

**المقدمة:****1- تطور هندسة الهواء المضغوط**

إن كلمة نيوماتك مشتقة من الكلمة الإغريقية pneuma والتي تعنى (هواء -رياح -تنفس) ، وهى تعرف بأنها علم هندسي يهتم بالهواء المضغوط وتدفقه واستخدام الهواء المضغوط ليس بالجديد ، ولكن الجديد هو استخدام الهواء المضغوط فى التحكم.

ففى الفترة ما بين (1950 : 1940 ) ميلادية ، ونتيجة للتقدم الكبير فى صناعة اللدائن الصناعية أنتجت مواسير بلاستيك رقيقة ومتينة ، وبأحجام صغيرة ، بالإضافة إلى إنتاج الصمامات الاتجاهية ذات الحجم الأحجام الصغيرة مما حث الشركات على استخدام الهواء المضغوط فى التحكم . ولكن فى هذه الفترة كانت دوائر التحكم النيوماتيكية تحتاج لمجهود شاق عند التنفيذ ، حيث كان كل عنصر من عناصر الدوائر يثبت منفردا . وإذا لم ينفذ نظام التحكم بدقة متناهية أصبح كابوسا معتما بالنسبة للفنيين نتيجة للوصلات الكثيرة والمحيرة . لذا كان التحكم الهوائي ( النيوماتيكي ) محدود فى الصناعة لندرة الفنيين المدربين على ذلك آنذاك . وفى منتصف عام 1960 ميلادية تقدمت صناعة صمامات التحكم واستخدمت الصمامات المنطقية فى الدوائر الهوائية .

**2 - مميزات وعيوب منظومات التحكم بالهواء المضغوط****أولا : المميزات:**

- (1) **الكمية:** الهواء متوفر ويمكن الحصول عليه فى أي مكان وبأي كمية مطلوبة بلا مقابل.
- (2) **النقل:** يمكن نقل الهواء المضغوط خلال الأنابيب لمسافات بعيدة.
- (3) **الخزن:** لا نحتاج للتخلص من بقايا الهواء المضغوط ، حيث يمكن تسريبها للجو بعد الانتهاء من العمل
- (4) **درجة الحرارة:** الهواء غير حساس للتغير فى درجة الحرارة ، ولذلك يمكن استخدامه فى التحكم عند أي ظروف مناخية.
- (5) **غير قابل للانفجار:** يفضل استخدامه فى الأماكن المعرضة للانفجارات والتي تحتوى على غازات متطايرة قابلة للاشتعال عن التحكم بالكهرباء لعدم احتمال حدوث أي شرر.
- (6) **الأحمال المفرطة:** الآلات التي تعمل بالهواء المضغوط لا يخشى عليها من الأحمال المفرطة بعكس الآلات التي تعمل بالتيار الكهربائي.
- (7) **النظافة:** الهواء المضغوط نظيف ، ولذلك يمكن استخدام الهواء المضغوط فى الصناعات التي تحتاج إلى نظافة خاصة مثل الصناعات الغذائية ، وصناعة الغزل والنسيج.. الخ
- (8) **السرعة:** الهواء المَضْغُوط وسطُ عاملُ سريع جداً. هذا يُمكنُ سرعةَ عاملةٍ عاليةٍ لكي تُنَجَرَ .(أسطوانات هوائية لها سرعةَ عاملةً  $2-1 \text{ m/sec}$  )
- (9) **مكونات تشغيل:** إنَّ مكوّنات تشغيل المنظومة الهواء المضغوط من النوع البسيط و رخيص.

**ثانيا: العيوب(المساوي)**

- (1) ارتفاع **تكلفة** إنشاء وتشغيل وصيانة وحدات توليد وتجفيف الهواء المضغوط.
- (2) للحصول على قوى كبيرة يلزم استخدام أحجام كبيرة من الأسطوانات، لذا يفضل عدم زيادة ضغط الهواء المضغوط عن (**7 bar**) لتقليل التكلفة.
- (3) نظرا لقابلية الهواء للانضغاط لا يمكن الوصول ل**سرعات ثابتة** لعنصر العمل ( أسطوانات ومحركات هوائية) عند تغير الأحمال
- (4) يحتاج الهواء المَضْغُوطُ **عداداً جيداً** من الأوساخ والرطوبة والتي تؤدي إلى تآكل المكونات الهوائية.

## مقارنة العوامل الفردية للأنظمة المختلفة

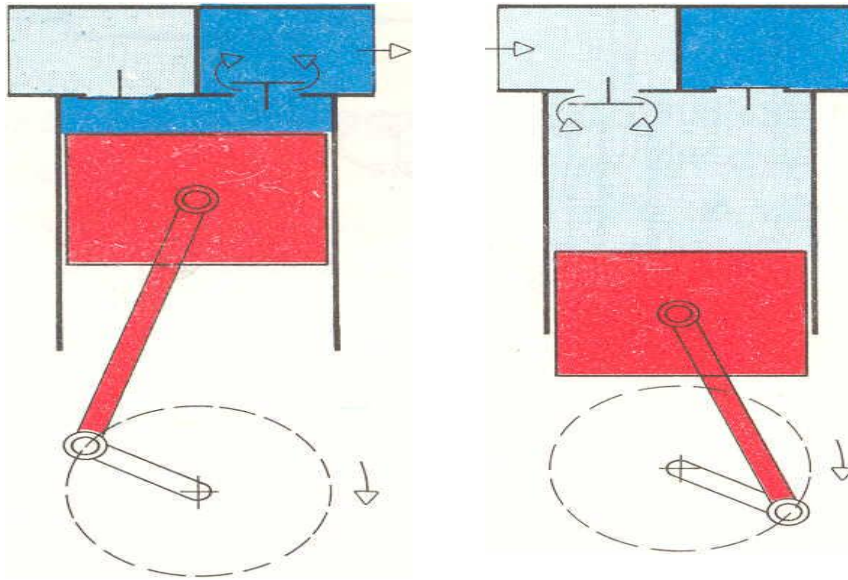
(Comparison of individual factors for different systems)

