الباب السادس

تطبيقات على التحكم فى

العمليات الصناعية

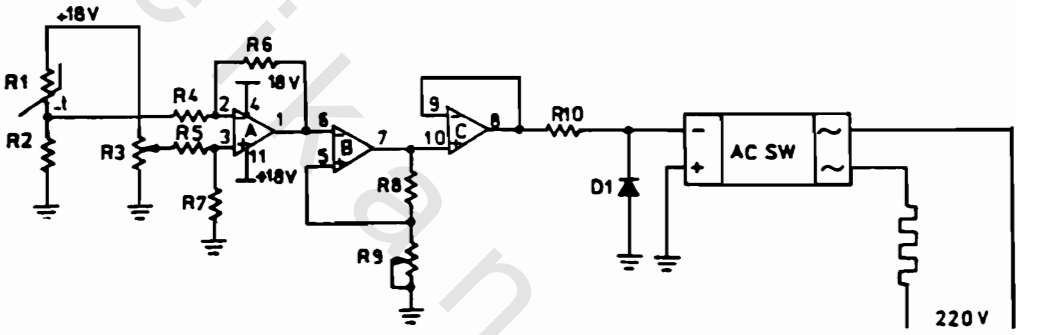
obeikandl.com

obeikandl.com

تطبيقات على التحكم فى العمليات الصناعية

٦ / ١ – التحكم فى درجة حرارة سخان باستخدام منظم ذى موضعين :

الشكل (٦ – ١) يعرض نظام تحكم بحلقة مغلقة للتحكم فى درجة حرارة سخان يعمل على تسخين خليط من الغازات باستخدام منظم ذى موضعين؛ للوصول بدرجة حرارة خليط الغازات إلى 400^0C كقيمة متوسطة .



الشكل (٦ – ١)

عناصر الدائرة :

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

openkandil.com

U_1 مكبر عمليات طراز LF444A .

D_1 ثنائى طراز 1N4000 .

AC.SW مفتاح الكترونى يعمل عند العبور بالصفر جهد دخله 18V - 0 وخرجه 220V وقدرته 2Kw.

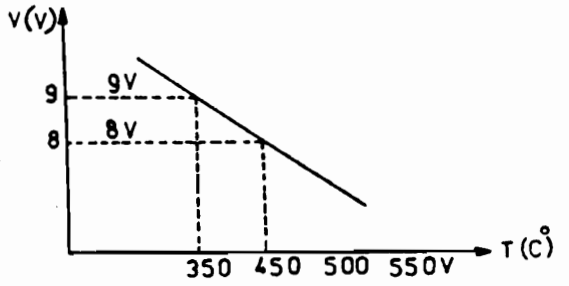
نظرية التشغيل:

تتميز عملية تسخين خليط من الغازات بالتغير السريع فى درجة الحرارة، ويعتبر المنظم ذا الموضعين من أنسب أنواع المنظمات المستخدمة فى هذا التطبيق، ويتميز هذا المنظم الذى سنستخدمه فى هذا التطبيق بأن له رجوعية مقدارها 200^0C.

وتستخدم مقاومة حرارية R_1 لها معامل حرارى موجب، بحيث تكون مقاومتها Ω 100 عند درجة الصفر المئوى، ولها معامل حرارى موجب يساوى $0.385\Omega/^0C$، علماً بأن درجة حرارة خليط الغازات تتراوح ما بين 200^0C -، 750^0C. 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 300^0C, 500^0C؛ وذلك لأن السخان عندما يفصل عند وصول درجة حرارته 500^0C فإن درجة الحرارة ستستمر فى الارتفاع حتى بعد فصل السخان، وكذلك فإنه عند وصول التيار الكهربى للسخان عند وصول درجة حرارته إلى 300^0C فإن درجة حرارة السخان سوف تقل عن 300^0C

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

لذلك فمن الأفضل أخذ حدود عمل السخان 350°C, 450°C، وهما يقابلان الجهد 8V و 9V بالترتيب.

وتتكون دائرة التحكم من عدة مراحل كما يلى:

١ – يعمل المكبر A كمكبر فرقى خرجه يمثل جهد الخطأ V_e، وهو ناتج الفرق بين جهد المرجع والذى يساوى 8.5V والذى نحصل عليه من مجزئ الجهد R_3 والجهد المقابل لدرجة الحرارة الفعلية والقادم من مجزئ الجهد المؤلف من R_1 وR_2، وبالتالى فإن الخطأ سيتراوح ما بين 0.5V - عند 350°C ، 0.5V + عند 450°C .

