مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (5) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (5) 2017

Using the analog expansion of Logic controller PLC to design a PID controller for control airflow

Dr. Ayman Nbhan*

(Received 28 / 8 / 2017. Accepted 8 / 10 / 2017)

□ ABSTRACT □

The choice of an appropriate control algorithm for dynamic systems has always been a compromise between the quality of control and its cost- hence choosing the simplest control structure. the use of intelligent strategies for tuning of controller has been growing. The evolutionary strategies have won an important place thanks to their flexibility. PID algorithms are widely used in the control systems, they are the most useful methods adopted to satisfy control requirements. PID tuning plays an important role in operations or tuning in the complex process such as the temperature and airflow used in many industrial applications, which considered one of the special cases of closed loop control systems. However, many tuning technologies for strictly maintaining on The controlled variables are difficult to tune with conventional optimization methods since the process has many difficulties.

This paper shows using one of the most accurate, stable and fast to response advanced (PROPORTIONAL INTEGRAL DIFFERENTIAL CONTROL SYSTEM) through using programmable logical controller and programmed it to be (PID) controller, and the use of PLC devices in control systems make them high quality and high reliability systems. This system will be used to control the flow of air accurately.

Keywords: PID controller, Feedback Loop Control, Response, performance.

* **PhD in control technology – Industrial ministry – Syria.**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (5) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (5) 2017

استخدام التوسعة التشابهية للمتحكم المنطقي PLC لتصميم متحكم PID يتحكم بتدفق الهواء

د. أيمن نبهان نبهان*

(تاريخ الإيداع 28 / 8 / 2017. قُبِل للنشر في 8/ 10 / 2017)

□ ملخّص □

إن اختيار خوارزمية التحكم المناسبة للنظم الديناميكية هو الحل الوسط بين جودة التحكم وكلفته وبالتالي اختيار البنية الأبسط للتحكم. إن استخدام استراتيجيات ذكية لضبط وحدة التحكم آخذة في الازدياد. وقد أخذت الاستراتيجيات التطويرية مكان مهم بفضل مرونتها. وتعتبر خوارزمية التحكم التي تحتوي على متحكمات من النوع التناسبي التكاملي التفاضلي PID المستخدمة بشكل واسع في نظم التحكم هي أكثر الطرق فائدة في تحقيق متطلبات التحكم. ويلعب المتحكم PID دورا هاما في ضبط العمليات المعقدة مثل درجة حرارة وتدفق الهواء وفي العديد من التطبيقات الصناعية، الذي يعتبر أحد الحالات الخاصة لنظم التحكم بالحلقة المغلقة. إن العديد من تقنيات الضبط للحفاظ بدقة على المتحولات المتحكم بها من الصعب ضبطها مع أساليب التحسين التقليدية حيث تواجه العديد من الصعوبات. يقدم البحث استخدام لأحد أكثر أنماط التحكم دقة واستقرار وسرعة في الاستجابة، وهو نظام التحكم PIDمن خلال استخدام متحكم منطقي قابل للبرمجة PLC، وبرمجته ليكون متحكم من النوع PID حيث أن استخدام أجهزةPLC في نظم التحكم يجعل منها أنظمة ذات جودة وموثوقية عالية وسيتم الاستفادة من هذه المنظومة للتحكم الدقيق بتدفق الهواء.

الكلمات المفتاحية: المتحكم PID، المتحكم المنطقي القابل للبرمجة PLC، التحكم بالحلقة المغلقة، الاستجابة، الأداء.

* دكتوراه – تكنولوجيا التحكم–وزارة الصناعة– سورية.

مقدمة:

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى تقديم طريقة للتحكم بتدفق الهواء الصادر عن وحدة تدفق هواء بأفضل وأسهل طريقة ممكنة. بحيث يتم الحفاظ على تدفق ثابت للهواء في منطقة معينة باستخدام المتحكم PID المصمم من خلال المتحكم المنطقي القابل للبرمجة PLC. حيث يتمتع هذ النظام بالتدرج والانسيابية والدقة وسرعة الاستجابة العالية مما يجعل منه نظام تحكم مناسب للعديد من التطبيقات الصناعية.

طرائق البحث ومواده:

اعتمد البحث على تجارب عملية ولم يعتمد على النمذجة والمحاكاة، وذلك من خلال إجراء تجربة للتحكم بتدفق الهواء عبر جهاز التدفق.

وصف النظام System Description:

●المكونات Components:

●جهاز PLC S7-200:

إن سلسلة متحكمS7-200 عبارة عن معالج منطقي قابل للبرمجة (Programmable Logic Controller) أو اختصاراً (PLC)، يستطيع التحكم بالعديد من تطبيقات الصناعية المؤتمتة لما يتمتع به المرونة وقابلية التوسع وتصميمه المصغر الذي يسمح بتوفير المساحة، حيث يفضل استخدامه في التطبيقات الصغيرة والمتوسطة.

يتكون من المكونات التالية :

●المعالج: يقوم بتنفيذ البرامج، و يخزن البيانات من أجل التحكم بمهمة الأتمتة أو المعالجة.

●وحدة التغذية: تزود الوحدة الرئيسية (وأي وحدات إضافية) بالقدرة الكهربائية.

●المداخل: تراقب الإشارات القادمة من الحساسات و المفاتيح.

●المخارج: تتحكم بالمحركات، السخانات، ... إلخ.

●منفذ الاتصالات: يسمح بربط المعالج إلى جهاز برمجة PLC، أو أي جهاز آخر.

●أضواء الحالة: تقدم معلومات حول نمط العمل للمعالج (ON/OFF)، والحالة الآنية للمنافذ المحلية، وفيما إذا تم التقاط عطل في النظام.

