الباب الخامس

التطبيقات التناظرية للحاكمات القابلة للبرمجة

٥-١ المقدمة

مع التطور الكبير في صناعة أجهزة التحكم المبرمج PLC أصبحت هذه الأجهزة قادرة على القيام بعمليات التحكم الاسترجاعي مثل التحكم في رطوبة و درجة حرارة الغرفة والتحكم في سرعة محرك و التحكم في جهد الأطراف والتردد لمولد تزامني . . . الخ وذلك من خلال برامج معينة **وحتى يتثنى لنا فهم هذه العمليات هناك بعض المفاهيم التي يجب التعرف عليها وهي :-**

١- **النظام (System)** و هو المنظومة المطلوب التحكم في خرجها بتغيير دخلها على سبيل المثال التحكم في سرعة محرك كهربي بالتحكم في جهد أطراف هذا المحرك

٢- **الحاكم (Controller)** وهو يقوم بالتحكم في دخل النظام لتثبيت خرجه عند القيمة المطلوبة و هناك عدة أنواع من الحاكمات مثل الحاكمات الميكانيكية و الحاكمات الإلكترونية الحاكمات المبرمجة و سوف نتناول في هذا الكتاب النوع الأخير ألا و هو الحاكمات المبرمجة .

٣- **المجسات أو محولات الإشارة (Transducers)** وهي أجهزة تقوم بتحويل خرج النظام (كميات غير كهربية) إلى كميات كهربية مثل الازدواج الحراري الذي يحول درجة الحرارة إلى جهد كهربي ولمزيد من المعلومات ارجع للباب الثاني من هذا الكتاب .

٤- **جهد المرجع (Refrence Voltage)** وهذا الجهد يمثل خرج النظام المثالي فمثلا إذا كان النظام هو محرك كهربي وكانت السرعة المطلوبة للمحرك هي 1500 RPM(لفة/الدقيقة) عند أي حمل وكان جهد الأساس 5V يعني هذا أن كل 1V يمثل 300RPM (لفة/الدقيقة).

٥- **المقارنة (Comparator)** و يقوم بإيجاد الفرق بين جهد المرجع الذي يمثل الخرج المثالي المطلوب للنظام و الجهد الذي يمثل الخرج الفعلي للنظام و القادم من محول الإشارة Transducer و يسمى هذا الفرق بالخطأ Error و هذا الفرق يدخل على الحاكمات للتعامل معه و تختلف طرق معاملة الحاكمات للخطأ تبعا لنوعها فإذا كان المرجع W والخرج الحقيقي للنظام X فإن الخطأ E يكون

$$E=W-X$$

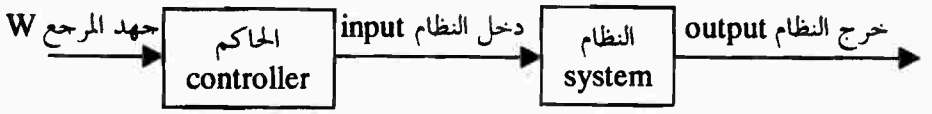
٦- **عنصر التحكم النهائي Final Controller** ويقوم هذا العنصر بالتحكم المباشر في دخل النظام تبعا للإشارة القادمة له من الحاكم و ذلك للحصول على خرج مثالي للنظام على سبيل المثال أجهزة التحكم في الوجه Phase Controllerبالتحكم في زاوية إشعال التربك أو الثايرستور .

٥-٢ أنظمة التحكم التناظرية

تنقسم أنظمة التحكم إلى نظامين و هما :-

١- نظام التحكم ذو الحركة المفتوحة Open loop

والشكل (٥-١) يوضح العناصر الأساسية لهذا النظام .

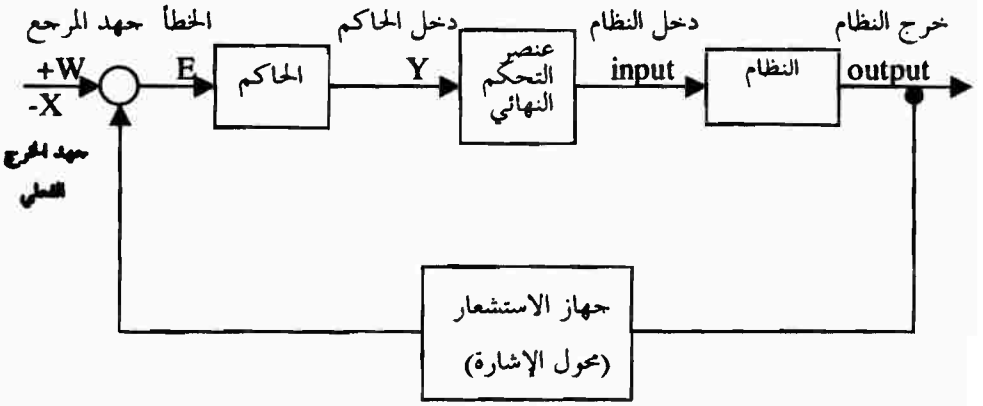


الشكل (٥-١)

وفي نظام التحكم ذو الحلقة المفتوحة تختار قيمة جهد المرجع له للحصول على الخرج المطلوب للنظام و لا يكون هناك مراقبة مستمرة لخرج النظام فإذا تغير خرج النظام لأي سبب من الأسباب كتغير الحمل عليه فإن جهد دخل النظام لن يتغير وسيظل ثابتا عند نفس القيمة و بالتالي فإن خروج النظام سيتغير عن القيمة المطلوبة لذلك لا يستخدم التحكم ذو الحلقة المفتوحة إلا في الأنظمة التي لا تحتاج إلى تحكم دقيق .

٢-نظام التحكم ذو الحلقة المغلقة Closed Loop

و الشكل (٥-٢) يوضح العناصر الأساسية المستخدمة في هذا النظام .



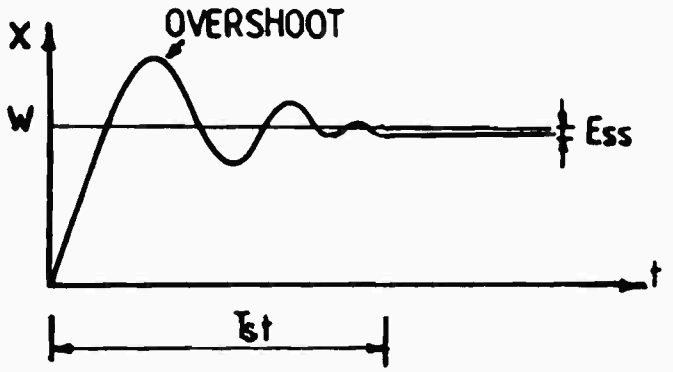
الشكل (٥-٢)

وفي نظام التحكم ذو الحلقة المغلقة فإنه عند تغير الحمل على النظام فإن قيمة الخرج الفعلية للنظام X ستتغير و بالتالي ستزداد قيمة الخطأ E و عليه يقوم الحاكم بتغيير خرجه وتباعا يتغير خرج عنصر التحكم النهائي فيتغير دخل النظام و من ثم يتغير خرج النظام وصولا للقيمة المطلوبة .

مثال ١ :- عند تغير الحمل على فرن صهر المعادن و الناتج عن زيادة أو تقليل كمية المعادن المطلوب صهرها في الفرن فإن الحاكم سوف يغير خرجه (دخل عنصر التحكم النهائي) فيتغير معدل ضخ الوقود للفرن وصولا لدرجة الحرارة المطلوبة .

