

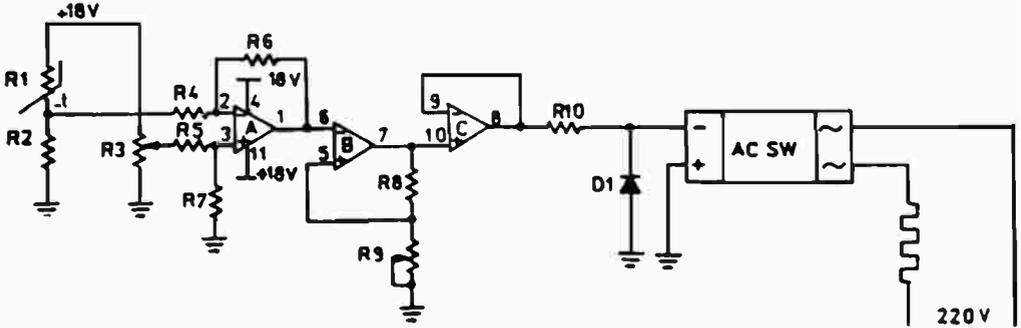
الباب السادس  
تطبيقات على التحكم فى  
العمليات الصناعية



## تطبيقات على التحكم في العمليات الصناعية

١ / ٦ - التحكم في درجة حرارة سخان باستخدام منظم ذى موضعين:

الشكل (٦ - ١) يعرض نظام تحكم بحلقة مغلقة للتحكم في درجة حرارة سخان يعمل على تسخين خليط من الغازات باستخدام منظم ذى موضعين؛ للوصول بدرجة حرارة خليط الغازات إلى  $400^{\circ}\text{C}$  كقيمة متوسطة.



الشكل (٦ - ١)

عناصر الدائرة :

$R_1$	مقاومة حرارية بمعامل حرارى موجب يساوى $0.385\Omega/C^{\circ}$
$R_2$	مقاومة كربونية $220\Omega$
$R_3$	مقاومة كربونية $10K\Omega$
$R_4$	مقاومة كربونية $22K\Omega$
$R_5$	مقاومة كربونية $22K\Omega$
$R_6$	مقاومة كربونية $22K\Omega$
$R_7$	مقاومة كربونية $22K\Omega$
$R_8$	مقاومة كربونية $22K\Omega$
$R_9$	مقاومة كربونية $2.2K\Omega$
$R_{10}$	مقاومة كربونية $1K\Omega$

U<sub>1</sub> مكبر عمليات طراز LF444A .

D<sub>1</sub> ثنائي طراز 1N4000 .

AC.SW مفتاح الكتروني يعمل عند العبور بالصفير جهد دخله 18V - 0

وخرجه 220V وقدرته 2Kw .

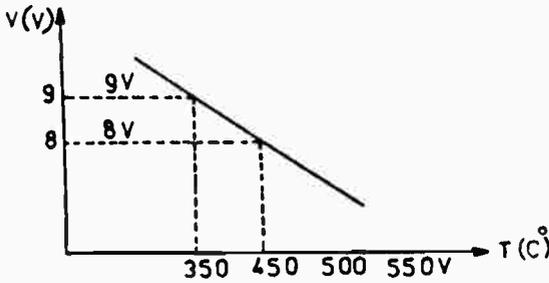
### نظرية التشغيل :

تتميز عملية تسخين خليط من الغازات بالتغير السريع في درجة الحرارة، ويعتبر المنظم ذا الموضوعين من أنسب أنواع المنظمات المستخدمة في هذا التطبيق، ويتميز هذا المنظم الذي سنستخدمه في هذا التطبيق بأن له رجوعية مقدارها  $200^{\circ}\text{C}$ .

وتستخدم مقاومة حرارية  $R_1$  لها معامل حراري موجب، بحيث تكون مقاومتها  $100\ \Omega$  عند درجة الصفر المئوي، ولها معامل حراري موجب يساوي  $0.385\ \Omega/^{\circ}\text{C}$ ، علماً بأن درجة حرارة خليط الغازات تتراوح ما بين  $200^{\circ}\text{C}$  - ،  $750^{\circ}\text{C}$ . ويتم توصيل المقاومة  $R_2$  مع  $R_1$  للحصول على مجزئ جهد يعطى جهداً يعتمد على درجة الحرارة.