النظام الخاصية	هوائي (Pneumatic)	هيدروليكي (Hydraulic)	كهربائي (Electric)
إنتاج طاقة (Energy production)	تستخدم محطات الضاغط الهوائي الثابتة والمتحركة محرك كهربائي أو محرك احتراق داخلي. اختيار نوع الضاغط طبقاً للضغط والقدرة المطلوبة. وتوفر الهواء للضغط في كل مكان بكميات غير محدودة.	تستخدم محطات المضخة الثابتة والمتحركة موتور (مائي، وقود متحجرة، محطة طاقة نووية) (hydro, fossil-fuelled, nuclear power plant). اختيار نوع مضخة طبقاً للضغط والقدرة المطلوبة.	عادة تعتمد على المحطات (مائي، وقود متحجرة، محطة طاقة نووية) (hydro, fossil-fuelled, nuclear power plant).
خزن طاقة (Energy storage)	يُمكن أن تُخزن كميات الطاقة الكبيرة وتُنقل الطاقة المخزنة باستخدام أسطوانات الهواء المضغوط.	قابلية الخزن محدودة، وضغط الهواء مطلوب كوسط مساعد. يكون اقتصادياً فقط للكميات الصغيرة.	الخزن صعب، ولكن يمكن في الغالب فقط في كميات صغيرة (بطاريات، خلايا خزن).
نقل الطاقة (Energy transportation)	سهولة نقله خلال الأنابيب إلى مسافات حوالي 1000 متر (مع خسارة الضغط).	سهولة نقله خلال الأنابيب إلى مسافات حوالي 100 متر (مع خسارة الضغط).	سهولة نقل الطاقة لمسافات غير محدودة.
التسريب (Leakage)	لا عوائق ماعدا خسارة الطاقة ويُفرغ الهواء المضغوط إلى الجو.	لا خسارة للطاقة والإفساد البيئي الكبير في حالة تسرب السائل الهيدروليكي (خطورة حدوثه).	لا خسارة للطاقة بدون اتصال موصّل إلى الأجزاء الأخرى (خطر حدوثه في الفولطيات العالية).
كلفة الطاقة (Cost of energy)	المستوى العالي مقارنة بالكهربائية والطاقة الهيدروليكية، تقاوت طبقاً لنوع المحطات وكفاءة الاستخدام.	-	أقل الكلفة.
التأثيرات البيئية (Environmental effects)	الهواء المضغوط عديم التحسس إلى تقلبات درجة الحرارة. لا يتأثر في خطر الانفجار أو النار بدون إجراءات وقائية منفصلة. خطر التجميد في الرطوبة العالية من سرعة التدفق العالية الهوائية ودرجات الحرارة البيئية المنخفضة.	حساس إلى الاختلافات في درجة الحرارة. خطر بتسرب الزيت.	عديم الحس إلى اختلافات درجة الحرارة في المدى الطبيعي للعازل الكهربائي.

## مكونات منظومة الهواء المضغوط:

-1

الضاغط الهوائي : هو القلب النابض لأي نظام تحكم هوائي ، و يقوم الضاغط بتوليد الهواء المضغوط اللازم في عمليات التحكم الهوائية حيث يدخل الهواء الجوي من خط السحب للضاغط بالضغط الجوي ويساوي تقريباً ( 1 . bar kg/cm ) ويخرج الهواء المضغوط المستخدم في التحكم الهوائي من خط الطرد للضاغط بضغط يتراوح ما بين ( 5:10 bar ) ويستخدم الهواء المضغوط في تشغيل عناصر الفعل الهوائية مثل :- الاسطوانات والمحركات الهوائية الموجودة في الماكينات المختلفة العاملة بالهواء المضغوط.



## 2- وحدة الخدمة (Service unit)

إن وحدة الخدمة تتكون من مجموعة من الوحدات:

مرشح الهواء المضغوط (compressed air filter)

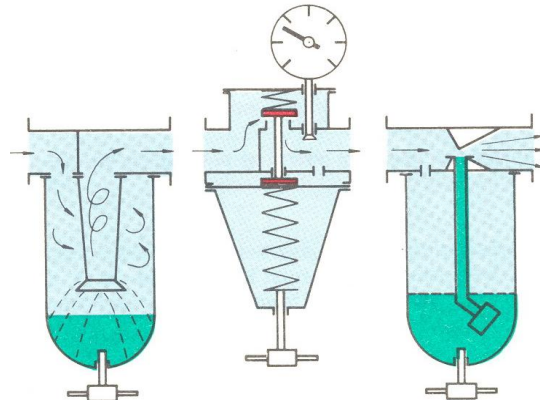
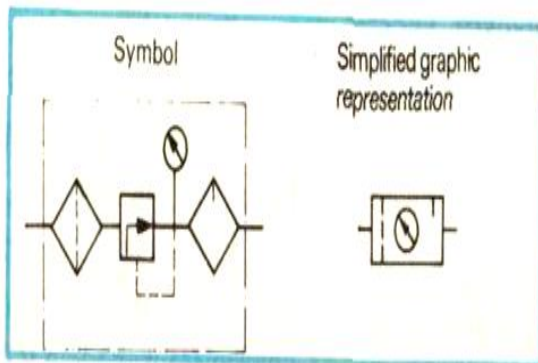
المنظم الهوائي المضغوط (compressed air regulator)