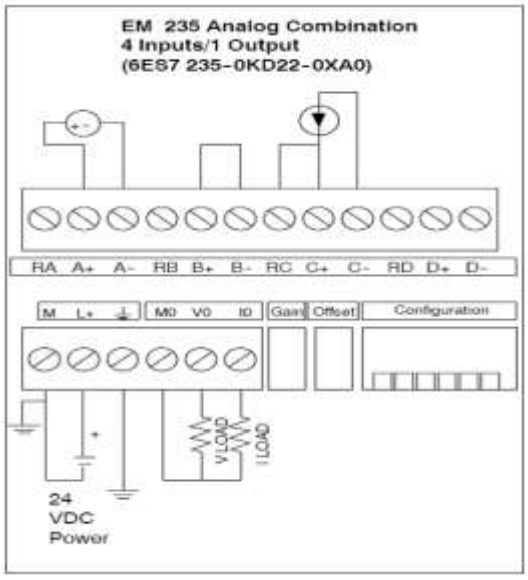
●التوسعة التشابهية EM235.

التوسعة التشابهية EM235 عنصر مهم يتم إلحاقه بالPLC من أجل التعامل مع الإشارات التشابهية، وهناك تعليمات معينة في PLC مثل تعليمة PID تحتاج إلى استخدام إشارات تشابهية وذلك لتطبيق إشارات الدخل والإشارة المرجعية وأخذ إشارة التحكم من مداخل ومخارج التوسعة التشابهية بشكل تشابهي كما تكون موجودة في الواقع الفيزيائي. بالنسبة للتوسعة التشابهية EM235 المستخدمة في بحثنا هذا تتكون من:

●أربع مداخل تشابهية AWI0، AWI2، AWI4، AWI6.

●خرج تشابهي واحد فقط AQW0.

الشكل (1) يوضح طريقة وصل المداخل والمخارج للتوسعة التشابهية [1]:



الشكل (1) طريقة وصل المداخل والمخارج للتوسعة التشابهية.

بالنسبة لإشارة الخرج يمكن أخذ الإشارات كتيار(0–20 mA)، أو كجهد (±10 V). نلاحظ وجود ستة أزرار(DIP switches) لتهيئة (configuration) التوسعة التشابهية[2] ، حيث يتم تحديد مجال الدخل ونوعه (قطبي أو غير قطبي) حسب وضعية الأزرار ON/OFF، وفي هذا البحث تمت التهيئة بحيث يكون مجال الدخل (0–V5)، والجدول (1) يبين الحالات الممكنة للتهيئة:

الجدول (1) يبين الحالات الممكنة لتهيئة التوسعة التشابهية.

Table A-19 EM 235 Configuration Switch Table to Select Analog Range and Resolution

Unipolar						Full-Scale Input	Resolution
SW1	SW2	SW3	SW4	SW5	SW6		
ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	0 to 50 mV	12.5 µV
OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	0 to 100 mV	25 µV
ON	OFF	OFF	OFF	ON	ON	0 to 500 mV	125 µV
OFF	ON	OFF	OFF	ON	ON	0 to 1 V	250 µV
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	0 to 5 V	1.25 mV
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	0 to 20 mA	5 µA
OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	0 to 10 V	2.5 mV
Bipolar						Full-Scale Input	Resolution
SW1	SW2	SW3	SW4	SW5	SW6		
ON	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	±25 mV	12.5 µV
OFF	ON	OFF	ON	OFF	OFF	±50 mV	25 µV
OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	±100 mV	50 µV
ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	±250 mV	125 µV
OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF	±500 mV	250 µV
OFF	OFF	ON	OFF	ON	OFF	±1 V	500 µV
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	±2.5 V	1.25 mV
OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	±5 V	2.5 mV
OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	±10 V	5 mV

●جهاز التحكم بتدفق الهواء

يتكون الجهاز من العناصر التالية:

●القناة duct: يتدفق فيها الهواء وذلك بواسطة مروحة تسحب الهواء عند دورانها.

●خانق damper: يستخدم لإحداث تغيرات في الحمل أو اضطرابات.

●أنبوب فينتوري Venturi لقياس تدفق الهواء: وهو مقطع متضيق في القناة والذي يحدث فرق ضغط كلما تدفق الهواء من خلال القناة، بحيث أن تدفق الهواء الأكبر يقابله فرق الضغط الأكبر.

●مشغل المروحة Fan driver: يحول الجهد أو التيار على مدخل التحكم بالمروحة إلى استطاعة تناسبية تستخدم لقيادة المروحة.

●مرسل التدفق Flow transmitter: يقيس هذا المرسل فرق الضغط عبر الفينتوري ويولد جهد معياري تناسبي (0–5 V) أو تيار معياري تناسبي (0–20 mA)، والذي يمكن أن يكون إشارة دخل للمتحكم controller.

●حاسب PC منصب عليه برنامج STEP7–Micro/WIN بالإضافة لكبل اتصال PC/PPI.

عند إنشاء مشروع جديد فإن البرنامج يفتح المحررات التالية:

●محرر المخطط السلمي (Ladder)، وذلك في حال اختيارنا للغة السلمية في كتابة البرامج.

●محرر بلوك المعلومات (Data Block).

●مخطط الحالة (Status Chart).

●جدول الرموز (Symbol Table).

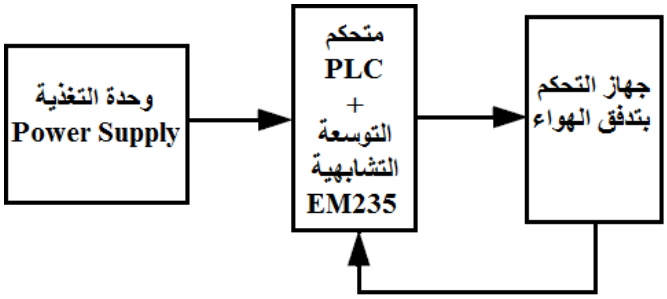
ويتم وصل الحاسب الشخصي إلى المعالج S7–200 باستخدام الكبل PC/PPI.

●مقاييس فولت بالإضافة إلى أسلاك توصيل ومنبع جهد مستمر.

