هبوط الضغط **Friction losses**على خط التغذية فقط وهذه لا تكون متساوية في التدفق ولكن كل مضخة مسئولة عن إمداد التدفق **gpm** لـ منطقة معينة من الاستخدام **Zone**.

وصل الشيلرات
Chiller Hook up



Selection of chiller اختيار التشيلر

١- العوامل التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند اختيار التشيلر:

Factors affect air cooled chilled selection

درجة حارة الهواء الخارجي حيث يتم تبريد المكثف عن طريق الهواء الخارجي.

1- Ambient temperature.

درجة حرارة المياه الخارجة من التشيلر

2- Leaving chilled water temp. (LCWT). → 7°C or 44°F

3- T.R الحمل الحراري الكلي.

For example:

LCWT=44F & Ambient Temp.=105°F & 250 [T.R]

load=3.5×250=875kW

ندخل الكتالوك الخاص بشركة يورك مثلا: York

Selection of chiller اختيار التشيلر

ندخل الكتالوك الخاص بشركة يورك مثلا: York

اسم الموديل model	LCWT [°C] درجة حرارة المياه الخارجة من التشيلر	درجة حرارة الهواء الخارجي [°C]					
		25 [°C]		30 [°C]		35 [°C]	
		الحمل الحراري kW	الحمل الكهربائي kW	الحمل الحراري kW	لحمل الكهربائي kW	الحمل الحراري kW	الحمل الكهربائي kW

بمعرفة الحمل الحراري 875kW ودرجة الحرارة LCWT=7C وبمعلومية درجة حرارة الهواء الخارجي مثلا 40C نجد أن الموديل المطلوب هو : YDAJ 77XTg.

ثم ندخل الجدول الخاص بهذا الموديل ونتعرف على:

الحمل الكهربائي & وزن التشيلر & أبعاد التشيلر & هبوط الضغط & والمعطيات الكهربائية

هبوط الضغط

$P=\rho g h$ & Pressure drop=... ... kPa

Selection of chiller نموذج اختيار التشيلر

Technical Specifications: المواصفات الفنية:

Model		HAC 5	HAC 6	HAC 9	HAC 10	HAC 12	HAC 18	HAC 20	HAC 24
Cooling Capacity ●	KW	14.25	18.5	24.0	27.6	34.0	51.8	59.6	72.80
Power Input	KW	4.17	5.6	7.23	8.63	10.94	14.16	16.9	21.4
Compessor	NO	1	1	1	1	1	2	2	2
Capacity Step	NO	1	1	1	1	1	2	2	2
Max Current	A	9.3	10	19.3	21.1	27.6	38.6	42.2	55.2
L. R. A	A	62	86	96.5	104.0	135.0	193.0	208	270
Water Flow	M^3/H	2.6	3.1	4.4	5.07	6.18	8.8	10.0	12.36
Air Flow	M^3/H	7550	8000	11000	15000	15000	23500	23500	23500
Fans	No	1	1	1	2	2	3	3	3
Weight	Kg	150	160	230	250	280	480	500	530
Length	mm	1050	1350	1350	1700	1700	2350		
Width	mm	800	900	900	900	900	1150		
Hieght	mm	1070	1070	1070	1090	1090	1280		

● Water Temperature 7 / 12° C Condensing Temperature 45° C

Cooling Tower Selection اختيار برج التبريد

١- العوامل التي تأخذ بعين الاعتبار عند اختيار لبرج تبريد هي .

EWT=Entering Water Temp.=95°F=35°C درجة حرارة دخول المياه إلى البرج.

LWT=Leaving Water Temp.=85°F=30°C درجة حرارة خروج المياه من البرج.

WBT=Wet Bulb Temp.=24°C درجة الحرارة الرطبة للهواء.

Flow rate كمية المياه المستخدمة في برج التبريد.

If [T.R] of chiller 100 [T.R] →Flow rate =100×3=300[gpm]=22.7[l/s]

Temperature Range =EWT-LWT=5°C

Temperature Approach =LWT-WBT=6°C

Nominal Load [kW] = Flow Rate [l/s]× Range ×4.186

وهي كمية الحرارة التي يجب سحبها من المياه بغية تبريدها.

Design Steps
ملخص خطوات التصميم لأي مشروع HVAC

١- حساب حمل التكييف cooling load لكل فراغ يراد تكييفه space بالمشروع .

٢- تحديد نوع النظام المناسب للمشروع : DX & Chilled water.