المزيت الهوائي المضغوط (compressed air lubricator)

الشكل 50: وحدة خدمة (Service unit)

الشكل 51: رمز (وحدة خدمة)

e unit



### 3- منظم الضاغط (Compressor Regulation)

هناك ثلاث أنواع مُختلفة لتنظيم الضغط داخل الضاغط ومتوفرة لهذا الغرض:

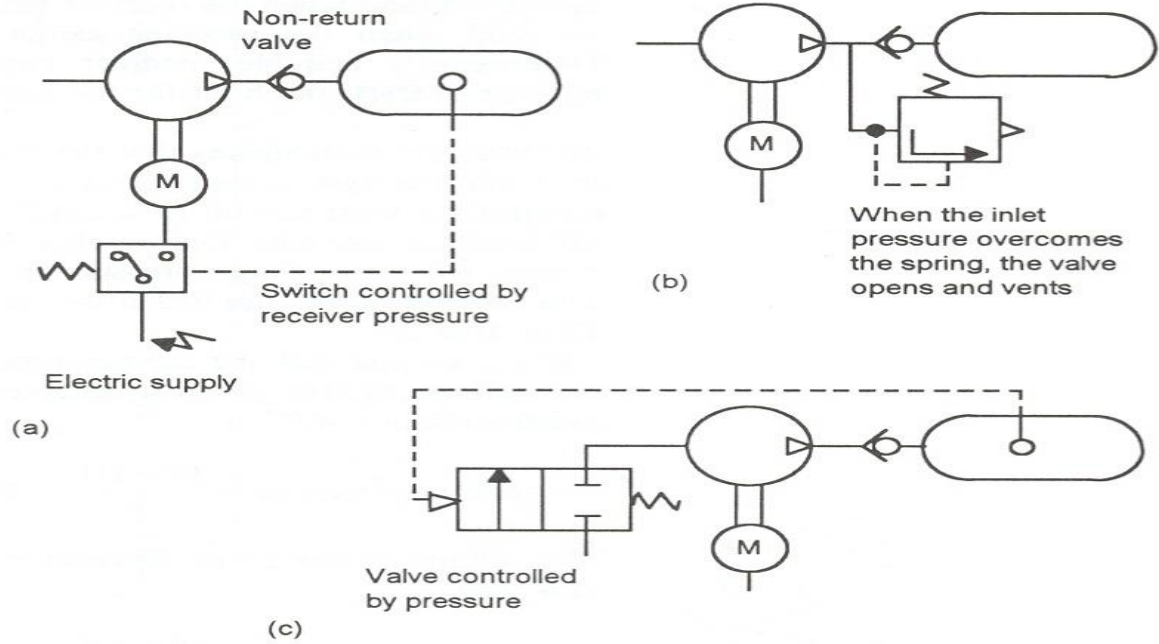


Figure 2.24 Compressor control: (a) start-stop, (b) exhaust regulation, (c) intake regulation

### 4- الصمامات (Valves)

- صمامات التحكم بالضغط
- صمامات التحكم بالاتجاه
- صمامات التحكم بالتدفق

## 2.4.6.1 Time circuits for defined time-dependent reversal

## Start-delayed time behaviour

This behaviour is illustrated in Fig. 2/43.