تستخدم مقاييس الفولت وعدد اثنان لمراقبة الجهود المقابلة لإشارة التحكم وإشارة الخرج. وأسلاك التوصيل لوصل مداخل جهاز تدفق الهواء إلى مداخل ومخارج التوسعة التشابهية. ومنبع الجهد المستمر يتم استخدامه لضبط قيمة الإشارة المرجعيةsignal reference.

●المخطط الصندوقي للنظام المدروس:

يبين الشكل (2) المخطط الصندوقي لترابط مكونات النظام المدروس.



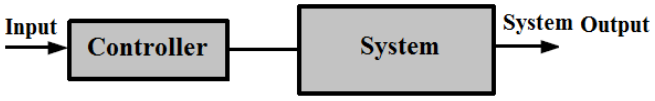
الشكل (2) المخطط الصندوقي للنظام المدروس.

●أنظمة التحكم:

●نظام الحلقة المفتوحة:

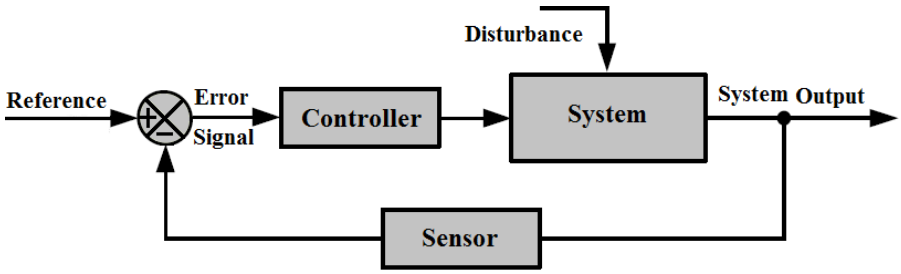
يطلق على العديد من دارات التحكم كلمة حلقة مفتوحة عندما يصدر المتحكم أوامره بغض النظر عن القيمة الفعلية للمتغير المتحكم به، كما في الشكل (3). يتميز هذا النمط من دارات التحكم بقلة تكلفته المادية وسهولة تركيبه ومعايرته، ولكنه يعتبر متحكم غير دقيق، لا يمكنه أن يلاحق قيمة الدخل المرجعي للوصل للخرج المرغوب [3]، ولا يستطيع أن يتغلب على إشارات التشويش المفاجئة، والتي قد تطرأ على قيمة المتغير المتحكم به، نظراً لعدم إمكانية هذا

النوع من المتحكمات على استشعار التغيرات التي تطرأ على المتغير المتحكم به.



الشكل (3) المخطط الصندوقي لنظام الحلقة المفتوحة.

- **نظام الحلقة المغلقة:**



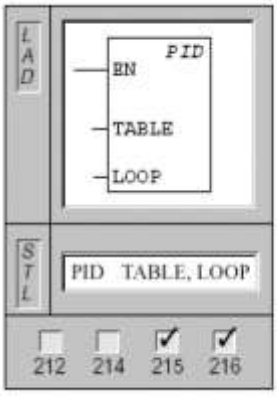
الشكل (4) المخطط الصندوقي لنظام الحلقة المغلقة.

يعتبر نظام التحكم ذي الحلقة المغلقة حلا للتغلب على مساوئ نظم التحكم بالحلقات المفتوحة، حيث يغذى الخرج عكسيا إلى الدخل في هذا النظام لتتم مقارنته مع الدخل المرجعي وإشارة الخطأ الناتجة تطبق على مدخل المتحكم الذي يعمل على جعل إشارة الخطأ تتناهى إلى الصفر. حيث يتم قراءة القيمة الفعلية للمتغير المتحكم به عن طريقة الحساس Sensor ويقوم المتحكم بمقارنة القيمة الناتجة عن التغذية العكسية (الحساس ودارة التكييف) مع القيمة المرغوبة المرجعية Value Reference ويتم تطبيق قيمة الفرق بين الاشارتين التي تدعى بإشارة الخطأ على المتحكم الذي يقوم بتوجيه النظام لجعل هذا الخطأ يسعى للصفر [3، 4,5]، الشكل (4) يوضح المخطط الصندوقي لنظام الحلقة المغلقة.

- **تعليمة حلقة التحكم PID في المتحكم PLC:**

تتميز هذه التعليمة بمعاملين:

- عنوان الجدول (table): والذي هو عنوان البدء لجدول الحلقة.



الاسم	PID Control Loop
الوظيفة	تنفيذ حسابات حلقة PID على حلقة مرجعية ذات الرقم LOOP ، بالاعتماد على الدخل و المعلومات الموجودة في الجدول ذو العنوان TABLE .
تمثيل STL	PID TABLE , LOOP
المعاملات	**TABLE** : VB . **LOOP** : 0 ➡ 7 .
ملاحظات	- تؤثر هذه التعليمات على خانات الذاكرة الخاصة : • علم الطفحان (Overflow) : SM1.1 - لا يمكن استخدام أكثر من **8** حلقات في البرنامج .
الشكل	25

- رقم الحلقة (Loop): وهو عبارة عن ثابت يأخذ القيم من (0–7). لذلك لا يسمح بوجود أكثر من 8 تعليمات PID. كما أنه لا يجوز لتعليمتي PID أن تأخذا نفس قيمة رقم الحلقة، وإلا فإن نتائج حسابات هاتين التعليمتين سيكون غير متوقع [1].

يخزن الجدول (Table) بارامترات مستخدمة للتحكم ومراقبة عمل الحلقة، مبينة في الجدول التالي [1]:

بارامتر الجدول	الرمز	الاسم المكافئ
متحول المعالجة	PV_n	Process Variable
القيمة السابقة لمتحول المعالجة	PV_{n-1}	Previous Process Variable
زمن النمذجة	T_S	Sample Time
الزمن التفاضلي	T_D	Derivative Time (rate)
الزمن التكاملي	T_I	Integral Time (reset)
الخرج	Mn	Output
الربح	Kc	Gain
النقطة المرجعية	SPn	Set Point
مجموع التكامل	MX	Integral Sum (bias)

لإنجاز حسابات PID وفق زمن النمذجة المرغوب يجب تنفيذها من خلال أحد الأسلوبين:

- ضمن برنامج مقاطعة زمنية.
- ضمن برنامج فرعي، ينفذ بنسبة يتحكم بها مؤقت.