مثال ٢ :- عند تغير الحمل على محرك كهربي فإن ذلك سوف يغير من سرعة المحرك و بالتالي تتغير قيمة X و تباعا تتغير قيمة الخطأ E فيتغير خرج الحاكم و الداخل إلى عنصر التحكم النهائي فيتغير جهد أطراف المحرك وصولا للسرعة المطلوبة .

والشكل (٥-٣) يعرض منحنى بياني يوضح العلاقة بين خرج النظام X والزمن t



الشكل (٥-٣)

ويمكن تلخيص الأهداف الأساسية للحاكمات في نظام التحكم ذات الحلقة المغلقة كما يلي :-

١- إقلال أقصى قيمة للخطأ Over Shoot.

١-إقلال زمن الوصول لحالة الاستقرار بقدر الإمكان Tst و هو الزمن المطلوب حتى تقل الاهتزازات في الخرج بعد كل تغير في الحمل .

٢- الوصول بالخطأ النهائي Ess إلى قيمة صغيرة جدا

٥-٣ أنواع حاكمات الحلقة المغلقة

يوجد أربع أنواع من الحاكمات المستخدمة في أنظمة التحكم ذات الحلقة المغلقة و التي يمكن محاكاتها بأجهزة التحكم المبرمج و هم كما يلي :-

١- الحاكم ذو الموضعين Two Position Controller

٢- الحاكم التناسبي Proportional Controller

٣- الحاكم التناسبي التكاملي PI Controller

٤- الحاكم التناسبي التفاضلي التكاملي PID Controller

٥-٣-١ الحاكم ذو الموضعين

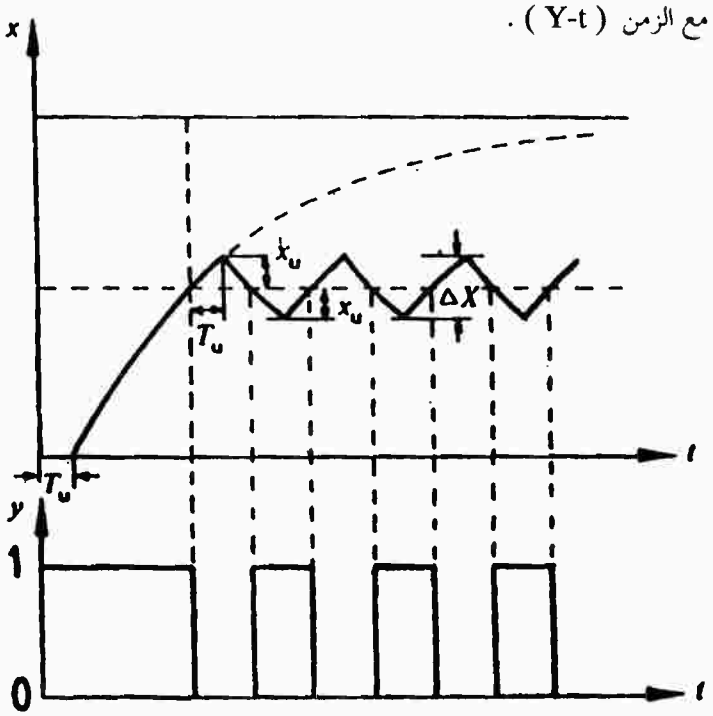
يوجد نوعان من الحاكمات ذات الموضعين وهما :-

١-حاكم مثالي بدون منطق تخلف

٢- حاكم بمنطقة تخلف Hystresis Band

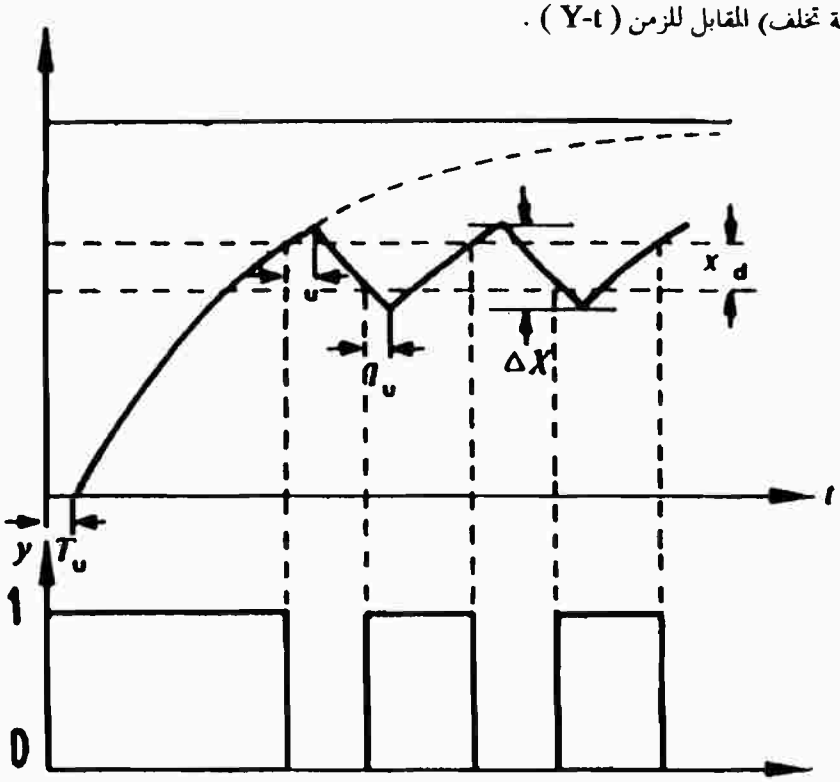
و في هذه الفقرة سنلقي الضوء على نظام تسخين يتحكم في درجة الحرارة و يستخدم حاكم مثالي مرة و حاكم بمنطقة تخلف مرة أخرى .

و الشكل (٥-٤) يبين العلاقة بين درجة الحرارة مع الزمن (X-t) و خرج الحاكم المثالي ذو الموضعين مع الزمن (Y-t) .



الشكل (٥-٤)

والشكل (٥-٥) يبين العلاقة بين درجة الحرارة مع الزمن (X-t) وخرج الحاكم ذو الموضعين (بمنطقة تخلف) المقابل للزمن (Y-t) .