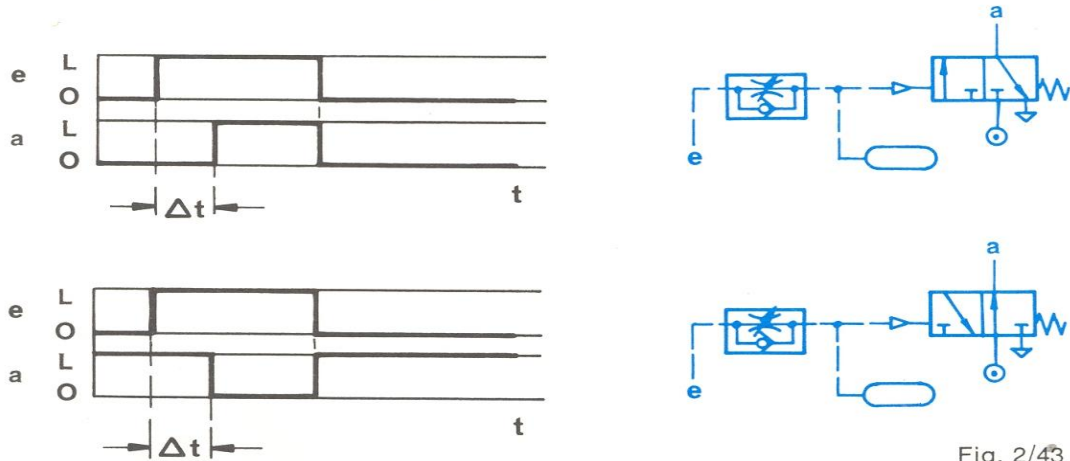


Fig. 2/43

## Falloff-delayed time behaviour

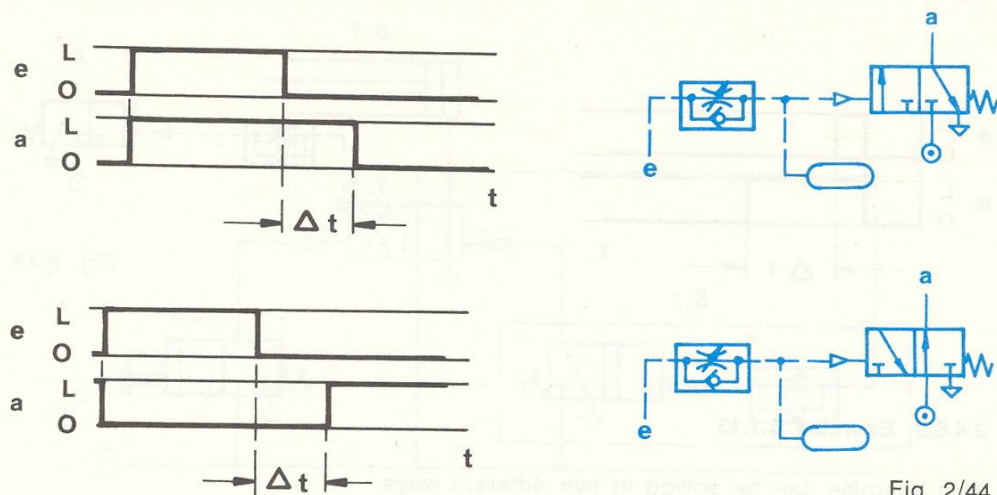


Fig. 2/44

A **start- and falloff-delayed time behaviour** is shown in Fig. 2/45 (separately adjustable).

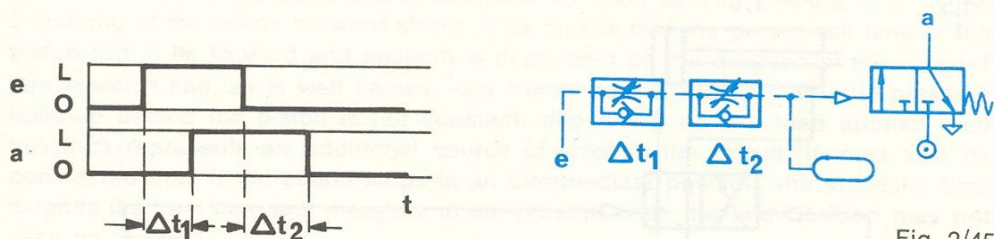


Fig. 2/45

## Basic Circuits

تمارين عن الدوائر البسيطة :  
السيطرة على حركة اسطوانة وحيدة (منفردة) الفعل

## Control of a single-acting cylinder

## 11.4 Speed regulation on single-acting cylinders

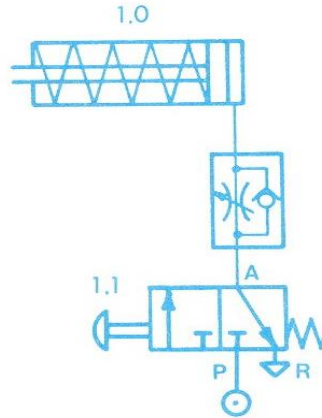
(تنظيم سرعة أسطوانة وحيدة الفعل)

## Problem:

التمرين

The piston speed in a single-acting cylinder is to be adjustable for the advance movement.

نظم الحركة باتجاه الأمام لسرعة مكبس أسطوانة وحيدة الفعل



## Solution:

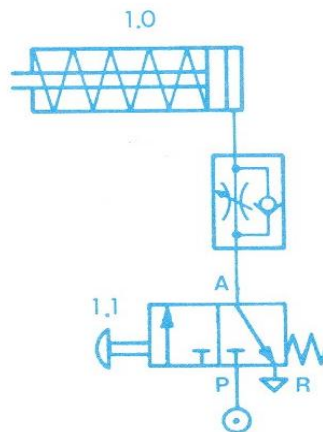
On a single-acting cylinder, the advance movement can be throttled only by throttling the supply air.

## Problem:

التمرين

The piston speed is to be adjustable for the return movement.

نظم حركة الرجوع لسرعة مكبس أسطوانة وحيدة الفعل



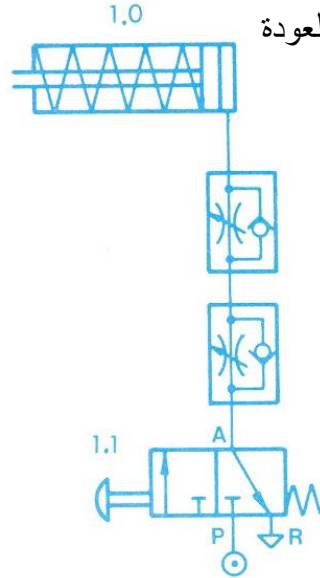


التمرين

**Problem:**

The piston speed in a single-acting cylinder is to be adjustable and throttled separately for the advance and the return movements.

نظم سرعة مكبس لأسطوانة وحيدة الفعل  
بالخنق المنفصل لحركات التقدم والعودة

**Solution:**

Two throttle relief valves must be used in this case to provide accurate and separate adjustment.