حيث يوضع زمن النمذجة كدخل لتعليمة PID عبر جدول الحلقة.

- **خوارزمية الحلقة PID:**

في حالة العمل الثابت للمتحكم PID، يعمل على تنظيم قيمة الخرج بحيث تسعى قيمة الخطأ إلى الصفر. حيث يقاس الخطأ بالفرق بين القيمة المرجعية SP، وهي نقطة العمل المرغوبة ومتحول المعالجة PV الذي يمثل نقطة العمل الفعلية.

يعتمد مبدأ التحكم PID على معادلة تعطي الخرج بدلالة الحدود التالية [6]:

- الحد التناسبي (Proportional Term).
- الحد التفاضلي (Differential Term) .
- الحد التناسبي (Integral Term).

حيث:

: خرج الحلقة كتابع للزمن.

K_c: ربح الحلقة.

e: خطأ الحلقة (الفرق بين SP و PV).

$M_{initial}$: القيمة الابتدائية لخرج الحلقة.

يحسب المعالج الخرج في كل لحظة أخذ عينة (n) فقط. ولذلك فهو ينجز المعادلة السابقة وفق الصيغة التالية [6]:

$$MD_n + MI_n + MP_n = M_n$$

أي أن: الخرج = الحد التناسبي + الحد التكاملي + الحد التفاضلي.

- **الحد التناسبي MP:**

يعبر عنه بالمعادلة التالية:

$$(PV_n - SP_n) * K_c = MP_n$$

حيث:

MP_n: قيمة الحد التناسبي لحلقة الخرج عند لحظة أخذ العينة n.

SP_n: قيمة النقطة المرجعية عند لحظة أخذ العينة n.

PV_n: قيمة متحول المعالجة عند لحظة أخذ العينة n.

- **الحد التكاملي MI:**

يعبر عنه بالمعادلة التالية [6]:

$$MI_n = K_C * \frac{T_S}{T_I} *(SP_n - PV_n) + MX$$

حيث:

MI_n: قيمة الحد التكاملي لحلقة الخرج عند لحظة أخذ العينة n.

T_S: زمن أخذ العينات للحلقة.

T_I: فترة المكاملة للحلقة.

MX: قيمة الحد التكاملي عند لحظة أخذ العينات السابقة (n−1).

- **الحد التفاضلي MD:**

يعبر عنه بالمعادلة التالية [6]:

$$MD_n = K_C * \frac{T_D}{T_S} * (PV_n - PV_{n-1})$$

حيث:

MD_n: قيمة الحد التفاضلي لحلقة الخرج عند لحظة أخذ العينة n.

T_D: الزمن التفاضلي للحلقة.

PV_{n-1}: قيمة متحول المعالجة عند لحظة أخذ العينة السابقة (n−1).

- **تحويل وتسوية مداخل الحلقة:**

تملك الحلقة متحولي دخل:

- النقطة المرجعية.
- متحول المعالجة.

كلا القيمتين تشابهية تنتمي إلى العالم الحقيقي ، يتم إدخال القيم عن طريق مسجل القناة التشابهية AIWx بطول 16−Bit. حتى تستطيع الحلقة انجاز حساباتها يجب أن تكون هذه القيم واقعة في المجال (0.0 − 1.0) ويتم إجراء هذا التحويل على مرحلتين[1]:

- تحويل من عدد 16−Bit إلى عدد 32−Bit.
- تحويل من عدد 32−Bit إلى عدد ضمن المجال (0.0 − 1.0).

وذلك وفق العلاقة:

$$RNOM = (Rraw / Offset +) Span \quad (2)$$

حيث:

- RNOM: قيمة حقيقية تم تقييسها والتي تمثل قيمة العالم الحقيقي .

- Rraw: قيمة لم يتم تقييسها، قيمة العدد الحقيقي تمثل قيمة العالم الحقيقي.
- Offset: الانزياح وله قيمتين:
- 0.0: للقيم وحيدة القطبية. ب- 0.5: للقيم ثنائية القطبية.
- Span: الفرق بين القيمتين الأصغرية والأعظمية الممكنة، ولها قيمتين نموذجيتين:
- 32.000: للقيم وحيدة القطبية. ب- 64.000: للقيم ثنائية القطبية.
- **تحويل خرج الحلقة إلى عدد صحيح 16-Bit**:

بعد انتهاء حسابات PID نحصل على قيمة (0.0 – 1.0) والذي يجب أن نقود من خلاله الجهاز الذي تتحكم به الحلقة عن طريق قناة خرج تشابهية AIWx [1]، لذلك يجب تحويل تلك القيم إلى عدد صحيح 16-Bit يمكن كتابته إلى مسجل قناة الخرج التشابهية. ويتم هذا التحويل على مرحلتين:

- تحويل القيمة من المجال (0.0 – 1.0) إلى عدد حقيقي 32-Bit.

وذلك وفق العلاقة التالية:

$$Rscal = (Rraw - Offset) * Span + Mn \quad (3)$$

- تحويل من عدد حقيقي 32-Bit إلى عدد حقيقي 16-Bit.

إن العمليات السابقة جميعها موضحة ببرنامج المقاطعة INT_0 الملحق بآخر البحث، وذلك باستخدام اللغة السلمية.

والجدول (2) يبين بارامترات جدول الحلقة PID وكيفية توضعها في الذاكرة [1]:

الجدول (2) بارامترات جدول الحلقة PID وكيفية توضعها في الذاكرة.