الشكل (٥-٥)

حيث أن :-

التغير في درجة الحرارة أثناء السكون	Xu
زمن السكون للنظام و هي أحد خواص النظام	Tu
معدل الانحراف في درجة الحرارة	ΔX
منطقة التخلف للحاكم ذو الموضعين	Xsd

٥-٣-٢ الحاكم التناسبي

وخرج الحاكم التناسبي يتناسب مع إشارة الخطأ طبقا للمعادلة التالية :-

$$Y(t) = K_P\, e(t)$$

حيث أن :-

خرج الحاكم التناسبي	Y (t)

الثابت التناسبي للحاكم	K_P
الخطأ	$E(t)$

وأهم خواص الحاكم التناسبي للحاكم أنه كلما زادت قيمة K_P قل الخطـــأ النـــهائي و ازدادت التذبذبات في خرج النظام و العكس صحيح كما أنه سريع الاستجابة

٥-٣-٣ الحاكم التكاملي

وخرج الحاكم التكاملي يتناسب مع تكامل إشارة الخطأ تبعا للمعادلة التالية :-

$$Y(t) = Ki \int_0^t e(t)dt$$

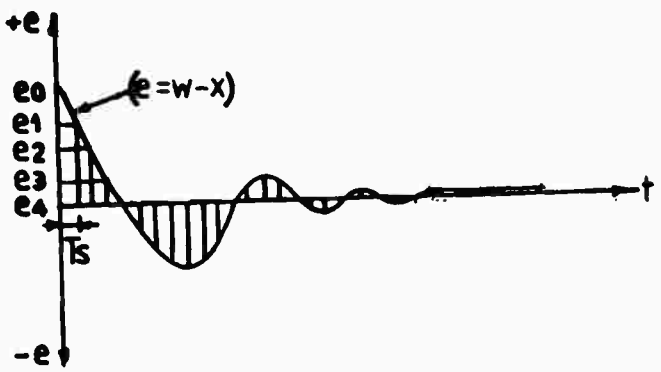
حيث أن :-

خرج الحاكم التكاملي	$Y(t)$
ثابت الحاكم التناسبي	K_i
إشارة الخطأ	$E(t)$

ويمكن تحويل المعادلة السابقة إلى الصورة التالية :-

$$Y(t) = \frac{K_i T_S}{2} \sum_{i=0}^{t} e(t) + e(t-1)$$

حيث أن خرج الحاكم يعين من المساحة تحت منحنى الخطأ مع الزمن ويتم ذلك بتقســـيم منحـــنى الخطأ إلى أشباه منحرفات قاعدتها متساوية وتساوي T_S (زمن العينة) والشكل (٥-٦) يبين منحنى الخطأ علما بأن$e(t)$ هي قيمة الخطأ عند اللحظة t أما $e(t-1)$ هي قيمة الخطأ عند اللحظة $(t-T_S)$



الشكل (٥-٦)

ومن أهم خواص الحاكم التكاملي أنه بطيء الاستجابة و لكن عند اختيار Ki المناسبة فإن الخطأ النهائي لخرج النظام يصل إلى الصفر و عادة لا يستخدم الحاكم التكاملي بمفرده و لكنه يستخدم مع الحاكم التناسبي و التفاضلي .

٥-٣-٤ الحاكم التفاضلي

ويتناسب خرج الحاكم التفاضلي مع تفاضل إشارة الخطأ تبعا للمعادلة التالية :-

$$Y(t) = K_d \frac{de(t)}{dt}$$

ويمكن كتابة المعادلة السابقة بالصورة التالية :-

$$Y(t) = K_d * \frac{e(t) - e(t-1)}{ts}$$

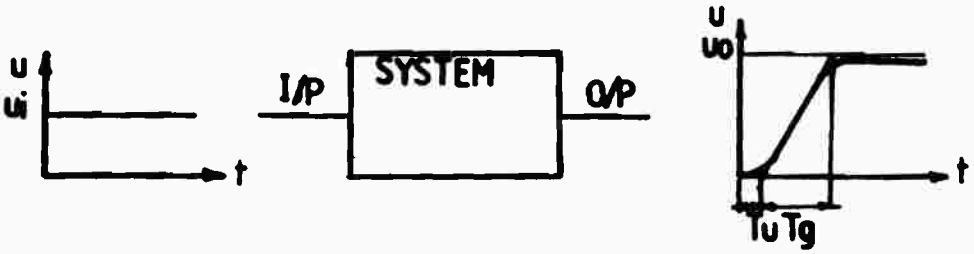
حيث أن :-

ثابت الحاكم التفاضلي	K_d
الخطأ عند اللحظة t	e (t)
الخطأ عند اللحظة (t-Ts)	e (t-1)
زمن العينة	Ts

ومن أهم خواص الحاكم التفاضلي أن يقلل الاهتزازات في خرج النظام و عادة لا يستخدم الحاكم التفاضلي بمفردة و لكنة يستخدم مع حاكم تناسبي تكاملي .

٥-٣-٥ تعيين ثوابت الحاكمات P , PI , PID

حتى يمكن تعيين ثوابت الحاكمات P , PI , PID يجب معرفة خواص النظام . ولدراسة خواص النظام يتم إدخال جهد الخطوة Ui (Step Voltage) (أي قيمة ثابتة للجهد مثل 5V) على النظام وتسجيل خرجه Vo بواسطة راسم Plotter بالطريقة المبينة بالشكل (٥-٧)



الشكل (٥-٧)

علما بأن جهاز تحويل الإشارة Transducer يعتبر في هذه الحالة داخل النظام System وبالتالي يكون خرج جهاز تحويل الإشارة هو خرج النظام و أيضا يكون عنصر القدرة النهائي .

ثم نعين ثوابت النظام من منحنى الخرج (Uo-t) و هي كالأتي :-

١- زمن السكون (الزمن الميت Tu Dead Time

٢- زمن التعويض Tg Compansation Time

٣- معامل التكبير Ks Amplification Time

و يساوي $\frac{Uo}{Ui}$

وباستخدام قواعد ش و هرونس و ريسوك Rules Of Chien , Hrones And Reswick يمكن تعيين ثوابت المنظمات في حالة استخدام حاكم تناسبي P أو حاكم تناسبي تكاملي PI أو حاكم تناسبي تفاضلي تكاملي PID و هي موضحة بالجدول (٥-١)

الجدول (٥-١)

نوع المنظم	ثابت المنظم		
	K_d	K_i	K_P
منظم تناسبي P	–	–	$\frac{T_g}{T_U * K_S}$
منظم تناسبي تكاملي PI	–	$\frac{K_P}{3.3\ T_U}$	$\frac{0.95\ T_g}{T_U * K_S}$
منظم تناسبي تكاملي تفاضلي PID	$K_P\ T_U\ /2$	$\frac{K_P}{2\ T_U}$	$\frac{1.2\ T_g}{T_U * K_S}$

٥-٤ تمثيل الإشارات التناظرية

الجدول (٥-٢) يبين طريقة تنظيم كلمة المداخل و المخارج التناظرية في أجهزة PLC المصنعة بشركة Siemens والعاملة بلغة Step 5 .

الجدول (٥-٢)

رتبة البايت	البايت الأعلى رتبة								البايت الأقل رتبة							
رقم الخانة	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
إشارة الدخل التناظرية	S	2^{11}	2^{10}	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	X	E	C
إشارة الخرج التناظرية	S	2^{10}	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	X	X	X	X

حيث أن :-

خانة الإشارة وتكون (-) إذا كانت حالةS مساوية 1 وتكون(+) إذا كانت حالةS مساوية 0 S

خانة الخطأ وتكون حالتها 0 إذا كان السلك الموصل بالمجس سليم و العكس صحيح E

خانة الباقي وتكون حالتها 0 إذا كانت القيمة المقاسة أقل من 4095 C

وتكون حالتها 1 إذا كانت القيمة المقاسة أكبر من 4095

٥-٤-١ المكافئات العشرية لإشارات موديولات المداخل التناظرية

أولا المكافئات العشرية لإشارات موديولات المداخل التناظرية المزدوجة القطبية والثابتة القيمة

مثال :- فيما يلي بعض الموديولات التناظرية .

4* 50mV , 4* 1V , 4 20mA

2* 20mA , 4 10V

المكافئات العشرية للموديولات التناظرية السابقة .