٣- حساب الحمل الحراري الكلي للمشروع لمعرفة سعة التشيلر المطلوب مع الأخذ في الاعتبار: Diversity Factor .

(بفرض أن كل الوحدات لن تعمل معا) Diversity Factor=0.8 – 0.9 Total load

٤- اختيار التشيلر المناسب select the chillerعلى حسب الحمل من الكتلوكات .

٥- تحديد المناور أو الدكتات الاسمنتية بالمشروع ليكون فيها الأنابيب select the riser possition.

٦- توصيل الوحدات FCU بـ main branches ثم إلى المناور riser.

٧- تحديد قياس sizing شبكة الأنابيب .

٨- Start To Connect Pumps & Expansion Tank & Chiller And Cooling Towers

Design Steps
ملخص خطوات التصميم لأي مشروع HVAC

٩- عدد المضخات : No of pumps = No of chillers +1

١٠- في حال سعة التشيلر 500T.R يفضل تركيب تشيلرين سعة كل واحد منهما 250T.R وآخر stand by سعة 250[T.R]

١١- في الأماكن المهمة مثل المستشفيات يكون 100% stand by chiller

١٢- عدد أبراج التبريد: No of cooling towers = No of chillers

No of cooling tower pumps = No of cooling towers +1

١٣- التدفق الكلي لمضخة التشيلر:

Total flow rate of chiller pump[gpm] = 2,4 × Total capacity of chiller[T.R]

١٤- التدفق الكلي لمضخة برج التبريد:

Total flow rate of cooling tower pump[gpm] = 3 × Total capacity of chiller[T.R]

أجوبة الاختبار الذاتي

س١- اذكر أنواع حوامل وعلاقات أنابيب الماء.

تستخدم عدة أنواع من الحوامل من نوع Roll Type انظر الأشكال:

س٢- ما هي الطرق المستخدمة في امتصاص :

- التمدد والانكماش في الأنابيب.

١- حلقات وفروع تمدد . ٢- وصلات تمدد (النوع الانزلاقي والنوع ألمنفاخي) ٣- الخرطوم المرن.

- الاهتزاز في الأنابيب.

١- عوازل الاهتزاز ٢- خراطيم أو وصلات مرنة.

س٣- اذكر أنوع الصمامات التي تستخدم في أنظمة الماء، صف تركيبها وتكوينها.

تصنع الصمامات عادة إما كلها من البرونز أو الجسم من الحديد والأجزاء الأخرى من البرونز. وفي حالة الضغط العالية تستخدم الصمامات من الحديد الصلب. وأنواع الصمامات هي:

١- الصمامات البوابية: ويتم تركيبها لإيقاف الجريان.

٢- الصمامات الكروية وصمامات الزاوية وصمامات السد وصمامات الابرة وصمامات الخنق ذات القرص : وتستخدم لتنظيم الجريان.

٣- صمامات عدم الرجوع : وينم تركيبها لتحديد اتجاه الجريان.

وتتكون الصمامات من الأجزاء التالية: القرص والساق وصمولة التغليف والحشو وغطاء الصمام.

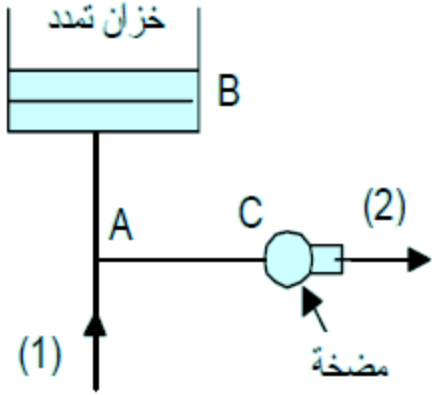
أجوبة الاختبار الذاتي

س٤- ما هي وظيفة خزان التمدد في جهاز التكييف المركزي. ارسم مخططا يوضح مكان تركيبه.

١- المحافظة على الضغط للنظام للسماح للماء بالتمدد عند زيادة درجة حرارته.

٢- يعمل على تعويض الماء للنظام.