والجدير بالذكر أن هذا الجهد يقل بزيادة درجة الحرارة.

والشكل (٦ - ٢) يبين العلاقة بين خرج مجزئ الجهد ودرجة الحرارة.



الشكل (٦ - ٢)

والجدير بالذكر أنه ليس

من الحكمة أخذ حدود

عمل السخان  $300^{\circ}\text{C}$ ،

وذلك لأن

السخان عندما يفصل عند

وصول درجة

حرارته  $500^{\circ}\text{C}$  فإن درجة

الحرارة ستستمر في الارتفاع

حتى بعد فصل السخان، وكذلك فإنه عند وصول التيار الكهربى للسخان عند

وصول درجة حرارته إلى  $300^{\circ}\text{C}$  فإن درجة حرارة السخان سوف تقل عن  $300^{\circ}\text{C}$

حتى يصبح السخان قادراً على الارتفاع بدرجة حرارته، وهذا يعتبر سكوناً طبيعياً للسخان .

لذلك فمن الأفضل أخذ حدود عمل السخان  $350^{\circ}\text{C}$ ،  $450^{\circ}\text{C}$ ، وهما يقابلان الجهد  $8\text{V}$  و  $9\text{V}$  بالترتيب .

وتتكون دائرة التحكم من عدة مراحل كما يلي :

١ - يعمل المكبر A كمكبر فرقى خرجة يمثل جهد الخطأ  $V_e$ ، وهو ناتج الفرق بين جهد المرجع والذي يساوى  $8.5\text{V}$  والذي نحصل عليه من مجزئ الجهد  $R_3$  والجهد المقابل لدرجة الحرارة الفعلية والقادم من مجزئ الجهد المؤلف من  $R_1$  و  $R_2$ ، وبالتالي فإن الخطأ سيتراوح ما بين  $-0.5\text{V}$  عند  $350^{\circ}\text{C}$ ،  $+0.5\text{V}$  عند  $450^{\circ}\text{C}$  .

٢ - يعمل المكبر B كمنظم بموضعين برجوعية ويتم ضبط المقاومة  $R_0$  بحيث يكون الجهد الواقع على الطرف الغير عاكس للمكبر B يساوى  $+0.5\text{V}$  عندما يكون هذا المكبر مشبعاً موجباً، ويساوى  $-0.5\text{V}$  عندما يكون هذا المكبر مشبعاً سالباً، وهذا يكون عندما تكون المقاومة  $R_0$  مساوية  $710\Omega$  .

٣ - يعمل المكبر C على عزل المنظم من المفتاح الالكتروني، حيث يعمل هذا المكبر كمكبر وحدة Voltage follower، وذلك لضمان أن المكبر B غير محمل بالمفتاح الالكتروني .

فعند توصيل التيار الكهربى بهذا النظام، ولنفرض أن درجة حرارة الغرفة كانت مساوية  $25^{\circ}\text{C}$ ، وبالتالي يصبح خرج مجزئ الجهد المؤلف من  $R_1$ ،  $R_2$  يساوى  $+13\text{V}$  (انظر الشكل ٦ - ٢)، وعند ضبط جهد المرجع القادم من  $R_3$  عند  $8.5\text{V}$  فإن خرج المكبر A يصبح حوالى  $-4.5\text{V}$ ، وبالتالي يصبح خرج المكبر B مشبعاً سالباً  $-V_{\text{sat}}$ ، وتباعاً يصبح خرج المكبر C مشبعاً موجباً  $+V_{\text{sat}}$  فيعمل الريلاى الاستاتيكي على توصيل التيار الكهربى للسخان، وبمجرد تعدى درجة حرارة الغازات  $450^{\circ}\text{C}$  يصبح الجهد الداخلى على الرجل 2 للمكبر A أقل من  $8\text{V}$  + فيصبح خرج A أكبر من  $+0.5\text{V}$ ، فيصبح خرج B مشبعاً موجباً  $+V_{\text{sat}}$ ، وتباعاً يصبح خرج المكبر C مشبعاً سالباً  $-V_{\text{sat}}$ ، وبالتالي يصبح  $D_1$  منحازاً أمامياً، ويصبح جهد خرج المكبر C مساوياً

