أتمتة القياس في العمليات التقنية

الدكتور المهندس : محمود بهاء الدين بني المرجة، أستاذ مساعد، قسم هندسة التصميم الميكانيكي - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق، دمشق.

الملخص

نوضح في هذا البحث تطوير أساليب أتمتة القياس بمساعدة الحاسوب باستخدام بعض الأمثلة التطبيقية في مجال أتمتة قياس التدفق وقياس الضغط وقياس المستوى، وتم العمل على محطة تجريبية طورت خصيصاً لهذا الغرض. وهي محطة متعددة المهام للتدريب على أتمتة تقنيات القياس بالعمليات الصناعية.

كلمات مفتاحية: القياس، التدفق، الضغط، المستوى.

العنوان: جامعة دمشق – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية . الدكتور محمود بني المرجة- قسم هندسة التصميم الميكانيكي.

هاتف: 00963-11-272011 جوال: 0932746662

أتمتة القياس في العمليات التقنية

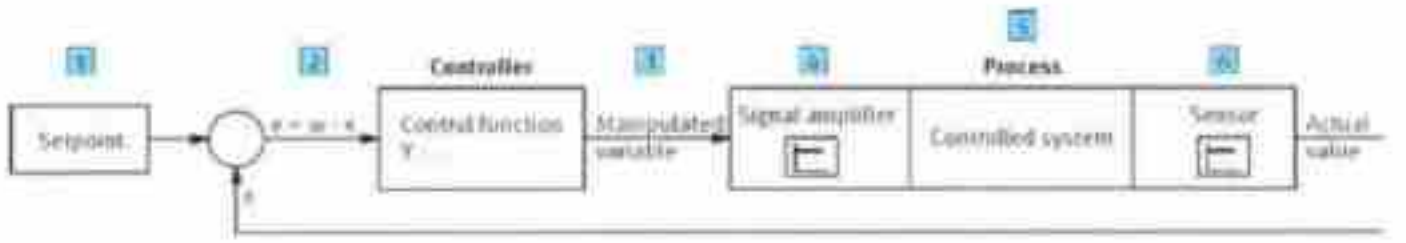
الدكتور المهندس : محمود بهاء الدين بني المرجة

قسم هندسة التصميم الميكانيكي - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية- جامعة دمشق- دمشق

البحث

مقدمة:

بحثنا في هذه الدراسة أبسط طريقة للحصول على نظام قياس مؤتمت والتي تعتمد على المعارف المستقاة من القياس اليدوي. وسوف نوضح هنا أساسيات أتمتة القياس بمساعدة الحاسوب عن طريق بعض الأمثلة التطبيقية في مجال قياس التدفق وقياس الضغط وقياس المستوى، وتنفيذ هذا العمل سيتم على محطة تجريبية طورت خصيصاً لهذا الغرض. وهي محطة متعددة المهام للتدريب على أتمتة تقنيات القياس في العمليات الصناعية. وكل دارة تحكم تتألف من نظام متحكم به وجهار تحكم، وبرنامج حاسوبي.



الشكل (1)

حيث من الشكل (1) نجد مخطط مبسط لدارة القياس المؤتمت والتي تتألف من العناصر التالية:

1- خصائص نقطة الضبط. تفاوت النظام = نقطة الضبط – القيمة الفعلية. وبحسب تفاوت النظام بواسطة تابع التحكم ويرسل إلى النظام المتحكم به كمتغير معالج (3). تابع التحكم يعالج عموما بمساعدة البرنامج.