الانزياح	الحقل	الصيغة	النوع	الوصف
0	PV_n	Double Word (Real)	دخل	يتضمن متحول المعالجة ، و الذي يقع في المجال (1.0 → 0.0)
4	SP_n		دخل	يتضمن النقطة المرجعية ، و التي يقع في المجال (1.0 → 0.0)
8	M_n		دخل	يتضمن الخرج ، و الذي يقع في المجال (1.0 → 0.0)
12	K_c		دخل/خرج	يتضمن الربح ، و هو ثابت تناسبي يمكن أن يكون عدد + أو - .
16	T_S		دخل	يتضمن زمن أخذ العينات (بالثواني) و يجب أن يكون موجب .
20	T_I		دخل	يتضمن الزمن التكاملي (بالدقائق) و يجب أن يكون موجب .
24	T_D		دخل	يتضمن الزمن التفاضلي (بالدقائق) و يجب أن يكون موجب .
28	MX		دخل/خرج	يتضمن زمن الانحياز ، و هو قيمة في المجال (1.0 → 0.0) .
32	PV_{n-1}		دخل/خرج	يتضمن قيمة متحول المعالجة السابقة المخزنة من آخر تنفيذ لتعليمة PID .

- **يتم إجراء التطبيق العملي من خلال الخطوات التالية:**
- يجب أولا معايرة مرسل التدفق.
- تهيئة مداخل التوسعة التشابهية للعمل في المجال (0-5 V).
- وصل كبل الاتصال PC/PPI بين الحاسب والـ PLC.
- وصل المدخل التشابهي الأول للتوسعة EM235 مع مرسل التدفق.
- وصل المدخل التشابهي الثاني للتوسعة EM235 مع منبع الجهد المستمر.
- وصل الخرج التشابهي للتوسعة EM235 مع مشغل المروحة.
- يمكن مراقبة الجهود عبر استخدام مقياسي جهد أحدهما لمراقبة الدخل التشابهي والثاني لمراقبة الخرج التشابهي والذي هو عبارة عن إشارة التحكم.

•تشغيل برنامج STEP7–Micro/WIN، والتحقق من الاتصال، ثم تشغيل برنامج PID ومراقبة القيم من خلال الحاسب.

الشكل (5) يبين مخطط توصيل نظام التحكم المدروس.

والشكل (6) يوضح توصيل مخارج ومداخل التوسعة التشابهية لجهاز التدفق.

الشكل (6) مخطط توصيل مخارج ومداخل التوسعة التشابهية لجهاز التدفق.

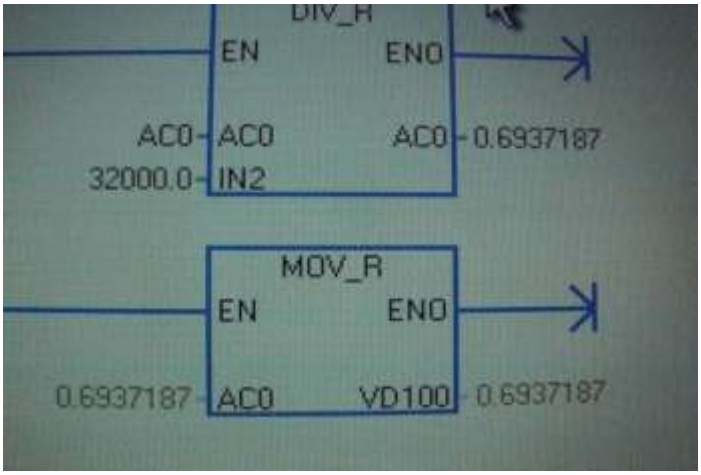
النتائج والمناقشة:

بعد توصل مكونات النظام كما في الأشكال السابقة، وفي حال تفعيل أحد المدخل الرقمية للمتحكم PLC وليكن I0.3، يمكن عندها تغيير القيمة المرجعية عبر تغيير الجهد من منبع الجهد المستمر وملاحظة كيف يقوم المتحكم بزيادة سرعة المروحة أو إنقاصها من أجل الوصول إلى القيمة المرجعية المرغوبة.

- يمكن إحداث أثر خارجي يقلل التدفق وذلك بفتح الخانق، وعندها نلاحظ كيف يقوم المتحكم بزيادة سرعة المروحة تلقائيا لكي يعوض النقص في التدفق ويعيده إلى القيمة المرجعية المطلوبة.
- يمكن تغيير بارامترات المتحكم PID من خلال البرنامج الجزئي SBR_0، وملاحظة تأثير هذه البارامترات على سرعة الاستجابة، وعلى استقرار النظام.
- عند وضع النقطة المرجعية على الجهد 3.5 V، فإن البرنامج يقوم بتقييسها ضمن المجال 0.0–1.0 V، وبما أن مجال جهود الدخل بين 0–5 V، تكون القيمة المقابلة هي 0.7، كما هو موضح بالشكل (7):

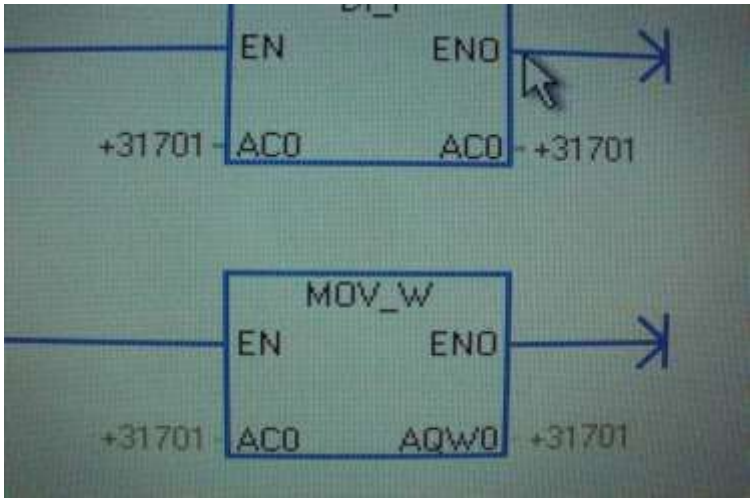
الشكل (7) مقطع من برنامج PLC يبين ضبط النقطة المرجعية.