0.7V- ويتحول المفتاح الالكتروني A<sub>C</sub> لحالة القطع. وعند انخفاض درجة الحرارة عن 350°C يصبح الجهد الداخلى للرجل 2 للمكبر A أكبر من +8.5V، وبالتالي يصبح خرج المكبر A أكثر سالبية من -0.5V، وتباعاً يصبح خرج المكبر B مشبوعاً سالباً -V<sub>sat</sub>، ومن ثم يصبح خرج المكبر C مشبوعاً موجباً +V<sub>sat</sub> فيعمل المفتاح الالكتروني AC.SW على توصيل التيار الكهربى للسخان ليعمل السخان مرة أخرى وهكذا.

## ٦ / ٢ - التحكم فى درجة حرارة فرن :

الشكل (٦ - ٣) يبين نظام تحكم بحلقة مغلقة للتحكم فى درجة حرارة فرن كهبرى قدرته 2KW، ويعمل عند جهد 220V منظماً تناسبياً.

### عناصر الدائرة:

R <sub>1</sub>	مقاومة كربونية	10KΩ	R <sub>10</sub>	مجزئ جهد	10KΩ
R <sub>2</sub>	مجزئ جهد	3.3KΩ	R <sub>11</sub>	مقاومة كربونية	10KΩ
R <sub>3</sub>	مقاومة كربونية	2.2KΩ	R <sub>12</sub>	مقاومة كربونية	10KΩ
R <sub>4</sub>	مقاومة متغيرة	180KΩ	R <sub>13</sub>	مقاومة متغيرة	100KΩ
R <sub>5</sub>	مجزئ جهد	10KΩ	R <sub>14</sub>	مقاومة كربونية	4.7KΩ
R <sub>6</sub>	مقاومة كربونية	10KΩ	R <sub>15</sub>	مقاومة كربونية	10KΩ
R <sub>7</sub>	مقاومة كربونية	10KΩ	R <sub>16</sub>	مقاومة كربونية	10KΩ
R <sub>8</sub>	مقاومة كربونية	10KΩ	R <sub>17</sub>	مقاومة كربونية	4.7KΩ
R <sub>9</sub>	مقاومة كربونية	10KΩ	R <sub>18</sub>	مقاومة كربونية	1KΩ

C مكثف كيميائى سعته 1.7 μF وجهده 15V .

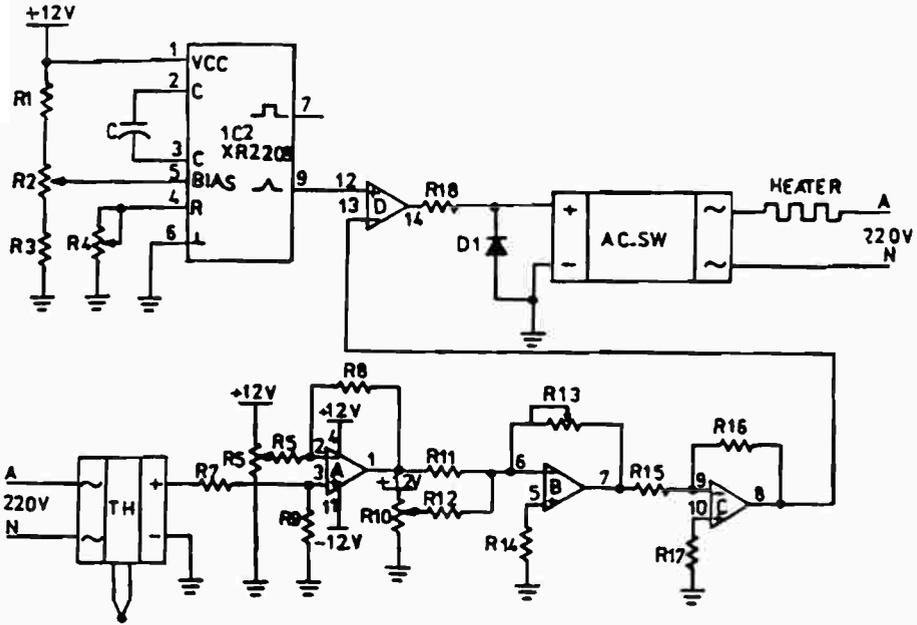
IC<sub>1</sub> دائرة متكاملة تحتوى على أربع مكبرات عمليات طراز Lf4444A .