٢ – يعمل المكبر B كمنظم بموضعين برجوعية ويتم ضبط المقاومة R_9 بحيث يكون الجهد الواقع على الطرف الغير عاكس للمكبر B يساوى 0.5V + عندما يكون هذا المكبر مشبعاً موجباً، ويساوى 0.5V - عندما يكون هذا المكبر مشبعاً سالباً، وهذا يكون عندما تكون المقاومة R_9 مساوية 710Ω.

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

فعند توصيل التيار الكهربى بهذا النظام، ولنفرض أن درجة حرارة الغرفة كانت مساوية 25°C، وبالتالى يصبح خرج مجزئ الجهد المؤلف من R_1, R_2 يساوى13V + (انظر الشكل ٦ – ٢)، وعند ضبط جهد المرجع القادم من R_3 عند 8.5V فإن خرج المكبر A يصبح حوالى 4.5V -، وبالتالى يصبح خرج المكبر B مشبعاً سالباً Vsat-، وتباعاً يصبح خرج المكبر C مشبعاً موجباً Vsat + فيعمل الريلاى الاستاتيكى على توصيل التيار الكهربى للسخان، وبمجرد تعدى درجة حرارة الغازات 450°C يصبح الجهد الداخل على الرجل 2 للمكبر A أقل من 8V + فيصبح خرج A أكبر من 0.5V+، فيصبح خرج B مشبعاً موجباً Vsat+، وتباعاً يصبح خرج المكبر C مشبعاً سالباً Vsat-، وبالتالى يصبح D_1 منحازاً أمامياً، ويصبح جهد خرج المكبر C مساوياً

0.7V- ويتحول المفتاح الالكترونى A_C لحالة القطع. وعند انخفاض درجة الحرارة عن 350^0C يصبح الجهد الداخل للرجل 2 للمكبر A أكبر من 8.5V+، وبالتالى يصبح خرج المكبر A أكثر سالبية من 0.5V-، وتباعاً يصبح خرج المكبر B مشبعاً سالباً Vsat-، ومن ثم يصبح خرج المكبر C مشبعاً موجباً Vsat+ فيعمل المفتاح الالكترونى 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 كهربى قدرته 2KW، ويعمل عند جهد 220V منظماً تناسبياً.

عناصر الدائرة:

R_1	مقاومة كربونية	10KΩ	R_{10}	مجزئ جهد	10KΩ
R_2	مجزئ جهد	3.3KΩ	R_{11}	مقاومة كربونية	10KΩ
R_3	مقاومة كربونية	2.2KΩ	R_{12}	مقاومة كربونية	10KΩ
R_4	مقاومة متغيرة	180KΩ	R_{13}	مقاومة متغيرة	100KΩ
R_5	مجزئ جهد	10KΩ	R_{14}	مقاومة كربونية	4.7KΩ
R_6	مقاومة كربونية	10KΩ	R_{15}	مقاومة كربونية	10KΩ
R_7	مقاومة كربونية	10KΩ	R_{16}	مقاومة كربونية	10KΩ
R_8	مقاومة كربونية	10KΩ	R_{17}	مقاومة كربونية	4.7KΩ
R_9	مقاومة كربونية	10KΩ	R_{18}	مقاومة كربونية	1KΩ

C مكثف كيميائى سعته 1.7 µF وجهده 15V.