-2048 <= N <= 2048

4095 > OR > 2048

-2048 > OR > -4095

-4095 > OF > 4095

حيث أن :-

حدود المكافئ العشري المعتاد N

حدود المكافئ العشري عند الخروج عن الحدود المسموحة OR

حدود المكافئ العشري عند حدوث الغمر OF

ثانيا المكافئات العشرية لإشارات موديولات المداخل التناظرية ذات التمثيل المطلق

Absolute Representation

مثال :- الموديول التناظري التالي (4*4 : 20mA) له المكافئات العشرية التالية

511 < N < 2560

2560 < OR <= 4095

OF > 4095

علما بأنه إذا كان المكافئ العشري للإشارة التناظرية أقل من511دل على أن المجس التناظري تالف

ثالثا حدود المكافئات العشرية لإشارات موديولات المداخل التناظرية الموجبة القطبية .

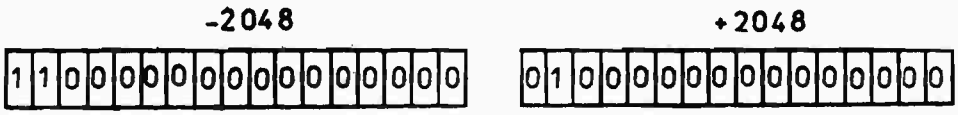
Unipolar

مثال :- الموديول 2 * PT100 و أقصى مقاومة توصل بقنواته هي 200Ω

وفيما يلي المكافئات العشرية للموديول السابق :-

N <= 2048
2048 < OR <= 4095
OF > 4095

و الشكل (٥-٨) يبين كلمتي مداخل تناظرية لها قيم عشرية 2048- , 2048+



الشكل (٥-٨)

٥-٤-٢ المكافئات العشرية لإشارات خرج موديولات المخارج التناظرية

أولا المكافئات العشرية لإشارات موديولات المخارج التناظرية المزدوجة القطبية و الثابتة القيمة :-

مثل الموديولات التالية :- 2 * 10V , 2 * 20mA

-1024 < N <= 1024
+1280 >= OR > 1024
-1025 >= OR >= -1280

حيث أن :-

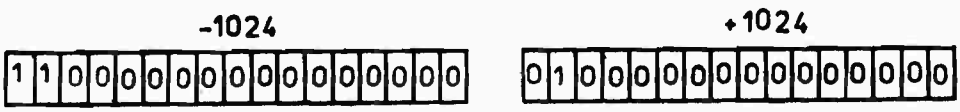
حدود المكافئ العشري المعتاد N

حدود المكافئ العشري عند الخروج عن الحدود المسموحة OR

ثانيا المكافئات العشرية لإشارات موديولات المخارج التناظرية الأحادية القطبية :-

N <= +1024
+1025 <= OR <= +1280

والشكل (٥-٩) يبين كلمتي مخارج تناظرية لها قيم عشرية 1024- , 1024+



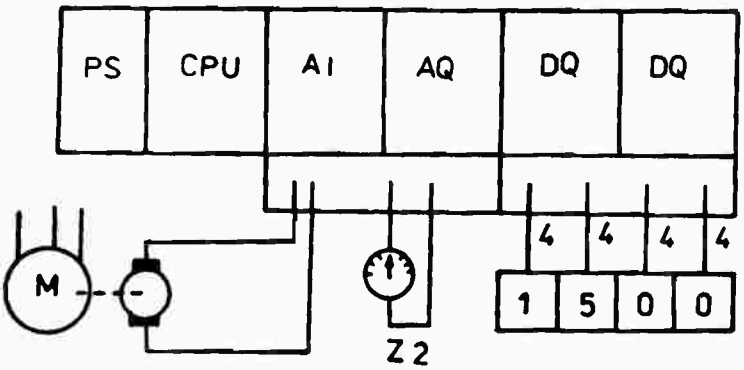
الشكل (٥-٩)

٥-٥ قراءة المداخل التناظرية

يمكن قراءة المداخل التناظرية لموديولات المداخل التناظرية و الموضوعة في المخارج 7 : 0 بجوار موديول CPU و ذلك في بلوك الوظيفة FB 250 .

مثال :-

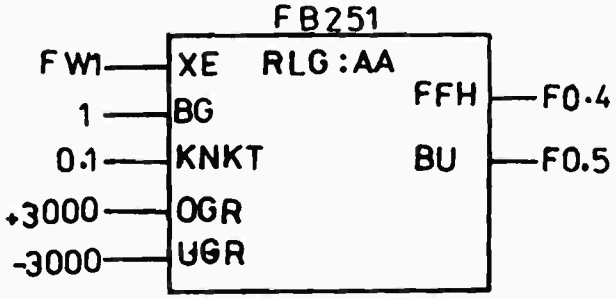
الشكل (٥-١٠) يبين مخطط جهاز PLC مجزأ بأربع موديولات خرج .



الشكل (٥-١٠)

حيث توصل القناة الأولى لموديول المداخل التناظرية (10V * 4) بمخرج مولد تاكو لقياس سرعة محرك بحيث أن المولد التاكو له معامل تحويل 30 RPM / V وتوصل القناة الأولى لموديول المخارج التناظرية 10V * 2 بجهاز قياس سرعة تناظري له مدى قياس سرعة : 0 : 6000-) (6000+ لفة / دقيقة و يوصل مخارج موديولين رقمين يتم توصيلهما مع وحدة عرض رقمية بأربعة أرقام رقمية لها دخل BCD .

والشكل (٥-١١) يبين الشكل المنطقي أو السلمي لموديول قراءة مداخل تناظرية مبرمج .



الشكل (٥-١١)

وفيما يلي قائمة الجمل و شرح محتوياتها :-

قائمة الجمل	الوصف
JUFB 250	قفز غير مشروط من OB1 إلي FB 250
NAME : RLG : AE	اسم موديول قراءة المداخل التناظرية
BG : 0	رقم المجرة الموضوع فيه موديول المداخل التناظرية
KNKT : 0	رقم القناة (0) ونوع موديول المداخل ينتمي للمجموعة رقم 6
OGR : +3000	أقصى سرعة عندما يكون خرج التاكو +10V
UGR : -3000	أدنى سرعة عندما يكون خرج مولد التاكو -10V
EINZ :	قراءة متكررة (وعندما تكون 1 تكون قراءة مرة واحدة)
XA : FW1	دخل القناة الأولى الثنائي بالحدود الجديدة المفترضة
FB : F0.0	خانة الخطأ و تكون حالتها 1 إذا مكان سلك المجس مقطوع
BU : F0.1	خانة تعدي الحدود المسموحة و يكون 1 عند التعدي

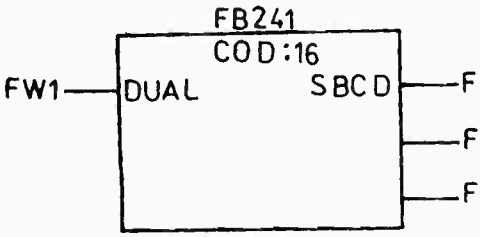
و فيما يلي المجاميع المختلفة لموديولات المداخل التناظرية :-

- موديولات المداخل التناظرية التي تعمل بإشارات ذات تمثيل مطلق و رقمها 3
- موديولات المداخل التناظرية التي تعمل بإشارات موجبة القطبية 4
- موديولات المداخل التناظرية التي تعمل بإشارات لها تمثيل مطلق مزدوج القطبية ورقمها 5
- موديولات المداخل التناظرية التي تعمل بإشارات مزدوحة القطبية و ثابتة القيمة 6

الحدود الجديدة المفترضة :-

تكون الحدود الجديدة المفترضة لأقصى قراءة و أدنى قراءة للإشارات التناظرية في الحدود المسموحة تتراوح ما بين (32768+ : 32768-).