IC<sub>2</sub> مؤقت زمنى طراز XR2209 .

- جهاز ازدواج حرارى يتم تغذيته بجهد 220V وخرجه خطى

ويساوى 0:10V عند نطاق درجة حرارة 0:600°C، أى أن له ثابتاً يساوى  
(0.016V/°C).

– مفتاح الكترونى تيار متغير ACSW تياره 10A وجهده 220V ويعمل  
بالقرب من عبور الصفر.



الشكل (٦ - ٣)

نظرية التشغيل:

يمكن تقسيم هذه الدائرة لعدة مراحل كما يلى:

١ - تقوم الدائرة المتكاملة IC<sub>2</sub> بإخراج نبضات مثلثة ترددها يساوى:

$$F = \frac{1}{R_4 C}$$

ف عند ضبط قيمة المقاومة  $R_4$  لتصبح مساوية  $98K\Omega$  ويصبح تردد النبضات المثلثة Ramp مساوياً  $6\text{HZ}$ ، ويضبط مجزئ الجهد  $R_2$  للحصول على جهد يساوى  $0.6\text{V}$  عند الرجل 5، وبالتالي يصبح جهد خرج المؤقت XR2209 يتراوح ما بين  $0:6\text{V}$ .

٢ - يعمل مكبر العمليات A كمكبر فرقى، خرجه يمثل جهد الخطأ  $V_e$ ، وهو ناتج الفرق بين جهد المرجع القادم من مجزئ الجهد  $R_5$  والجهد المقابل لدرجة الحرارة والقادم من جهاز الازدواج الحرارى.

٣ - يعمل المكبر B كمنظم تناسبى، يقوم بجمع جهد الخطأ  $V_e$  والقادم من المكبر A وجهد Offset والقادم من مجزئ الجهد  $R_{10}$  وتكبير حاصل الجمع.

٤ - يعمل المكبر C كعاكس، يقوم بعكس خرج المكبر B.

٥ - يعمل المكبر D كمقارن، يقوم بمقارنة النبضات المثلثة ( خرج المؤقت ) مع جهد التحكم والقادم من المكبر C، ويكون خرجه مشعباً موجباً أو مشعباً سالباً، ويقوم الثنائى  $D_1$  بخفض جهد خرج المكبر D عندما يكون مشعباً سالباً ليصبح مساوياً  $-0.7\text{V}$ .

مثال:

- نفترض أن جهد المرجع يساوى  $6\text{V}$  وهو يقابل درجة حرارة مقدارها

$$=375^{\circ}\text{C} = \frac{6}{0.016}$$

ويتم ضبطه بواسطة مجزئ الجهد  $R_5$ .

- ونفترض أن جهد Offset ضبط ليساوى  $1.5\text{V}$  بواسطة مجزئ الجهد  $R_{10}$ .

- ونفترض أن ثابت المنظم التناسبى ضبط ليساوى  $K_p = 2$  بواسطة  $R_{13}$ .

فإذا كانت درجة حرارة الغرفة  $25^{\circ}\text{C}$  فإن خرج جهاز الازدواج الحرارى يساوى:

$$V_x = 0.016 \times 25 = 0.4\text{V}$$

حينئذ يكون خرج المكبر A مساوياً:

$$A_o = (V_x - V_w) = -5.6\text{V}$$

ويكون خرج المكبر B مساوياً:

$$B_O = -K_P (V_{\text{offset}} + A_O) \\ = -2 (1.5 - 5.6) = + 8.2V$$

ويكون خرج المكبر C مساوياً:

$$C_O = -B_O \\ = -8.2V$$

ويقوم المكبر D بمقارنة خرج المؤقت XR2209 بالجهد  $-8.2V$ ، وحيث إن خرج المؤقت سيكون أعلى دائماً من  $-8.2V$ ، وبالتالي يصبح خرجه مشبعاً موجباً باستمرار، فيعمل المفتاح الإلكتروني على توصيل التيار الكهربى للسخان بصفة مستديمة.