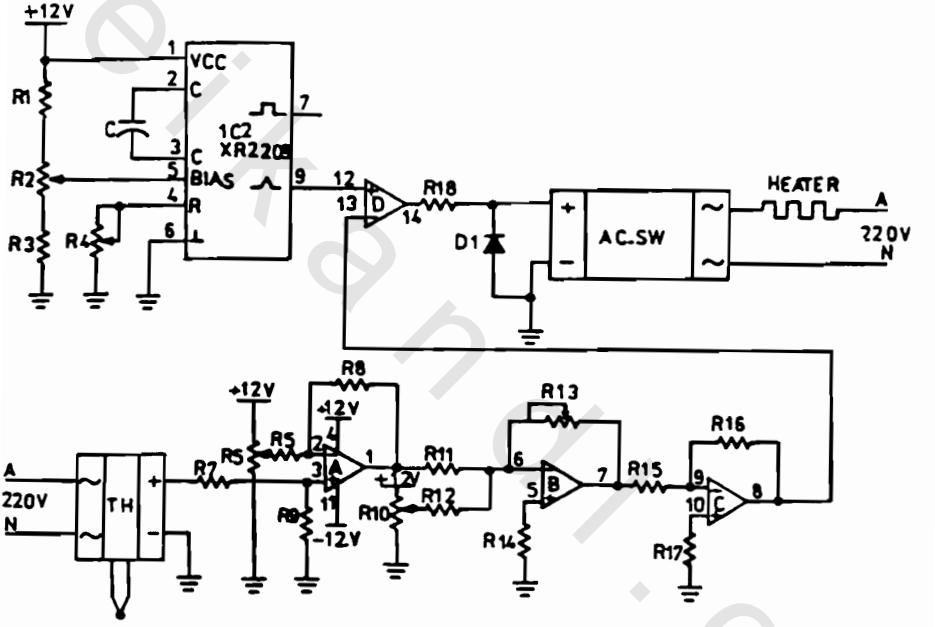
IC_1 دائرة متكاملة تحتوى على أربع مكبرات عمليات طراز Lf4444A.

IC_2 مؤقت زمنى طراز XR2209.

- جهاز ازدواج حرارى يتم تغذيته بجهد 220V وخرجه خطى

ويساوى0:10V عند نطاق درجة حرارة $0:600^{0}C$، أى أن له ثابتاً يساوى $(0.016V/^{0}C)$.

– 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_2 بإخراج نبضات مثلثة ترددها يساوى:

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

فعند ضبط قيمة المقاومة R_4 لتصبح مساوية 98KΩ ويصبح تردد النبضات المثلثة Ramp مساوياً 6HZ، ويضبط مجزئ الجهد R_2 للحصول على جهد يساوى 0.6V عند الرجل 5، وبالتالى يصبح جهد خرج المؤقت XR2209 يتراوح ما بين 0:6V.

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 مشبعاً موجباً أو مشبعاً سالباً، ويقوم الثنائى D_1 بخفض جهد خرج المكبر D عندما يكون مشبعاً سالباً ليصبح مساوياً -0.7V.

مثال:

– نفترض أن جهد المرجع يساوى 6V وهو يقابل درجة حرارة مقدارها

$$\frac{6}{0.016} = 375^0C$$

ويتم ضبطه بواسطة مجزئ الجهد R_5.

– ونفترض أن جهد Offset ضبط ليساوى 1.5V بواسطة مجزئ الجهد R_{10}.

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

فإذا كانت درجة حرارة الغرفة 25^0C فإن خرج جهاز الازدواج الحرارى يساوى:

$$V_X = 0.016 \times 25 = 0.4V$$

حينئذ يكون خرج المكبر A مساوياً:

$$A_O = (V_X - V_W) = -5.6V$$

obeikandl.com

ويكون خرج المكبر B مساوياً:

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

$$= -2 (1.5 - 5.6) = + 8.2V$$

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-، وبالتالى يصبح خرجه مشبعاً موجباً باستمرار، فيعمل المفتاح الالكترونى على توصيل التيار الكهربى للسخان بصفة مستديمة.

وعندما تصل درجة الحرارة إلى 375^0C 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:

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

$$= -2 (1.5 + 0) = -3V$$

ويكون خرج المكبر C مساوياً:

$$C_O = -B_O$$

$$= + 3V$$

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

obeikandl.com

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

وعندما تصل درجة الحرارة إلى 470^0C فإن:

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

$$A_O = (V_X - V_W)$$

$$= 7.5 - 6 = +1.5V$$

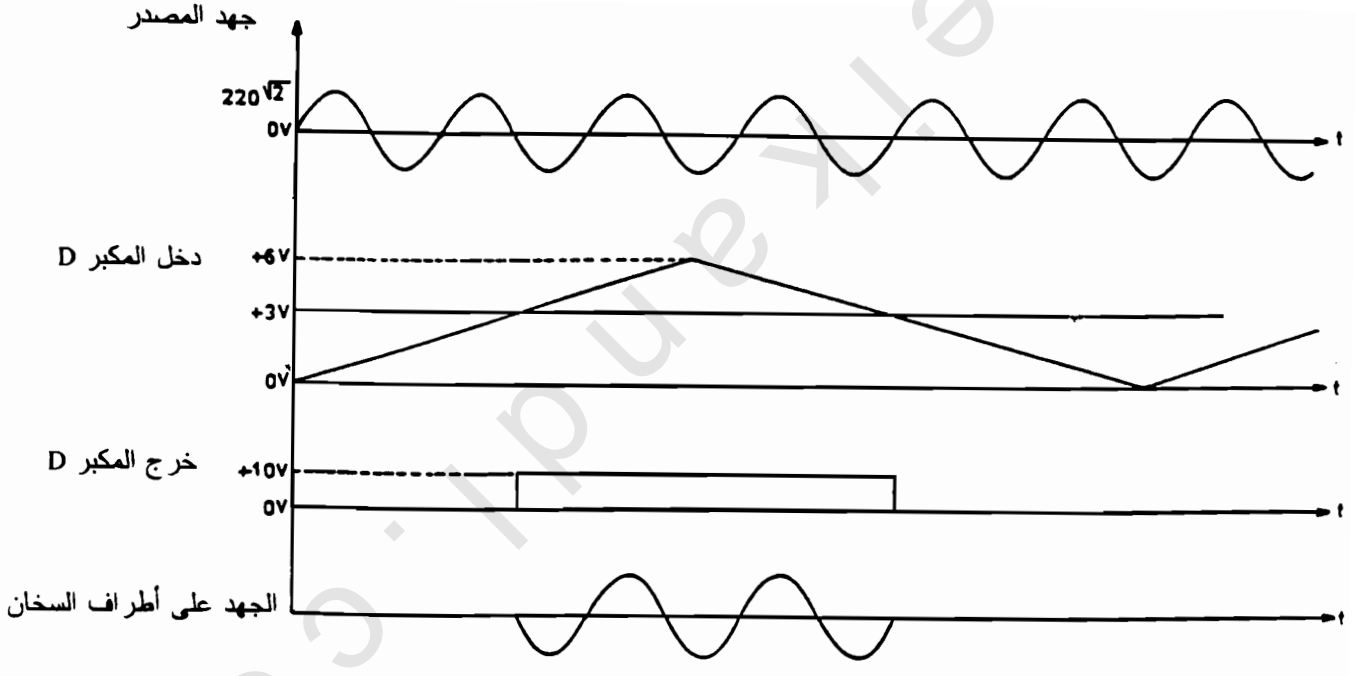
$$B_O = K_P (V_{offset} + A_O)$$

$$= -2 (1.2 + 1.5) = -6$$

$$C_O = -B_O$$

$$= +6V$$

وبالتالى يصبح خرج المقارن D منعدماً 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 موجباً يزداد الزمن الذى يصل فيه التيار الكهربى للسخان فتزداد قدرة السخان، والعكس بالعكس.

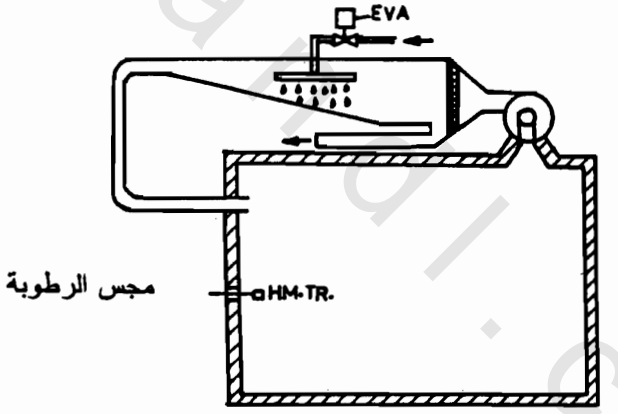

جهد المصدر
220√2
0V
t
دخل المكبر D
+6V
+3V
0V
t
خرج المكبر D
+10V
0V
t
الجهد على أطراف السخان
t

الشكل (٦ – ٤)

٦ / ٣ - التحكم التناسبى فى رطوبة مستودع :

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

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



الشكل (٦ – ٥)