و لإخراج قيمة السرعة بصورة رقمية على شاشة العرض الرقمية ينبغي تحويل العدد الثنائي المخزن في FW1 إلى عدد BCD و ينقل إلى QW2 . و الشكل (٥-١٢) يبين الشكل السلمي أو المنطقي لمغير كود ثنائي إلى عشري مكود ثنائيا



الشكل (٥-١٢)

و فيما يلي قائمة الجمل:-

```
JUFB 241
NAME : COD : 16
DUAL : FW1
SBCD : F0.2
BCD2 : FB3
BCD : FW4
```

ثم يتم نقل العدد العشري المكود ثنائيا من الكلمة FW4 إلى كلمة المخارج QW2 كما يلي :-

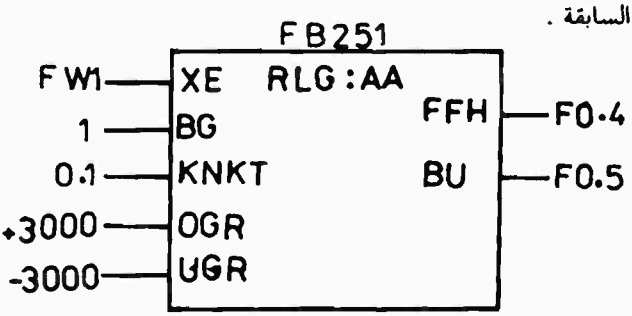
```
L   FW4
T   QW2
```

٥-٦ إخراج الإشارات التناظرية على مخارج موديولات المخارج التناظرية

يمكن إخراج الإشارات التناظرية على مخارج موديولات المخـــارج التناظريـــة الموضوعـــة في المجاري 7 : 0 بجوار موديول CPU في أجهزة PLC المجزأ وذلك في بلوك الوظيفة FB 251

مثال :-

الشكل (٥-١٣) يبين الشكل السلمي أو المنطقي لموديول قراءة مخارج تناظرية مبرمج للمثال الـذي تناولناه في الفقرة السابقة .



الشكل (٥-١٣)

و فيما يلي قائمة الجمل و شرح محتوياتها

قائمة الجمل	الوصف
JUFB 251	قفز غير مشروط OB1 إلى FB 251
NAME : RLG : AA	اسم موديول قراءة المخارج التناظرية المبرمج رقم AA
XE : FW1	القيمة الثنائية للسرعة والمطلوب إخراجها على القناة 0 لموديول المخارج
BG : 1	رقم المجرى الموضوع فيه موديول المخارج التناظرية

تابع قائمة الجمل وشرح محتوياتها :-

الوصف	قائمة الجمل
رقم القناة هو(0) ونوع موديول المخارج ينتمي للمجموعة رقم1	KNK T : 0.1
أقصى سرعة عندما يكون خرج التاكو 10V+	OGR : +3000
أدنى سرعة عندما يكون خرج التاكو 10V-	UGR : -3000
خانة الخطأ و تكون حالتها 1إذا كان السلك مقطوع	FEH : F0.4
خانة تعدي الحدود المسموحة للسرعة و تساوي 1 عند التعدي	BU : F0.5

مجاميع موديولات المخارج التناظرية :-

0 موديولات مخارج تناظرية لها إشارات خرج أحادية القطبية

1 موديولات مخارج تناظرية لها إشارات خرج مزدوجة القطبية و ثابتة القيمة

وفيما يلي قوائم الجمل للمثال السابق المعرض في الفقرة (٥-٥)

OB 1	FB 250	FB 241	FB 251
JU FB250	NAME : RLG : AE	NAME : COD : 16	NAME : RLG : AA
JU FB241	BG : 0	DUAL : FW1	XE : FW1
L FW4	KNKT : 0.6	SBCD : F0.2	BG : 1
T QW2	OGR : +3000	BCD2 : FB3	KNKT : 0.1
JU FB250	UGR : -3000	BCD : FW4	OGR : +3000
BE	EINZ :	BE	UGR : -3000
	XA : FW1		FEH : F0.4
	FB: F0.0		BU : F0.5
	BU : F0.1		BE
	BE		

وعادة عند البرمجة يتم إدخال البلوكات الوظيفية أولا قبل البلوك التنظيمي .

٥-٧ التحكم في درجة حرارة غرفة باستخدام حاكم ذو موضعين

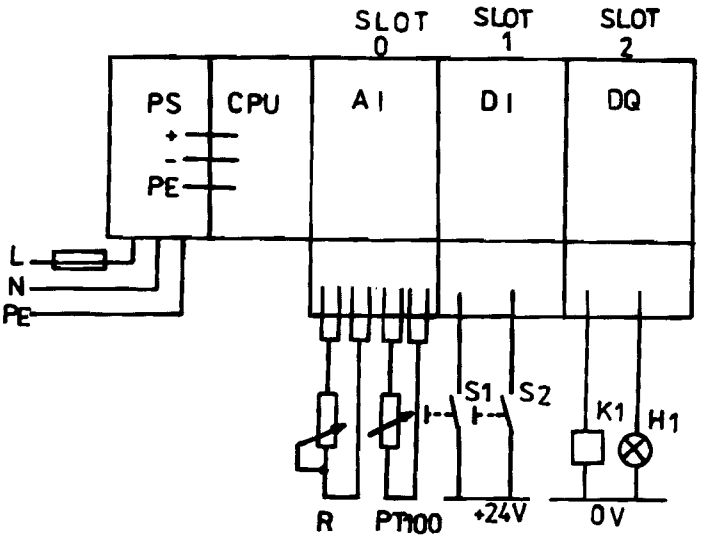
يستخدم الحاكم ذو الموضعين على نطاق واسع في التحكم في درجة الحرارة و ذلك لأن أنظمة التسخين عادة أنظمة بطيئة الاستجابة

أولا باستخدام حاكم ذو موضعين مثالي :-

الشكل (٥-١٤) يبين مخطط توصيل جهاز PLC مجزأ للتحكم في درجة حرارة الغرفة .