**11.5 Speed regulation on double-acting cylinders**

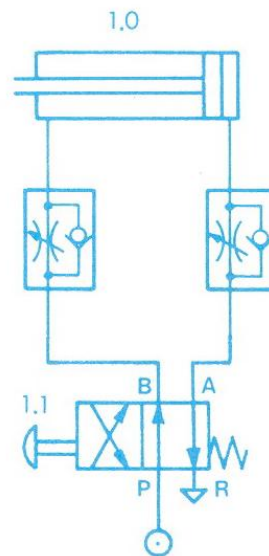
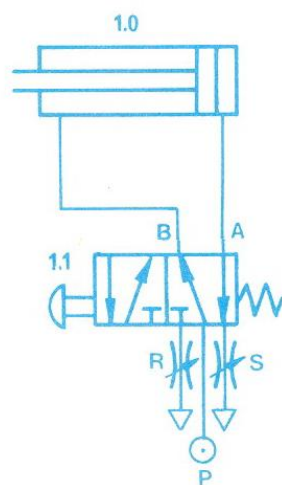
تنظيم السرعة لاسطوانة مزدوجة الفعل

التمرين :

**Problem:**

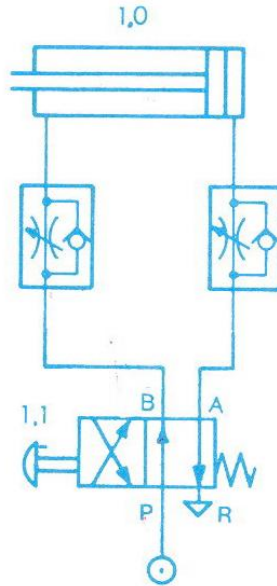
The advance and return movement speeds of a double-acting cylinder are to be regulated.

نظم سرعة مكبس أسطوانة مزدوجة الفعل لحركات التقدم والعودة



**Solution a):**

Separately adjustable exhaust throttling for advance and return movement. Initial jolt until forces are equalised, but then better possibility for regulating (independent of load). With the 5/2-way valve, simple restrictors can be placed in the exhaust air connections.

**Solution b):**

Separately adjustable supply air throttling for advance and return movements. Steady initial motion, but poor possibility of regulation. Cannot be applied for tensile loads. - Application with small cylinder volume acting against the load.

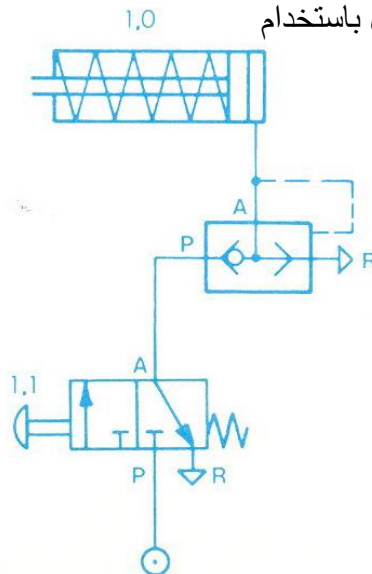
### 11.6 Raising the speed of single-acting and double-acting cylinders

تسريع السرعة لاسطوانات وحيدة الفعل ومزدوجة الفعل  
التمرين :

**Problem:**

The return speed of a single-acting cylinder is to be increased by means of a quick exhaust valve.

زيد من سرعة مكبس أسطوانة وحيدة الفعل باستخدام  
صمام تسريع العادم



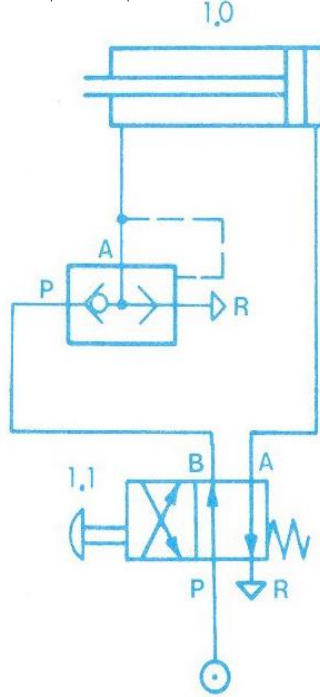


التمرين :

**Problem:**

The advance movement speed of a double-acting cylinder is to be increased.

زيد من سرعة تقدم مكبس أسطوانة مزدوجة الفعل باستخدام صمام تسريع العادم

**Solution:**

When valve 1.1 switches over, the air must escape very rapidly from the front cylinder chamber. Shortly after the cylinder, the quick exhaust valve allows the air to escape immediately to atmosphere. The air need not exhaust through the whole length of the line and the valve.

**11.7 Control with two-pressure valve**

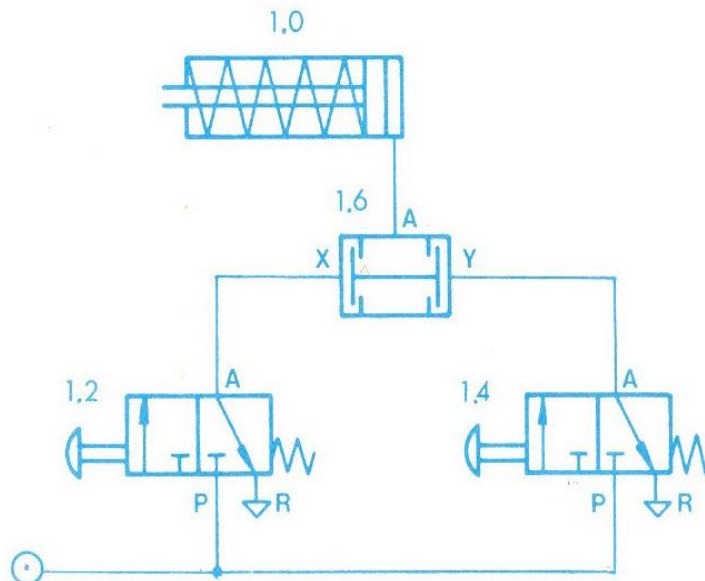
منظومات السيطرة باستخدام صمامين ضغط

**Problem:**

التمرين :

The piston rod of a single-acting cylinder may move out only if two 3/2-way valves are actuated.