وعندما تصل درجة الحرارة إلى  $375^{\circ}C$  فإن:

$$V_X = 0.016 \times 375 - 6V$$

ويكون خرج المكبر A مساوياً:

$$A_O = (V_X - V_W) \\ = 6 - 6 = 0V$$

ويكون خرج المكبر B مساوياً:

$$B_O = -K_P (V_{\text{offset}} + A_O) \\ = -2 (1.5 + 0) = -3V$$

ويكون خرج المكبر C مساوياً:

$$C_O = -B_O \\ = + 3V$$

وبالتالى يكون خرج المقارن D مشبعاً موجباً عندما يكون خرج المؤقت اكبر من

+3V، وأثناء ذلك الوقت يعمل المفتاح الالكتروني على توصيل التيار الكهربى للسخان .

وعندما تصل درجة الحرارة إلى 470°C فإن :

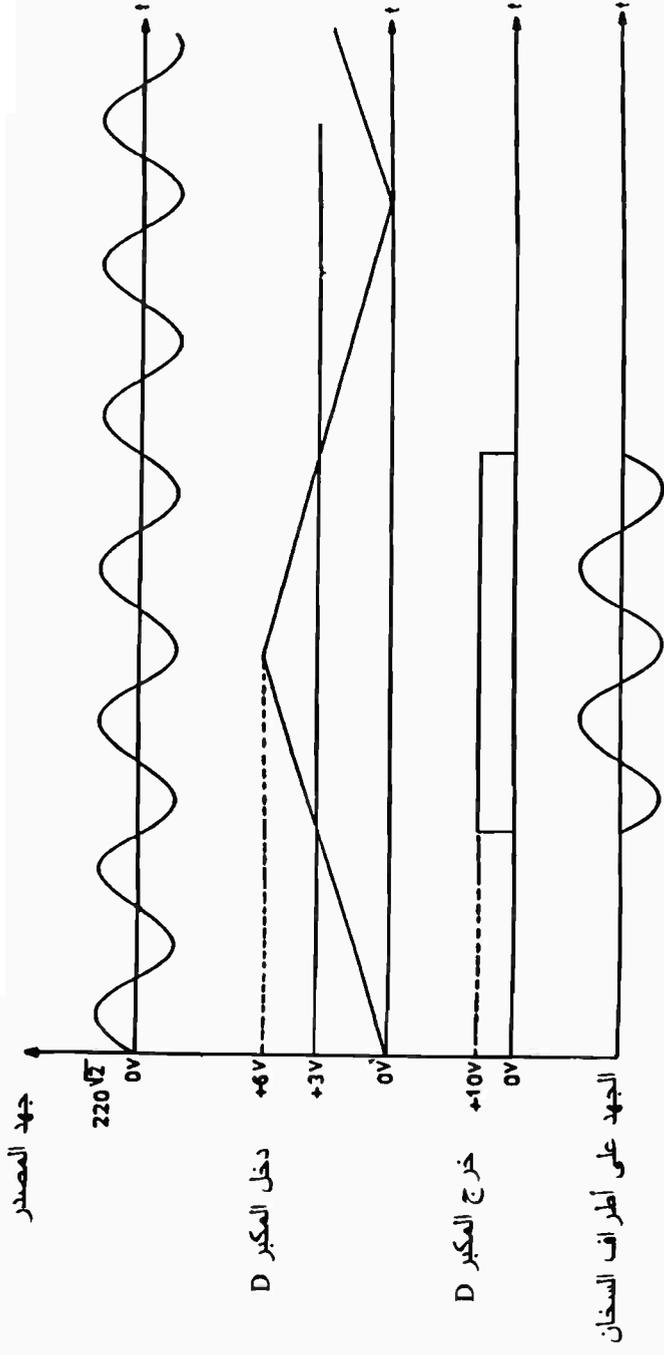
$$V_X = 0.016 \times 470 = 7.5V$$

$$\begin{aligned} A_O &= (V_X - V_W) \\ &= 7.5 - 6 = +1.5V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_O &= K_P (V_{\text{offset}} + A_O) \\ &= -2 (1.2 + 1.5) = -6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_O &= -B_O \\ &= +6V \end{aligned}$$