الشكل التالي يوضح مكان تركيب خزان التمدد في جهاز التكييف المركزي



ويجب أن يكون:

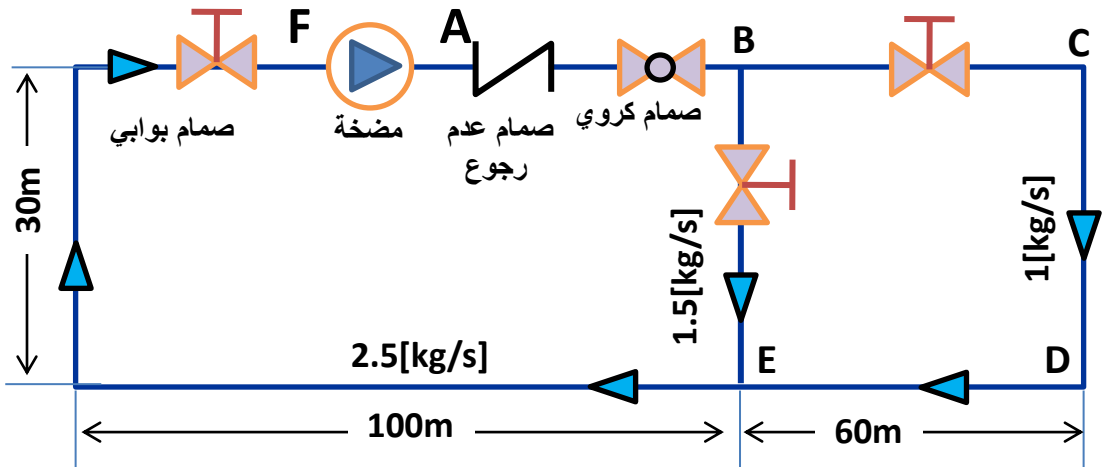
- في جانب السحب من المضخة.
- عند أعلى نقطة للنظام.

س٥- دورة ماء لجهاز تكييف مركزي تتكون من مسارات تحمل [kg/s](2&20&60)ماء بارد عند درجة حرارة 7.5C والمطلوب صمم أقطار الأنابيب لها ثم أوجد معدلات هبوط الضغط والسرعات.

باستخدام خريطة هبوط الضغط لأنبوب الحديد الأسود ، الشكل رقم ().

التدفق [kg/s]	القطر[mm]	السرعة [m/s]	هبوط الضغط [Pa/m]
2	50	0.9	215
20	125	1.5	186
60	200	1.67	118

أجوبة الاختبار الذاتي



س٦- في نظام الأنبوب المائي البارد الموضح في الشكل، احسب:

١- أقطار الأنابيب في كل جزء.

٢- هبوط الضغط الكلي.

٣- الارتفاع المانومتري للمضخة.

الحل: باستخدام خريطة هبوط الضغط لأنبوب الحديد الأسود الشكل رقم () نوجد الأقطار والسرعات وهبوط الضغط وعلى أن لا تزيد السرعة عن [2.4[m/s .

م	الدائرة	التدفق [kg/s]	القطر[mm]	السرعة [m/s]	هبوط الضغط [Pa/m]
1	EFAB	2.5	50	1.1	280
2	BCDE	1	40	0.75	2.15
3	BE	1.5	50	0.65	115

٢- يتم دائما تصميم النظام على أساس أطول دائرة ABCC'D'DEF

المقطع	التركيبة	القطر[mm]	التدفق[kg/s]	السرعة [m/s]	ط. مكافئ[m]	عدد التركيبات	الطول الكلي[m]	ΔP[Pa/m]	ΔP[Pa]
EFAB	أنبوب	50	2.5	2.16	-	-	230	280	64400
	صمام بوابي	-	-	-	0.7	1	0.7	280	520
	صمام عدم رجوع	-	-	-	6.1	1	6.1	280	1708
	صمام كروي	-	-	-	16.7	2	33.4	280	9352
	كوع قياسي	-	-	-	1.7	2	3.4	280	952
	تي	-	-	-	1.7	1	1.7	280	476
المجموع							275.3	280	77084
BCDE	أنبوبة	40	1	0.75	-	-	150	215	32250
	صمام بوابي	-	-	-	0.5	1	0.5	215	107.5
	كوع قياسي	-	-	-	1.3	2	2.6	215	559
	تي	-	-	-	1.3	1	1.3	215	279.5
المجموع							154.4	215	33196
هبوط الضغط الكلي									110280

٣- الارتفاع المانوميتري للمضخة المطلوبة هي:

$$\Delta P=110280[Pa]=1.10280\ [bar]=11028.0\ [mm.w]=11.0280\ [m.w]\approx 11[m.w]$$

شكراً لحضوركم

وحسن سماعكم