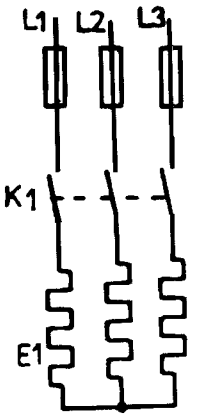
حيث أن :-

مصدر قدرة	PS
موديول معالجة مركزية	CPU
موديول مداخل تناظرية 2 * PT100	AI
موديول مداخل رقمية 8 * 24VDC	DI
موديول مخارج رقمية 8 * 24VDC	DO



الشكل (٥-١٤)

والشكل (٥-١٥) يبين الدائرة الرئيسية للسخان



الشكل (٥-١٥)

و فيما يلي قائمة التخصيص :-

التعليق	المعامل	الرمز
مقاومة متغيرة للتحكم في جهد المرجع W و تتراوح ما بين 200Ω : 100 و توصل بالقناة الأولى بموديول المداخل التناظرية المثبت في المجرى 0	FW 1	R
مجس درجة الحرارة و يوصل بالقناة الثانية بموديول المداخل التناظرية المثبت في المجرى 0 ويتراوح خرجه ما بين 200Ω : 100 و ذلك يقابل درجات الحرارة 0 : 266 C	FW 3	PT 100
ضاغط التشغيل	I 0.0	S1
ضاغط الإيقاف	I 0.1	S2
كونتاكتور تشغيل السخان	Q 2.0	K1
لمبة بيان عمل السخان	Q 2.1	H1

و حتى نصل إلى درجة حرارة غرفة مساوية 30 C يجب ضبط المقاومة R عند قيمة نحصل عليها من المعادلة التالية :-

$$\frac{266}{100}(R-100)=30 \Rightarrow R=111\Omega$$

و الشكل (٥-١٦) يبين الشكل السلمي عند محاكاة حاكم ذو موضعين مثالي

نظرية التشغيل :-

يحدث قفز غير مشروط لكلا من FB250 , PB1 من البلوك OB1 و يلاحظ أنه تم إدخال درجة الحرارة المطلوبة بواسطة المقاومة R و التي تتكون من مقاومتين أحدهما ثابتة و تساوي 100Ω و الأخرى متغيرة (100Ω : 0) موصلتين بالتوالي معا مع القناة رقم 0 لموديول المداخل التناظرية المثبت في مجرى رقم 0 و يمكن إعادة تدريج القرص المدرج للمقاومة المتغيرة ليعطي درجة حرارة بدلا من مقاومة فمثلا عندما تكون المقاومة المتغيرة على وضع 0 Ω فإن ذلك يقابل 0 C و عندما تكون المقاومة المتغيرة على وضع 11 Ω فإن ذلك يقابل 30 C و هكذا .

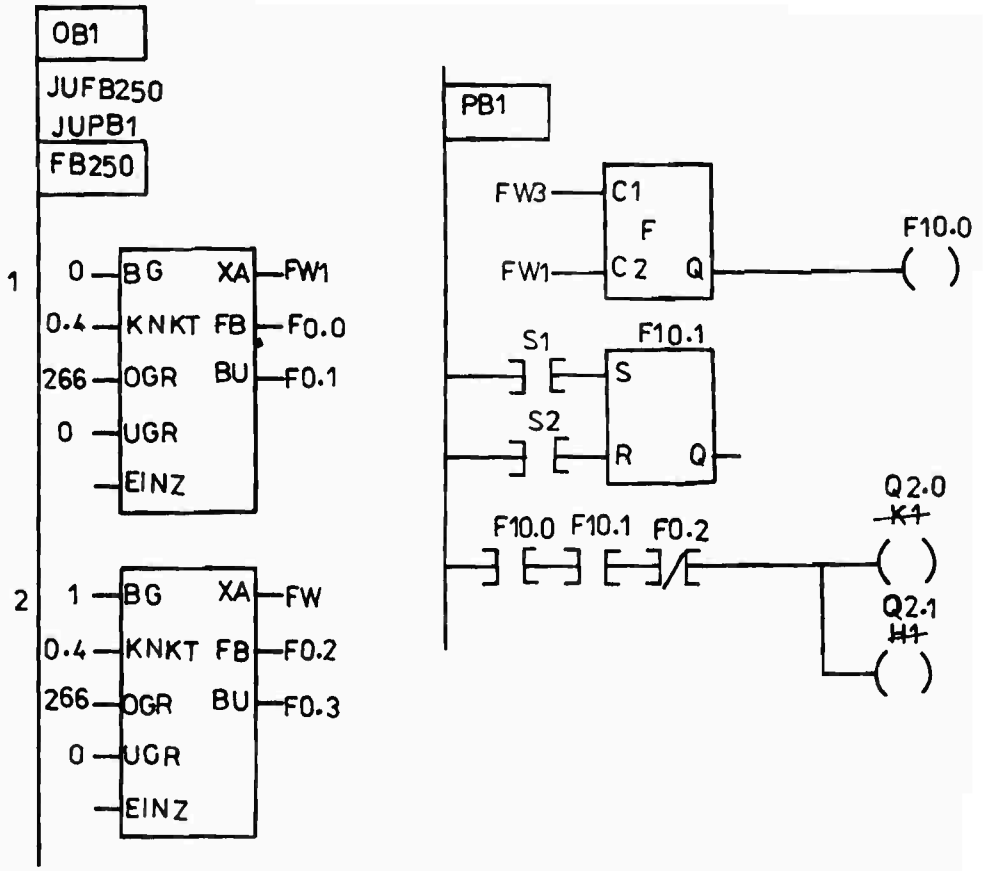
ويتم تحويل قيمة المقاومة إلى درجة الحرارة المقابلة و تخزينها في FW1 (بلوك الوظيفة FB250) وكذلك يتم إدخال قيمة درجة الحرارة للغرفة بواسطة مجس PT 100 بالقناة الأولى لموديول المداخل التناظرية المثبت بالمجرى رقم 1 ويتم تخزين درجة الحرارة الفعلية للغرفة في FW3 (بلوك الوظيفة FB250) .

وفي بلوك البرنامج PB1 يتم ما يلي :-

١- مقارنة محتويات FW3 بمحتويات FW1 فإذا كانت محتويات الأولى أصغر من الثانية أصبحت حالة F10.0 مساوية 1 .

٢- يحدث إمساك لعلم البدء F10.1 بواسطة ضاغط التشغيل S1 (الموصل بالمدخل I 0.0) و يحدث تحرير لعلم البدء بواسطة ضاغط الإيقاف S2 (الموصل بالمدخل I 0.1) .

٣- عندما تكون حالة علم التشغيل F10.0 و حالة علم البدء F10.1 مساوية 1 يكتمل مسار تيار K1 , H1 فيعمل كلا من السخان و لمبة التشغيل و يتوقف كلا من السخان وتنطفئ لمبة التشغيل إذا تم إيقاف الوحدة بواسطة S2 أو عندما تكون درجة حرارة الغرفة FW3 أكبر من درجة الحرارة المطلوبة FW1 أو تساويها .



الشكل (٥-١٦)

ثانيا : باستخدام حاكم ذو موضعين بمنطقة تخلف

لا يختلف مخطط التوصيل مع PLC ولا الدائرة الرئيسية ولا قائمة التخصيص في هذه الحالة عن الحالة السابقة و الشكل (٥-١٧) يبين الشكل السلمي في هذه الحالة .