وعندها تكون إشارة الدخل القادمة من جهاز التدفق قريبة جدا من هذه القيمة كما هو موضح بالشكل (8):



الشكل (8) مقطع من برنامج PLC تغير بارامترات التحكم بتغير إشارة الدخل.

و الخرج التشابهي يتم تحويله إلى عدد حقيقي 16–Bit كما هو موضح بالشكل (9):



الشكل (9) مقطع من برنامج PLC يبين تحويل الخرج التشابهي إلى عدد حقيقي 16-Bit.

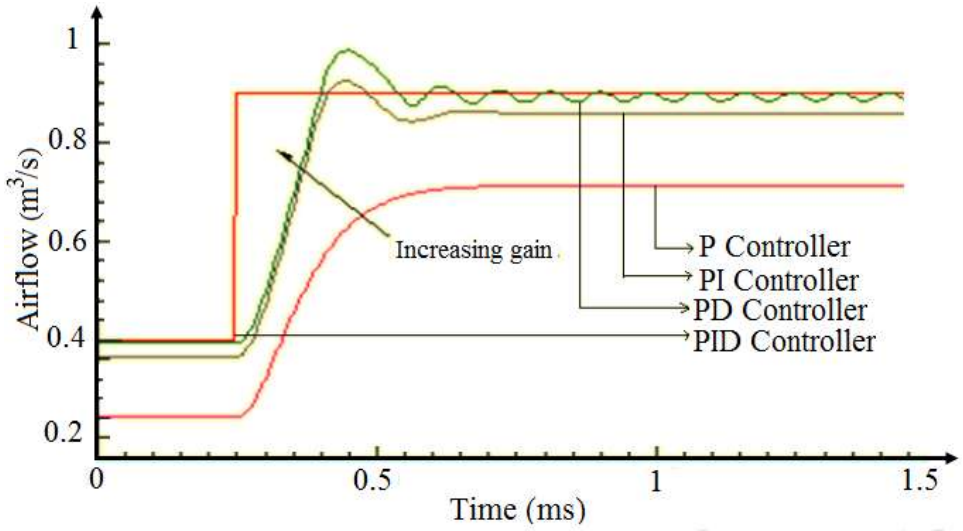
وبمراقبة الجهود المستمرة باستخدام مقياسي فولت، ففي الحالة السابقة التي تكون فيها النقطة المرجعية تساوي 3.5 V، نلاحظ في الشكل (10) المقياس اليساري يحوي إشارة جهاز التدفق، والمقياس اليميني يحوي إشارة التحكم (دخل مشغل المروحة)، نلاحظ أن جهد مرسل التدفق يساوي 3.593 V، و إشارة التحكم تساوي 3.79V.

الشكل (10) قراءة مقياسي الجهد لإشارة جهاز التدفق وإشارة التحكم.

في حال تم فتح الخانق في جهاز التدفق والذي يسبب تخلخل في الهواء يؤدي إلى إنقاص قيمة التدفق، وبالتالي يجب زيادة سرعة المروحة لتعويض هذا النقص، وبالتالي زيادة جهد التحكم ليصبح 4.86 V، وهذا التعويض يتم بشكل أتوماتيكي، والشكل التالي يبين هذه الجهود بعد الاستقرار:

الشكل (11) قراءة مقياسي الجهد لإشارة جهاز التدفق وإشارة التحكم عند فتح الخانق وتخلخل الضغط.

يبين الشكل (12) استجابة النظام عند إحداث تخلخل في التدفق عند استخدام عدة متحكمات، نلاحظ من الشكل الاستجابة الأمثلية للمتحكم PID:



الشكل (12) استجابة النظام عند استخدام عدة متحكمات.

نستنتج أن استخدام المتحكم PID وتوليفه أوتوماتيكيا من خلال برنامج PLC يؤدي إلى الحصول على موصفات استجاب جيدة لنظام التحكم بتدفق الهواء.

برنامج متحكم PLC المصمم للمتحكم PID المستخدم موضح بالتسلسل التالي:

تجربةPID / MAIN (OB1)

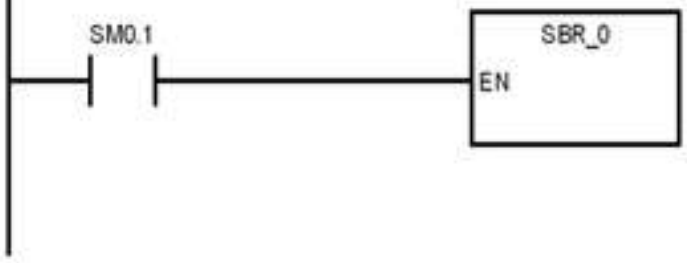
Block: MAIN
Author: Ayman
Created: 10/02/2017 2:50:53 pm
Last Modified: 02/19/2017 8:26:31 am

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
	TEMP		
	TEMP		
	TEMP		
	TEMP		