وبالتالى يصبح خرج المقارن D منعدياً فينقطع وصول التيار الكهربى إلى السخان، والشكل (٦ - ٤) يبين موجة جهد المصدر ودخل المكبر D وخرج المكبر D وموجة الجهد على أطراف السخان، ويلاحظ أنه كلما ازداد زمن بقاء خرج المكبر D مشبعاً موجياً يزداد الزمن الذى يصل فيه التيار الكهربى للسخان فتزداد قدرة السخان، والعكس بالعكس .

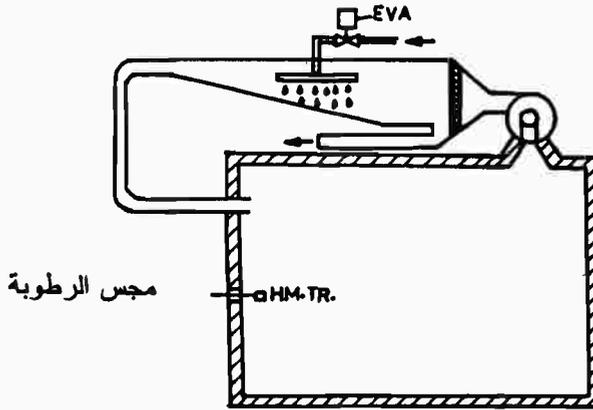


الشكل (٦ - ٤)

### ٣/٦ - التحكم التناسبي في رطوبة مستودع:

الشكل (٦ - ٥) يعرض المخطط التكنولوجي لوحدة تحكم في رطوبة مستودع، حيث يوضع رشاش ماء بالقرب من فوهة منفاخ Blower، فعند انخفاض مستوى الرطوبة في المستودع يرش الرشاش بعض الماء، ويقوم المنفاخ بدفع هواء ساخن لتوزيع هذا الماء بانتظام في هواء المستودع، وبذلك ترتفع رطوبة المستودع، علماً بأنه يستخدم جهاز لاستشعار مستوى الرطوبة في المستودع، ويستخدم نظام تحكم بحلقة مغلقة بمنظم تناسبي للتحكم في صمام بمحرك كهربى يتحكم في تدفق الماء.

والجدير بالذكر أن معدل فتح هذا الصمام يعتمد على شدة تيار إشارة الدخل الكهربائية لهذا الصمام.



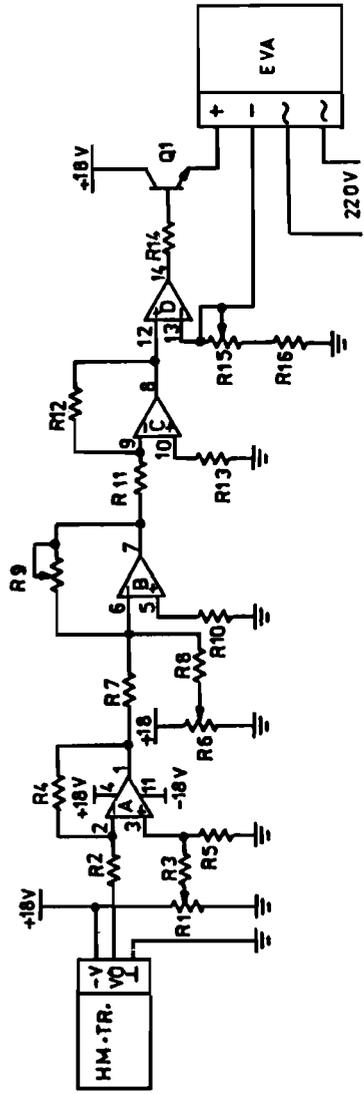
الشكل (٦ - ٥)

والجدول (٦ - ١) يبين النسبة المئوية لفتح صمام الماء عند قيم مختلفة لتيار دخل وحدة التحكم في هذا الصمام.