نظرية التشغيل :-

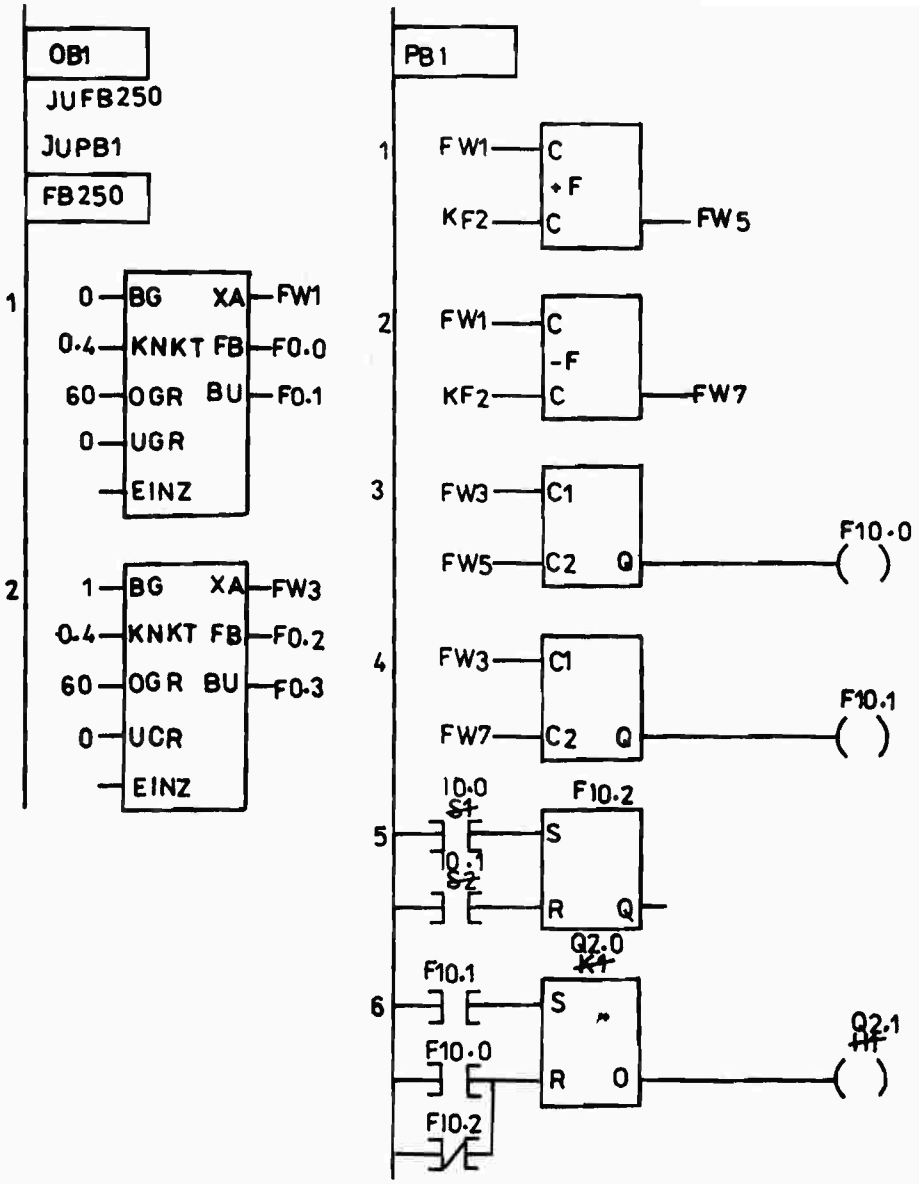
يتكون البرنامج من ثلاثة بلوكات و هم :-

١- بلوك تنظيمي لإدارة البرنامج OB1 وفيه يحدث قفز غير مشروط لكلا من PB1 , FB250

٢- بلوك وظيفة FB250 لإدخال درجة الحرارة المطلوبة على FW1 و درجة الحرارة الفعلية على FW3 .

٣- بلوك برنامج PB1 و يتم فيه ما يلي :-

- جمع درجة الحرارة المطلوبة FW1 مع درجتان و الناتج يوضع في FW5 .
- طرح درجتين من درجة الحرارة المطلوبة FW1 و الناتج يوضع في FW7 .
- عقد مقارنة تساوي بين درجة الحرارة الفعلية FW3 مع درجة الحرارة المطلوبة (+) درجتان (FW5) وتصبح حالة F10.0 عالية عند تحقق التساوي .
- عقد مقارنة تساوي بين درجة الحرارة الفعلية FW3 مع درجة الحرارة المطلوبة (-) درجتان FW7 و تصبح حالة F10.1 عالية عند تحقق التساوي .
- إمساك علم البدء F10.2 بواسطة ضاغط التشغيل S1 الموصل مع المدخل I 0.0 وتحرير علم البدء F10.2 بواسطة ضاغط الإيقاف S1 الموصل مع المدخل I 0.1 .
- إمساك K1 , H1 عند عمل F10.1 و تحريرها عند عمل F10.0 أو فصل F10.2 أي يعمل السخان و تضيء لمبة البيان عند حدوث إمساك لكلا من K1 (Q 2.0),H1(Q 2.0)

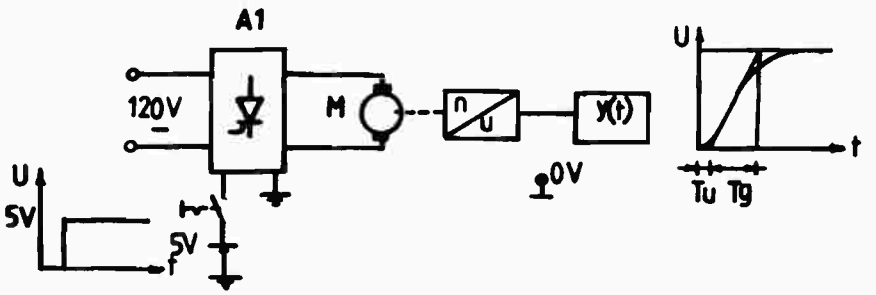


الشكل (٥-١٧)

٥-٨ التحكم في سرعة محرك مستمر

لنفرض أن سرعة المحرك المطلوبة هي 1500 RPM لفة / دقيقة فعند استخدام مولد تاكو Tachogenerator له معامل تحويل 300 RPM/V يكون جهد المرجع المقابل للسرعة المطلوبة مساويا $\frac{1500}{300} = 5V$ و حتى يمكن التحكم في سرعة هذا المحرك نحتاج لمعرفة ثوابت هذا

المحرك و هي زمن السكون Tu و زمن التعويض Tg و معامل التكبير Ks و يمكن الحصول على هذه الثوابت بتطبيق قفزة جهد (جهد خطوة) مقدارها 5V على النظام المفتوح لدائرة التحكم في المحرك ثم نسجل خرج المحرك بواسطة راسم Plotter و بعد ذلك يمكن تعيين ثوابت النظام من منحنى الخواص و الشكل (٥-١٨) يوضح كيفية الحصول على منحني الخواص للمحرك



الشكل (٥-١٨)