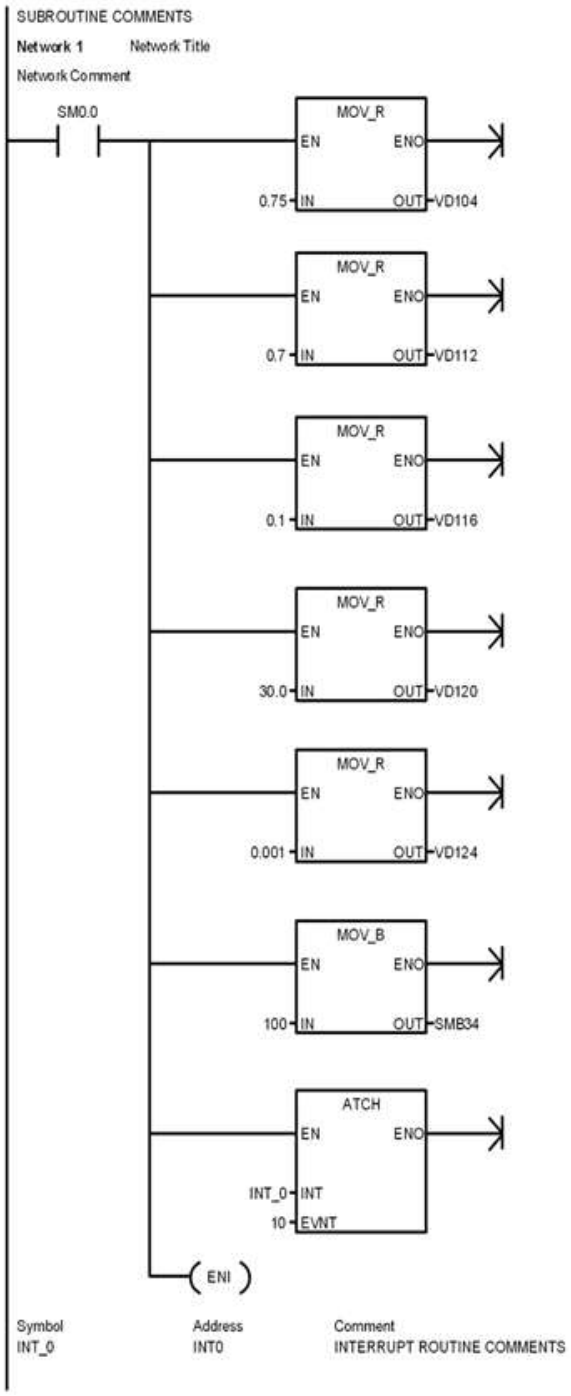
PROGRAM COMMENTS

Network 1 Network Title

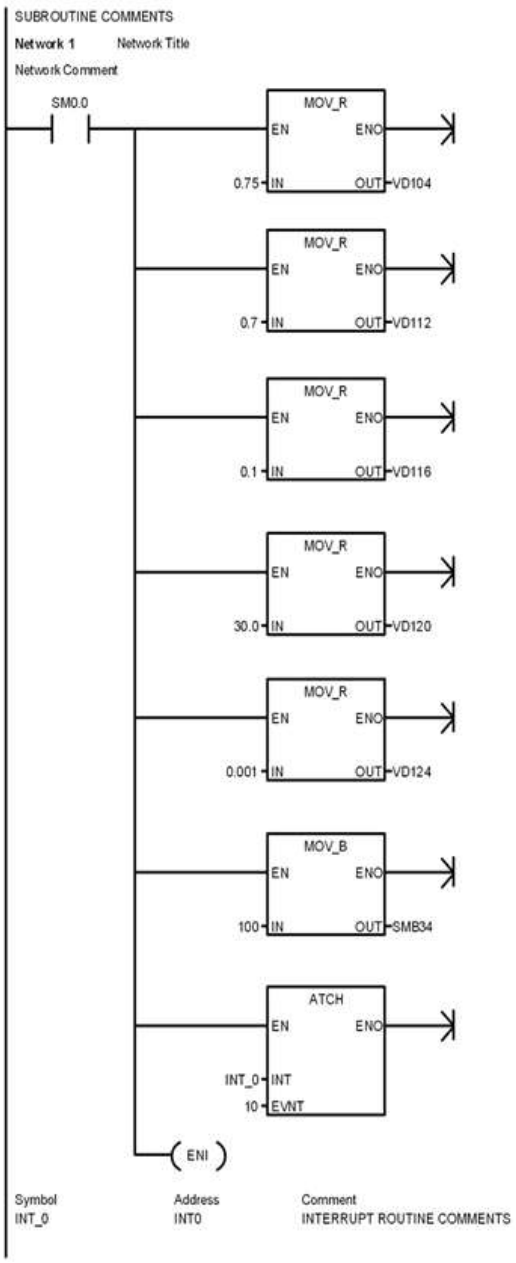
Network Comment



تجربةPID / SBR_0 (SBR0)



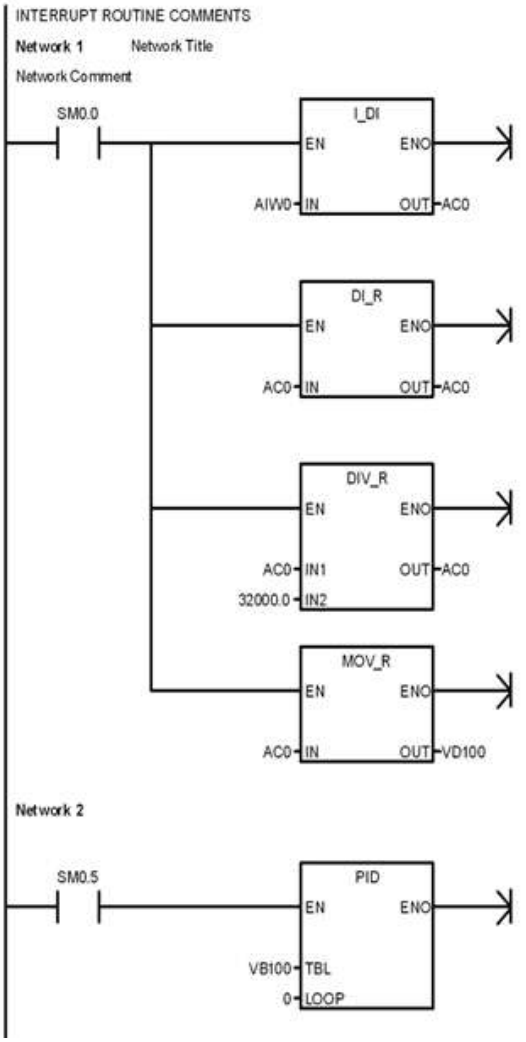
تجربةPID / SBR_0 (SBR0)