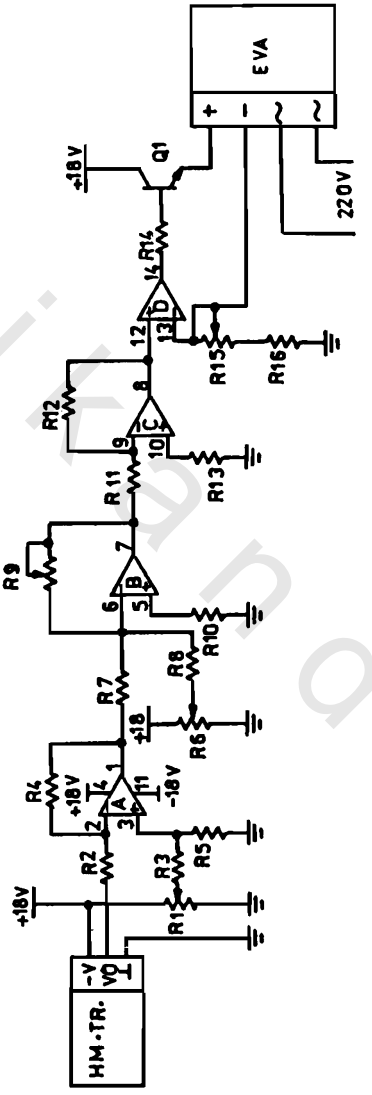
والجدول (٦ – ١) يبين النسبة المئوية لفتح صمام الماء عند قيم مختلفة لتيار دخل وحدة التحكم فى هذا الصمام.

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.

obeikandl.com



الشكل (٦ - ٦)

obeikandl.com

عناصر الدائرة :

R_1	مجـــزئ جهـــد	10KΩ	R_9	مقاومة متغيـــرة	10KΩ
R_2	مقاومـــة كربونيـــة	10KΩ	R_{10}	مقاومة كربونيـة	3.3KΩ
R_3	مقاومـــة كربونيـــة	10KΩ	R_{11}	مقاومة كربونيـة	10KΩ
R_4	مقاومـــة كربونيـــة	10KΩ	R_{12}	مقاومة كربونيـة	10KΩ
R_5	مقاومـــة كربونيـــة	10KΩ	R_{13}	مقاومة كربونيـة	4.7KΩ
R_6	مجـــزئ جهـــد	10KΩ	R_{14}	مقاومة كربونيـة	470Ω
R_7	مقاومـــة كربونيـــة	10KΩ	R_{15}	مقاومـة متغيـرة	1KΩ
R_8	مقاومـــة كربونيـــة	10KΩ	R_{16}	مقاومة كربونيـة	470Ω

Q_1 ترانزستور NPN طراز 2N3054.

U_1 مكبر عمليات طراز LF444A.

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

– صمام بمحرك كهربى له الخواص التى سبق وأن عرضناها فى الجدول (٦ –١).

نظرية التشغيل:

ويمكن تقسيم أداء هذه الدائرة إلى عدة مراحل كما يلى:

١ – يعمل المكبر A كمكبر فرقى، خرجه يمثل جهد الخطأ، وهو ناتج الفرق بين جهد المرجع القادم من مجزئ الجهد R_1 والجهد المقابل للرطوبة النسبية.

٢ – يعمل المكبر B كمنظم تناسبى، حيث يجمع جهد الخطأ V_e 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 الداخل 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 500Ω.

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

$$A_O = V_e = V_W - V_V$$

$$= 7 - 5 = 2V$$

ويكون خرج المكبر B مساوياً:

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

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

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:

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

$$= -6V$$

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.

obeikandl.com

obeikandl.com

Refrences

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 , Lesliep. 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

obeikandl.com

Publishing Company.

10- Rudolf F. Graf., ed, 1989. The Encyclopedia of Electronics Circiuts. New Delhi. ppb. publications .

11- John Markus, ed. 1980 Modern Electronic circiuts Reference Manual. Newyork. Mc Graw- Hill Book Company.

12- Gc Loveday., ed, 1982. Electronic Fault Diagnosic Singapore. Longman Sciectific & 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. Wew 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 Tra - Sactions On Industry Application, Vol. Ia - 10, No. 5, Septembre / October 1974.