حرك عمود مكبس أسطوانة وحيدة الفعل فقط عند استخدام صمامين 2/3 في آن واحد



## تطبيقات عملية :

تمرين 1: توزيع الصناديق (البضائع) بواسطة الحزام الناقل

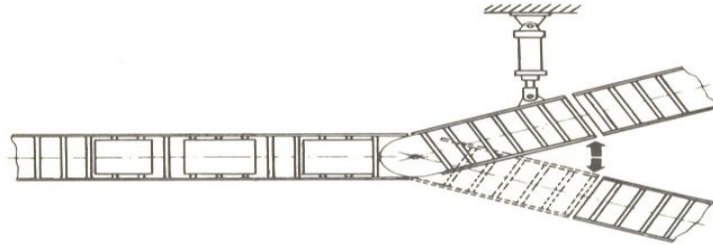
في الشكل أدناه منظومة خط سير ناقل للعلب إلى وحدة التعبئة المطلوب:  
 ارسم الدائرة الهوائية لعمل خط سير ناقل (conveyor) بحيث يتم التحكم بحركة ألاسطوانة مزدوجة الفعل بصورة غير مباشرة يدويا باستخدام صمامي التحكم بالاتجاه المشغل بمفتاح (Push-button).

## 12. Practical Examples (Basic Circuits)

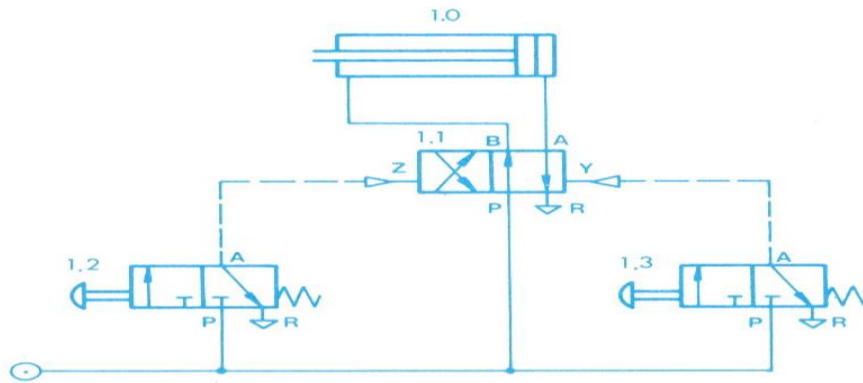
## 12.1 Problem: Distribution of crates

The roller track is to be swivelled at will by means of a motor. On releasing the manual control, the initial position is to be resumed.

Positional sketch:



Circuit diagram:

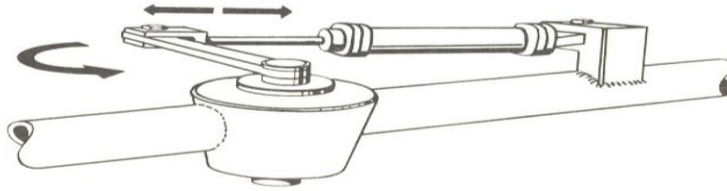


## 12.2 Problem: Operation of a proportioning slide

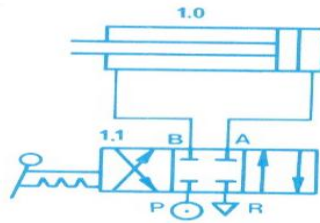
تمرين 2 : عمل المنزلق التناسبي

A liquid is to be proportioned by a manually operated valve. It must be possible to hold the slide in any desired position.

Positional sketch:



Circuit diagram:

SELF ASSESSMENT EXERCISE No.1

1. Identify the component on the pneumatic circuit below represented by symbols V1, V2, V3 and A1.

Explain the purpose of V3

Explain the purpose of component V1

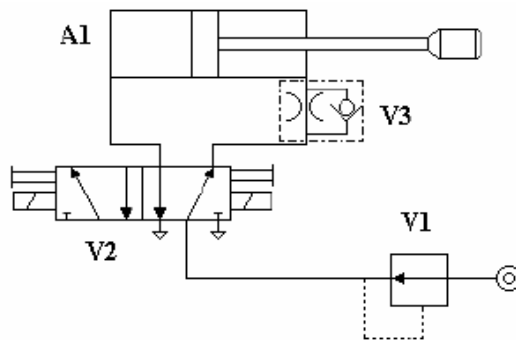


Figure 17

الشكل (18) ادناه يوضح مخطط لدائرة هوائية المطلوب :-

- 1- ما المقصود بالرمز (V6)
  - 2- وضح الغرض من الدالة المنطقية (OR) للصمام (V9)
  - 3- وضح الغرض من الصمام (V7)
  - 4- قارن ما بين خصائص الدالتين (OR) و (AND).
- اشرح آلية عمل الدائرة الهوائية بالتسلسل بعد تحفيز احد الصمامين V1 أو V2