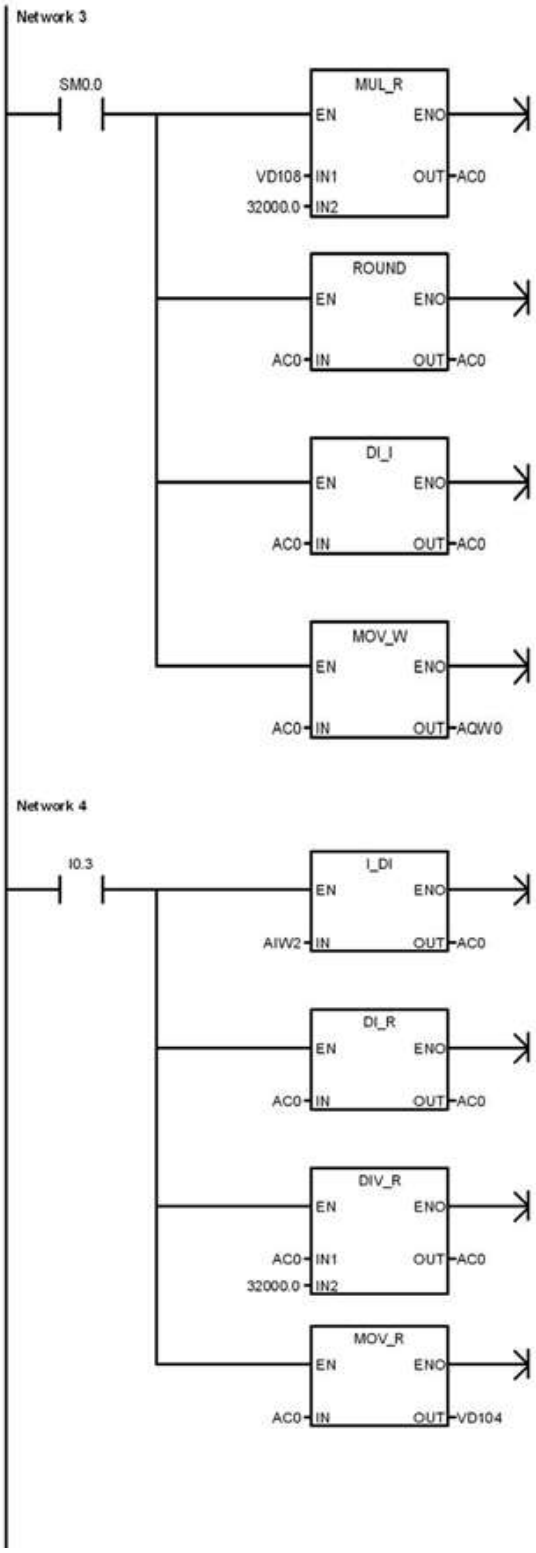
تجربةPID / INT_0 (INT0)

Block: INT_0
Author: Ayman
Created: 10/02/2017 2:50:53 pm
Last Modified: 02/19/2017 8:26:31 am

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
	TEMP		
	TEMP		
	TEMP		
	TEMP		



تجربةPID / INT_0 (INT0)



الاستنتاجات والتوصيات:

- الاستنتاجات:

- استخدام المتحكم PLC يساعد ويساهم في لتصميم وتوليف متحكم PID بشكل سلسل وبتقنية عالية.

●يمكن تعميم طريقة التصميم وآلية العمل للتحكم بالعديد من العمليات مثل التحكم بمستوى سائل أو التحكم بسرعة محرك أو التحكم بتدفق سائل وفي الكثير من التطبيقات الصناعية الأخرى، وذلك بإجراء بعض التعديلات البسيطة التي تناسب الأجهزة المضافة، حيث لا يمكن لهذه المنظومات أن تعمل بشكل سليم بدون استخدامها لهذا النمط من التحكم.

●بينت النتائج مدى الاستجابة السريعة والدقيقة للمتحكم PID وملاحقته إشارة الدخل للوصول إلى القيمة المرغوبة بدلائل جودة مثالية للحالة العابرة.

- التوصيات:

●يوصى بتطبيق طرق التحكم بالحلقة المغلقة باستخدام المتحكم PID المصمم باستخدام المتحكم PLC بالتطبيقات الصناعية المختلفة التي تتطلب دقة وسلاسة بالاستجابة، لما تتمتع به من الوثوقية العالية.

●يوصى بإجراء نمذجة ومحاكاة لهذا النوع من المتحكمات، مما يمكن الباحثين في هذا المجال من الحصول على نتائج تجريبية قبل التنفيذ العملي والذي قد يكون غير متاح، كما يمكنه من مقارنة النتائج التجريبية مع النتائج الواقعية.

●يوصى بتطبيق التحكم بالحلقة المغلقة باستخدام المتحكم PID بتصميمه بطرق أخرى ومقارنتها مع طريقة تصميمه باستخدام المتحكم PLC.

المراجع:

- SIMATIC. Standard Software for S7-200 Control V4.0. Source: www.ad.siemens.de.
- S. Ahmed, & B. Huang, S. shah, "Novel identification Method from Step Response", Control Engineering Practice 15, 545550, Science Direct, 2007.
- د .قاسم ,محمد ,المرجع الكامل في التحكم الكهربائي الصناعي دار شعاع للنشر والعلوم.2009 ,310
- P. KHATRI، ،COMPARISON OF TUNING METHODS OF PID CONTROLLER USING VARIOUS TUNING TECHNIQUES WITH GENETIC ALGORITHM ،JEET ،H.C.T.M.Kaithal.2013 ،
- A KELMAN, & BORRELLI, F, Bilinear model predictive control of a HVAC system using sequential quadratic programming. Preprints of the 18th IFAC World Congress Milano, Italy, pp.9869-9874, 2011
- L. M. Erriksson & M. Johansson, "PID Controller Tuning for Varying Time-Delay Systems." Proceedings of 2007 American Control Conference, New York City USA, pp 619-625, 2007