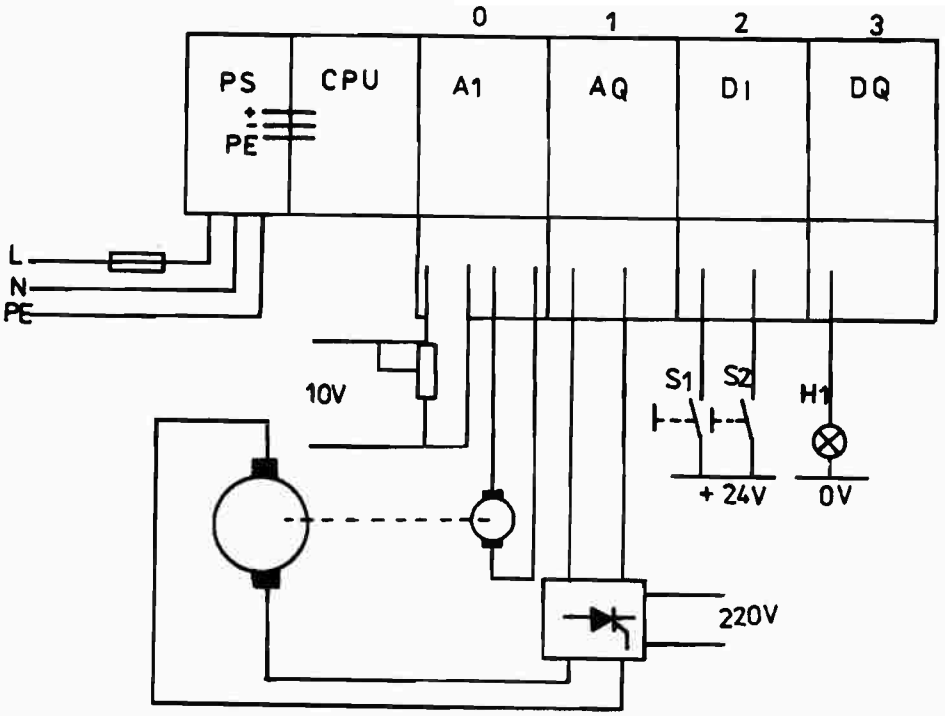
و بعد تعيين ثوابت النظام نعوض في قاعدة شين وهرونس وريسوك فنحصل على ثوابت المنظمات K_P , K_i , Kd والجدول (٥-٢) يعرض ثوابت المنظمات المستنتجة لأحد محركات التيار المستمر

الجدول (٥-٢)

نوع الحاكم	Kd	K_i	K_P
حاكم تناسبي	-	-	5
حاكم تناسبي تكاملي	-	18	5
حاكم تناسبي تفاضلي تكاملي	0.1	72	6

و سنكتفي في هذه الفقرة باستخدام حاكم تناسبي للتحكم في سرعة هذا المحرك العام . و الشكل (٥-١٩) يبين مخطط التوصيل لجهاز PLC من النوع المجزأ حيث يستخدم موديول مصدر قدرته PS و موديول CPU وكذلك يستخدم موديول مداخل تناظرية يوضع في المجرى 0 بجوار CPU نوع ($\pm 10V$ * 4) و يستخدم موديول مخارج تناظرية يوضع في المجرى 1 بجوار CPU نوع ($\pm 10V$ * 2)ويستخدم موديول مداخل رقمية 24 VDC * 8 يوضع في المجرى 2 بجوار CPU .

ويستخدم موديول مخارج رقمية 24 VDC * 8 يوضع في المجرى 3بجوار CPU .



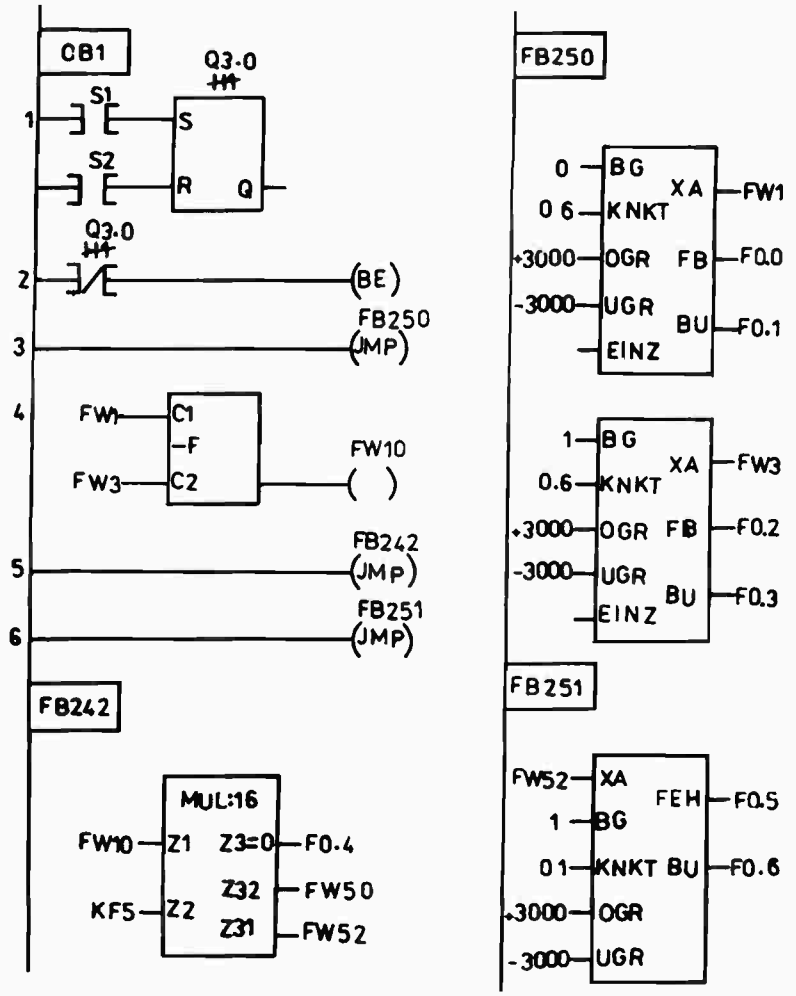
الشكل (٥-١٩)

و الشكل (٥-٢٠)يعرض الشكل السلمي للتحكم في سرعة محرك مستمر باستخدام حاكم تناسبي

نظرية التشغيل :-

يتكون البرنامج من أربعة بلوكات و هم :-

١- البلوك التنظيمي OB1 لإدارة البرنامج و فيه يتم التحكم في تشغيل لمبة بيان التشغيل H1 بواسطة ضاغط التشغيل S1 الموصل بالمدخل I 2.0 و إطفائها بواسطة ضاغط الإيقاف S2 الموصل بالمدخل I 2.1 و عندما تكون حالة لمبة البيان H1 عالية فإنه يحدث قفز مشروط إلى FB 250 حيث يتم فيه قراءة جهد المرجع المدخل بواسطة المقاومة R و إدخال القيمة المقابلة للسرعة المطلوبة في FW1 علما بأن السرعة المقابلة لجهد 10V+ تساوي 3000 RPM+ والسرعة المقابلة لجهد 10V تساوي 3000 RPM .



الشكل (٥-٢٠)

وكذلك يتم قراءة القيمة الفعلية للسرعة والقادمة من مولد التاكو الموصل بالقناة الأولى لموديـــول المداخل التناظرية المثبت في المجرى رقم 0 و تخزين السرعة المقابلة في FW3 . و في OB1 يتـــم إيجاد الفرق بين السرعة المرجعية المخزنة في FW1 والسرعة الفعلية المخزنة في FW3 و الفـــرق يخزن في FW10 ثم يتم قفز غير مشروط إلى FB 242 حيث يتم ضرب محتويات الفرق FW10 في ثابت المنظم التناسبي الذي تم استنتاجه من قواعد شين وهرونس وريسوك

(الجدول ٥-٢) والذي يساوي 5 والناتج يخزن في FW52 ، FW50 حيـــث أن FW52 الرتبة الأقل ، FW50 الرتبة الأعلى . ثم يتم عمل قفز غير مشـــروط إلى FB 251 لإخـــراج محتويات FW52 إلى القناة 0 لموديول المخارج التناظرية المثبت في المجرى 1 وهذا الخرج يتحكم

في دائرة التحكم في الجهد المسلط على أطراف المحرك المستمر و ذلك بالتحكم في زاويـــة إشـــعال الثايرستورات المستخدمة علما بأن جهد دخل هذه الدائرة الإلكترونية هو 220V متردد .