الجدول (٦ - ١)

شدة التيار (mA)	4	6	8	10	12	14	16	18	20
النسبة المئوية لفتح الصمام	0	12.5	25	37.5	50	62.5	75	87.5	100

والشكل (٦ - ٦) يعرض نظام التحكم ذو الحلقة المغلقة للتحكم فى صمام رشاش الماء، للمحافظة على نسبة الرطوبة داخل المستودع عند مستوى معين.



الشكل (٦-٦)

## عناصر الدائرة :

10KΩ	مقاومة متغيرة	R <sub>9</sub>	10KΩ	مجزئ جهد	R <sub>1</sub>
3.3KΩ	مقاومة كربونية	R <sub>10</sub>	10KΩ	مقاومة كربونية	R <sub>2</sub>
10KΩ	مقاومة كربونية	R <sub>11</sub>	10KΩ	مقاومة كربونية	R <sub>3</sub>
10KΩ	مقاومة كربونية	R <sub>12</sub>	10KΩ	مقاومة كربونية	R <sub>4</sub>
4.7KΩ	مقاومة كربونية	R <sub>13</sub>	10KΩ	مقاومة كربونية	R <sub>5</sub>
470Ω	مقاومة كربونية	R <sub>14</sub>	10KΩ	مجزئ جهد	R <sub>6</sub>
1KΩ	مقاومة متغيرة	R <sub>15</sub>	10KΩ	مقاومة كربونية	R <sub>7</sub>
470Ω	مقاومة كربونية	R <sub>16</sub>	10KΩ	مقاومة كربونية	R <sub>8</sub>

Q<sub>1</sub> ترانزستور NPN طراز 2N3054.

U<sub>1</sub> مكبر عمليات طراز LF444A.

- جهاز استشعار رطوبة خرج 0 - 10V، له خواص خطية، خرج 0V عندما تكون الرطوبة النسبية 0%، وخرجه +5V عندما تكون الرطوبة النسبية 50%، وخرجه +10V عندما تكون الرطوبة النسبية 100%.

- صمام بمحرك كهربي له الخواص التي سبق وأن عرضناها في الجدول (٦ - ١).

## نظرية التشغيل :

ويمكن تقسيم أداء هذه الدائرة إلى عدة مراحل كما يلي :

١ - يعمل المكبر A كمكبر فرقى، خرجة يمثل جهد الخطأ، وهو ناتج الفرق بين جهد المرجع القادم من مجزئ الجهد R<sub>1</sub> والجهد المقابل للرطوبة النسبية.

٢ - يعمل المكبر B كمنظم تناسبي، حيث يجمع جهد الخطأ V<sub>e</sub> مع جهد Offset، أى أن خرج المكبر B يساوى :

$$B_O = - K_P (V_e + V_{offset})$$

ويتم ضبط ثابت التناسب  $K_p$  بواسطة المقاومة المتغيرة  $R_9$ ، حيث إن

$$(K_p = \frac{R_9}{10000})$$

٣ - يعمل المكبر C كعاكس بمعامل تكبير الوحدة، وذلك لعكس إشارة خرج المكبر B، أى أن خرج المكبر C يساوى:

$$C_O = -B_O$$

٤ - يعمل المكبر D كمحول جهد لتيار Voltage to Current converter، حيث إن خرج هذا المكبر يساوى:

$$I_O = \frac{V_{in}}{(R_{15} + R_{16})}$$

ولمزيد من التفاصيل ارجع للفقرة (٣/٣/٩). فإذا كانت  $(R_{15} + R_{16})$  تساوى  $1K\Omega$ ، وكان الجهد الداخلى على المدخل الغير عاكس للمكبر D يساوى 1V، فإن تيار الخرج يصبح 1mA، فى حين أنه إذا كان  $V_{in} = 20V$  فإن تيار الخرج يصبح 20mA، ويتناسب نسبة فتح الصمام تبعاً لشدة التيار الخارج من المكبر D.

مثال:

- جهد المرجع يساوى +7V ويتم ضبطه بواسطة  $R_1$ .

- جهد Offset يساوى +3V ويتم ضبطه بواسطة  $R_6$ .

- الكسب ( $K_p$ ) يساوى 2 ويتم ضبطه بواسطة  $R_9$ .