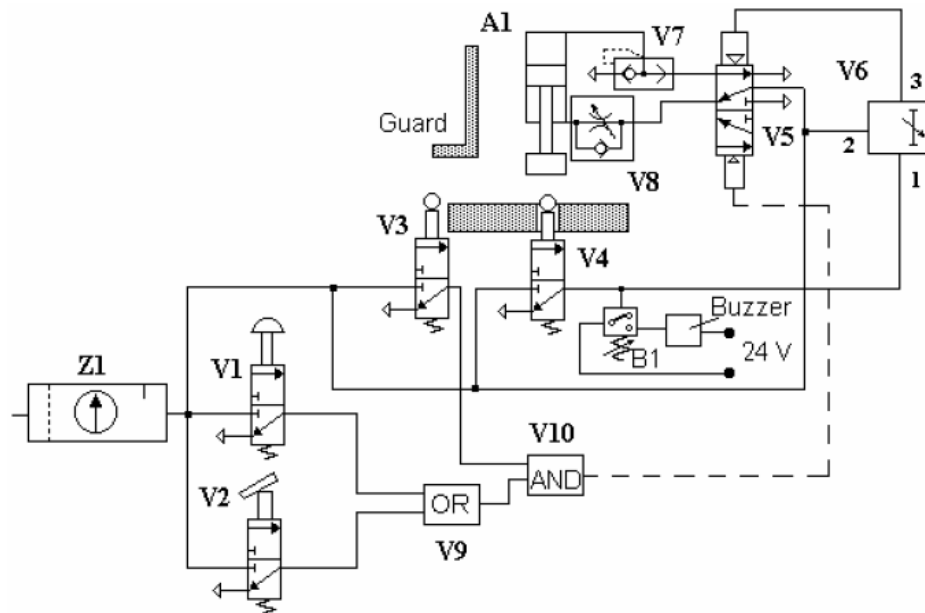


Figure 18

3. Explain the sequence of events that occur when valve V1 is operated.

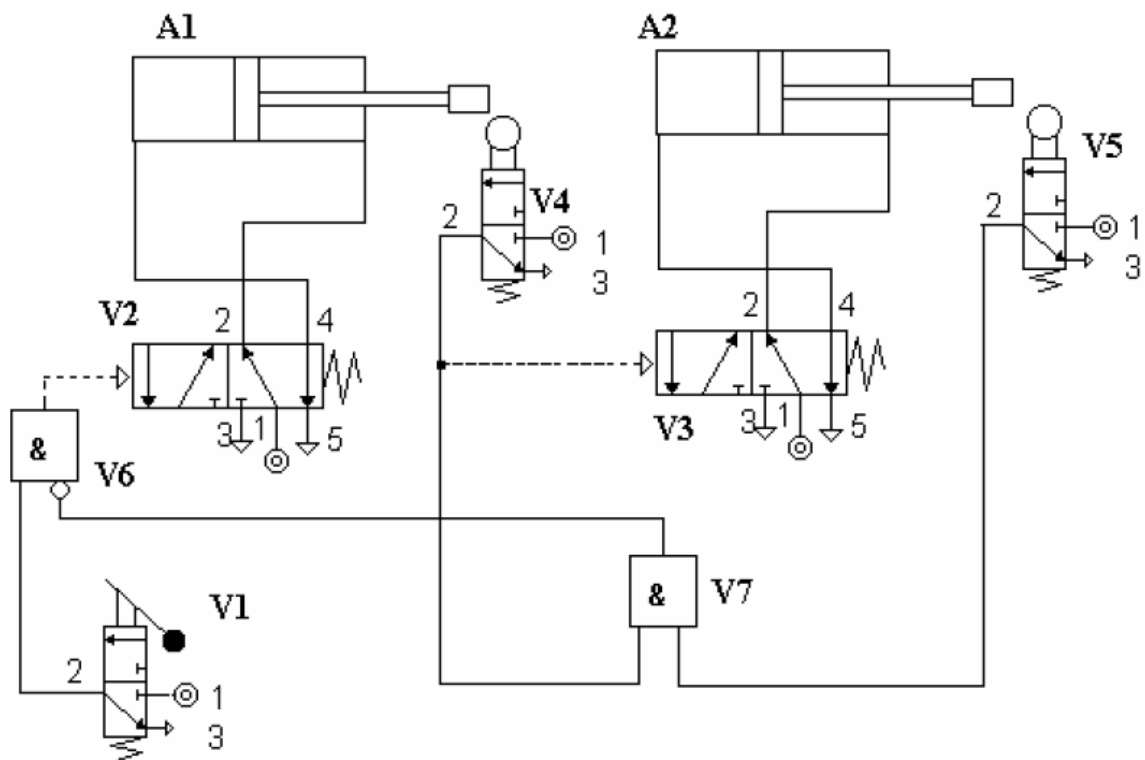


Figure 19

### – انتقاء أبعاد الأنابيب وأقطارها:

يجب ألا يعتمد قطر الأنابيب على أساس أية أنابيب قد تكون متوفرة أو بناء على أية قاعدة للإنتقاء بالصدفة ، ولكن يفضل الإعتماد على المعايير التالية:

- 1 – حجم الإنسياب .
- 2 – طول الأنبوب .
- 3 – مقدار الإنخفاض المسموح به للضغط .
- 4 – ضغط هواء العمل .
- 5 – عدد التمديدات في خط الأنابيب .
- 6 – حجم الدخول ( المدخل) .

يمكن الإفادة من المخطط البياني (نوموغرام) المبين (بالشكل 93) لكي يمكن بسرعة وبكل سهولة تحديد قطر الأنابيب اللازمة .  
تصميم خط أنبوبي أو شبكة أنبوبية:

#### Designing a pipeline:

The air consumption in a factory is  $4 \text{ Nm}^3/\text{min}$  ( $240 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ). The increase over a period of about three years will be 300%. This results in  $12 \text{ Nm}^3/\text{min}$  ( $720 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ). The total consumption is  $16 \text{ Nm}^3/\text{min}$  ( $960 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ). The pipeline will have a **length of 280 m**, and it contains 6 T-pieces 5 normal elbow pieces, 1 two-way valve. The permissible pressure drop is  $\Delta p = 0.1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . Working pressure  $8 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .

**To be calculated:** pipe diameter

The provisional pipe diameter is determined in the nomogram (Fig.25) using the available data.