- مجموع المقاومتين  $(R_{15} + R_{16})$  يساوى  $500\Omega$ .

ولنفترض أن النظام تم تشغيله بعد فترة توقف طويلة وكانت الرطوبة النسبية للمستودع 50%، فى هذه الحالة يصبح خرج المكبر A مساوياً:

$$\begin{aligned} A_O &= V_e = V_w - V_v \\ &= 7 - 5 = 2V \end{aligned}$$

ويكون خرج المكبر B مساوياً:

$$B_O = -K_P (V_e + V_{\text{offset}})$$

$$= -2 (2 + 3) = -10V$$

وبالتالى يكون خرج المكبر C مساوياً:

$$C_O = -B_O$$

$$= +10V$$

ويكون خرج المكبر D مساوياً:

$$I_O = \frac{C_O}{R_{15} + R_{16}} = 20mA$$

وبالتالى يفتح الصمام بنسبة 100%، وهكذا حتى يصبح الخطأ ( $V_e$ ) مساوياً

0V، فى هذه الحالة يصبح خرج المكبر B مساوياً:

$$B_O = -K_P (V_e + V_{\text{offset}})$$

$$= -6V$$

وبالتالى يصبح خرج المكبر C مساوياً:

$$C_O = -B_O$$

$$= +6V$$

وأخيراً يكون خرج المكبر D مساوياً:

$$I_O = \frac{C_O}{R_{15} + R_{16}} = 12mA$$

وبالتالى يفتح الصمام بنسبة 50% وهكذا.



## References

- 1 - Miltonkaufman, Arthurh Seidman, ed. 1988 Handbook of electronics calculations for engineers and technicians, New York. Mc Graw. Hill.
- 2 - Johne. Lackey; Jerryl. Massey, ed. 1986. Solid state electronics: New York. CBS College publishing.
- 3 - Timothy, J. Maloney, ed. 1986 Industrial Solid - state electronics devices and systems, New Jersey Prenticehall, Inc., Englewood cliffs.
- 4 - Paul Horowitz, Winfield Hill, ed. 1980.  
The Art of Electronics, London. Newyork. Cambridge University Press.
- 5- James T. Humphries , Leslipe. Sheets, ed. 1983. Industrial Electronics. California Breton Publishers.
- 6- Fredrick W. Hughes, ed. 1984. Basic Electronics Theory And Experimentation New Jersey. Prentice - Hall, Inc., Englewo - od Cliffs.
- 7- R.M Harston, ed. 1990 . power Control Circiut Manual. Oxford. Heinemann Professional Publishing Ltd.
- 8- John Webb, Kevin Greshock , ed 1983. Industrial Control Electronics Newyork. Macmillan Publishing Company.
- 9- Humphries, ed. 1988. Motors And Controls. Columbus. Merell

Publishing Company.

- 10- Rudolf F. Graf., ed, 1989. The Encyclopedia of Electronics Circuits. New Delhi. ppb. publications .
- 11- John Markus, ed. 1980 Modern Electronic circuits Reference Manual. Newyork. Mc Graw- Hill Book Company.
- 12- Gc Loveday., ed, 1982. Electronic Fault Diagnostic Singapore. Longman Scientific & Technical.
- 13- Gc Loveday.  
Essential Electronics An A to z Guide. London. Pitman.
- 14- Signetics, ed, 1977. Data Manual Newyork. Signetics Corporation .
- 15- Boydlarson, ed 1983. Power Control Electronics. New Jersey. Prentice - Hall, Inc. Englewood Cliffs.
- 16- Cyril W. Lander, ed. 1981 Power Electronics. London. Mc Graw - Hill Book Company (UK) Limited.
- 17- P.c. Sen , ed. 1981  
Dc Drive. USA. John Wiley And Sons. Inc.
- 18- Raymond Ramshaw. ed, 1973 Power Electronics (Thyristor Controlled Power for Electric Motors). London . Chapman And Hall.
- 19- Thadia Krishnan And Bell Amkonda Ramaswami. ed 1974.  
Afast - Response Dc Motor Speed Control System. Ieee Transactions On Industry Application, Vol. Ia - 10, No. 5, Septembere / October 1974.