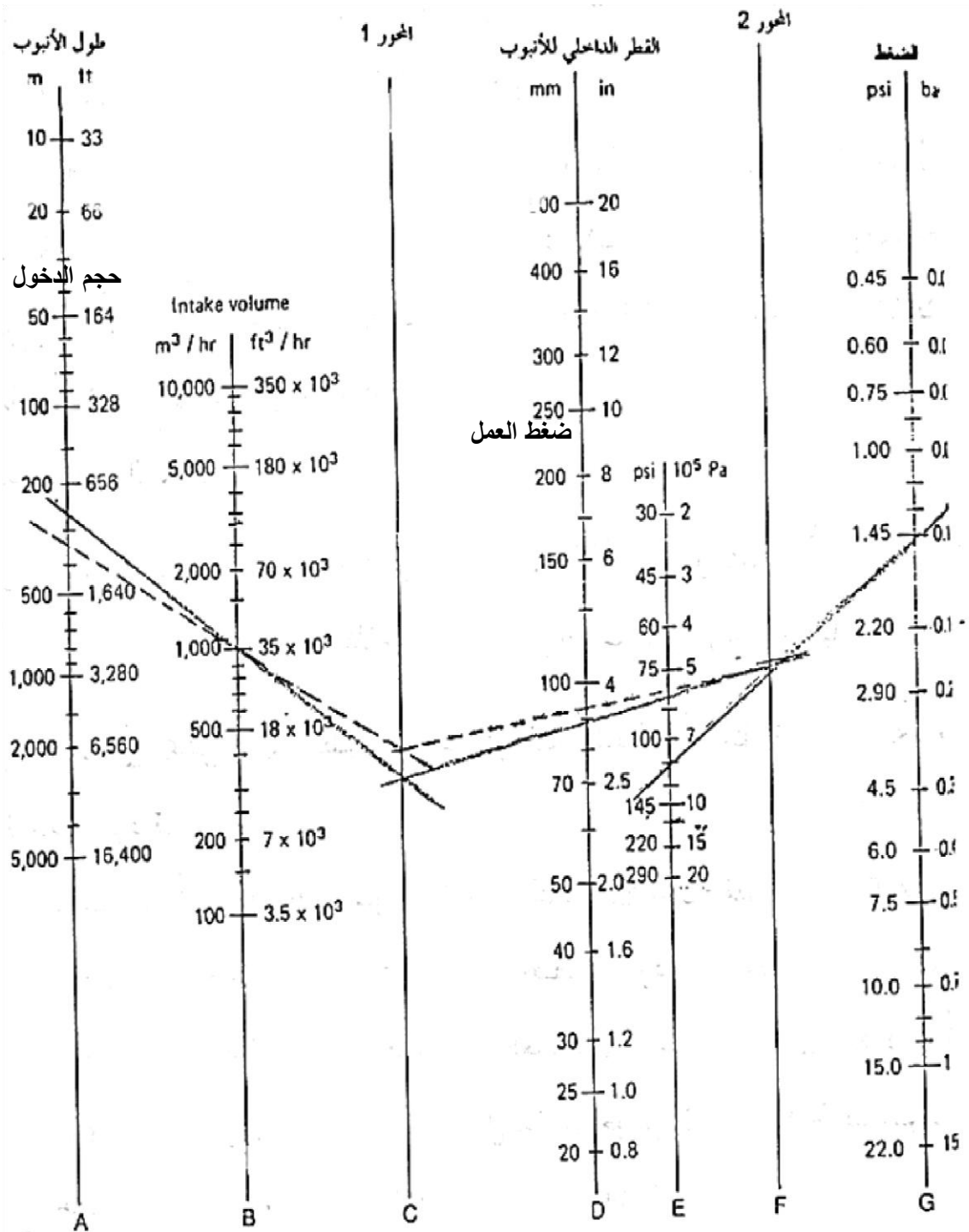


إذا كان الإستهلاك في مصنع ما  $4 \text{ m}^3/\text{min}$  (  $240 \text{ m}^3/\text{h}$  ) فسيكون احتمال الزيادة خلال 3 سنوات حوالي 300% وهذا سيعني  $12 \text{ m}^3/\text{mm}$  طول التمديدات سوف يصل إلى 280 m ويشمل 6 وصلات بشكل T و 5 أكواع، وصمام مزدوج الإتجاه. فمقدار هبوط الضغط المسموح به هو  $P = 0,1 \text{ bar}$  وسيكون ضغط العمل 8 bar وحجم الدخول  $950 \text{ m}^3$  ولحساب قطر الأنابيب:

قطر الأنبوب يجب أن يحدد بمرحلتين: المرحلة الأولى: قطر أنبوب مؤقت.  
المرحلة الثانية: قطر أنبوب نهائي (ثابت نهائياً)

المرحلة الأولى: يمكن تحديد قطر الأنبوب المؤقت بالمخطط (شكل 93) باستخدام المعلومات المتوفرة.

نرسم خطاً عبر الخط العمودي A عند النقطة 280 m ليقطع الخط B عند النقطة 950 m<sup>3</sup> ونتابع مد لخط عبر المحور (1) (الخط العمودي C) ونرسل خطاً عبر الخط العمودي E عند النقطة 8bar قاطعاً الخط العمودي G عند النقطة 8 bar قاطعاً المحور (2) (الخط العمودي F) نرسم خطاً يصل تقاطع المحورين 1 . 2 فهذا الخط سوف يقطع الخط العمودي D وسنجد قطر الأنبوب المطلوب 90mm



(الشكل 93) مخطط بياني للتعرف على قطر الأنبوب