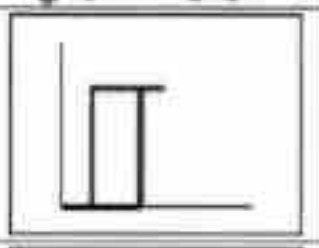
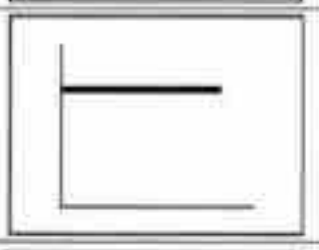
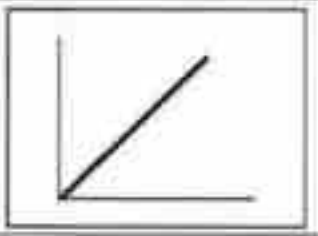
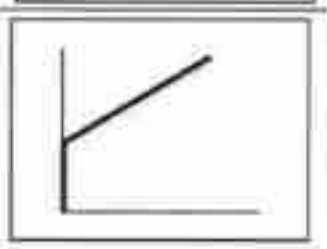
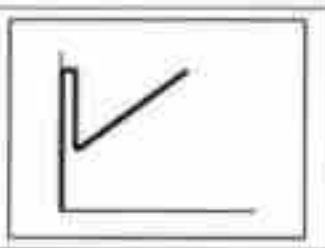
2- المتحول المعالج.
3- المتحول المعالج يجب أن يضخم بحيث تتمكن موازرات عنصر التحكم الأخير من استقبال الاشارة التي يمكن لهذه الموازرات أن تعمل من خلالها.
4- النظام المتحكم به (مثلاً مستوى الملء) يتغير بواسطة المتحول المعالج.
5- القيمة الفعلية للنظام المتحكم به تقاس وتعاد بتغذية مرتدة إلى النقطة 2. وفي معظم الحالات، فان القيمة الفعلية يجب أن تحول إلكترونيا.
أما الحلول البرمجية للمتحكم في الحاسب أو PLC فتعمل بأسلوب حلقي. مثال، النقاط 2 إلى 6 تعمل باستمرار.

وكأمثلة على الأنظمة المتحكم بها نذكر هنا: الحفاظ على مستوى ملء ثابت في خزان. تغيير والحفاظ على الحرارة في الغرفة. الحفاظ على سرعة محرك عند قيمة محددة. السير بدقة إلى نقطة على محور إحداثيات. والحفاظ على ضغط ثابت في نظام أنابيب.

أما أنواع المتحكمات فهي:

* المتحكم الغير مستمر: هذه المتحكمات تتميز بحقيقة أن متحولاتها المعالجة قادرة فقط على التغير بين حالتي التشغيل والتوقف، مثال، المتحكم ثنائي الخطوات.
* المتحكم المستمر: هنا يكون المتحول المعالج قابل للضبط بشكل لانهائي، مثال، المتحكم PID.

في تقنية التحكم العادية، يمكن التمييز بين المتحكمات التالية وفقا لكيفية تحديد معالجة المتحول (مقارنة مبسطة) (الجدول (1))، [1].

المتحكم	الرمز التخطيطي	تحديد المتحول المعالج من خلال وظيفة التحكم
متحكم ثنائي الخطوات		المتحول المعالج يقارن بقيمة حد أعلى وحد أدنى
المتحكم P		اختلاف النظام يتأثر بقيمة معامل محدد
المتحكم I		مجموع كافة تغيرات النظام يتأثر بقيم معامل محدد.
المتحكم PI		خصائص المتحكم P والمتحكم I مجتمعة
المتحكم PID		المتحول المعالج يحدد بالبارامتر D اعتمادا على معامل الزمن الذي يتبدل من خلاله تغير النظام.

أهداف البحث:

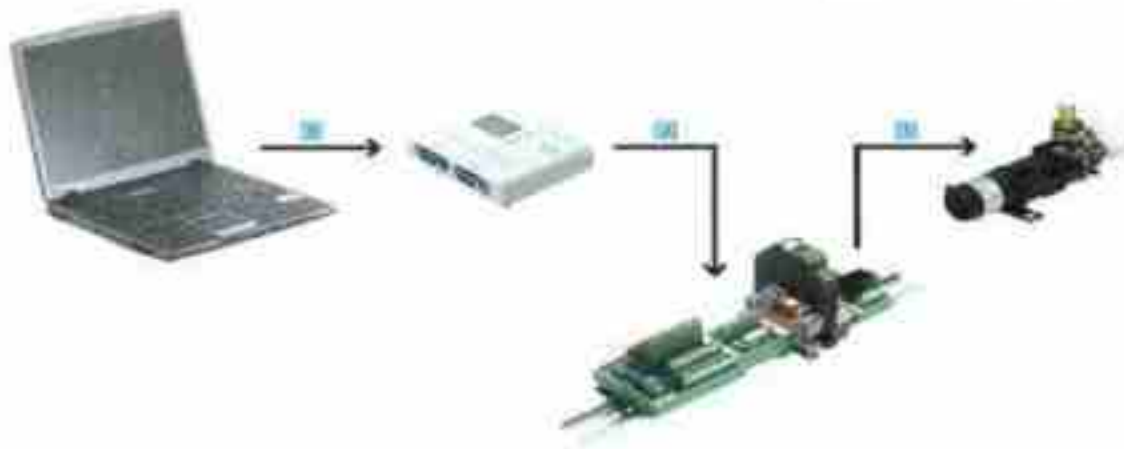
سنوضح في هذا البحث المفاهيم التالية:

* تحويل التفعيل الكهربائي إلى تفعيل بمساعدة الحاسب.
* توضيح كيفية تركيب وضبط إشارة الحساس.
* توضيح تقنية القياس العملي بمساعدة الحاسب.
* كيفية استخدام الحاسب كجهاز قياس وضبط بمساعدة برنامج FluidLab PA، [4].

مواد وطرائق البحث:

يجب تحويل النظام العادي إلى نظام ذو قياس مؤتمت وهذا يتطلب تعديل النظام بحيث يمكن بث الاشارات من خلال جهاز EasyPort PC. وهو الجسر البيني (RS-232) بين النظام والحاسب، والذي يحتوي على مداخل رقمية وتماثلية ومخارج رقمية وتماثلية. حيث أن لوحة التحكم اليدوي لايمكن أن تستخدم للقياس المؤتمت منفردة،[1].

التركيب الأساسي للقياس المؤتمت سوف يتم استعراضه باستخدام التحكم بمضخة كمثال كما في الشكل (2) والجدول (2):



الشكل (2)

الجدول (2)

الرقم	1	2	3
تحكم رقمي بالمضخة، on/off	حاسب يبث Bit3إلى EasyPort.	EasyPortيولد إشارة جهد (حاكمة) من 0- 24V	المحرك يدور باستطاعة اسمية عند 24V
تحكم تماثلي	الحاسب يبث قيمة عشرية (مثلا كلمة مضاعفة) والتي توافق قيمة الجهد ضمن المجال 0-10V	EasyPortيولد إشارة تحكم من 0-10V	متحكم المحرك يضخم الاشارة ضمن المجال 0-24V. والمحرك يدور بسرعة قابلة للضبط بشكل لانهائي.

وهنا قد جهزنا النظام بلوحة مداخل ومخارج (I/O) مجمعة مسبقاً.

الشكل (3)

وحددنا القطع النظامية الهامة اللازمة للتشغيل من خلال الحاسب و EasyPort أو من خلال PLC، لكي نعالج القيم المقاسة ونتحكم بالموازر(المضخة). وركبناها على لوحة I/O ،[3]. كما في الشكل (3) والجدول (3).

الجدول (3)

التجميع	الشكل	الوصف
محول F-U لحساس التدفق		اعتماداً على معدل التدفق، فان حساس التدفق يولد نبضة تردد ضمن المجال40-1200 Hz . ونبضة التردد هذه تحول إلى قيمة جهد ضمن المجال 1-10V من خلال المحول F-U.

متحكم المحرك		المتحول المعالج التماثلي من 0- 10V من جهاز EasyPort أو من PLC يضخم للقيمة من 0- 24V وإلى قيمة تيار محددة للمحرك من خلال متحكم المحرك. وهذا التيار يجب أن يكون محدوداً لكي تضمن التشغيل الآمن للمحرك.

الشكل (4)

كما قمنا بتوصيل وحدة منبع القدرة 24V-DC مع النظام، ووصلنا مخارج الإشارات التماثلية والثنائية الوضع مابين I/O – EasyPort المناسبة لكل منها، كما في الشكلين (4 و 5).

الشكل (5)

- ثم حملنا برنامج FluidLab PA.

واختبرنا النظام. بعد إقلاع البرنامج، حيث ستظهر رسالة توضح ماإذا كان الوصل ناجحا أم لا. فإذا لم يحدث هذا، نقوم بفحص كل الوصلات ضمن النظام. وإلا، فنخرج من البرنامج وننزع مأخذ وصلة USB. ونعيد إدخال وصلة USB بعد 5 ثواني. ونقلع بالبرنامج ثانية.

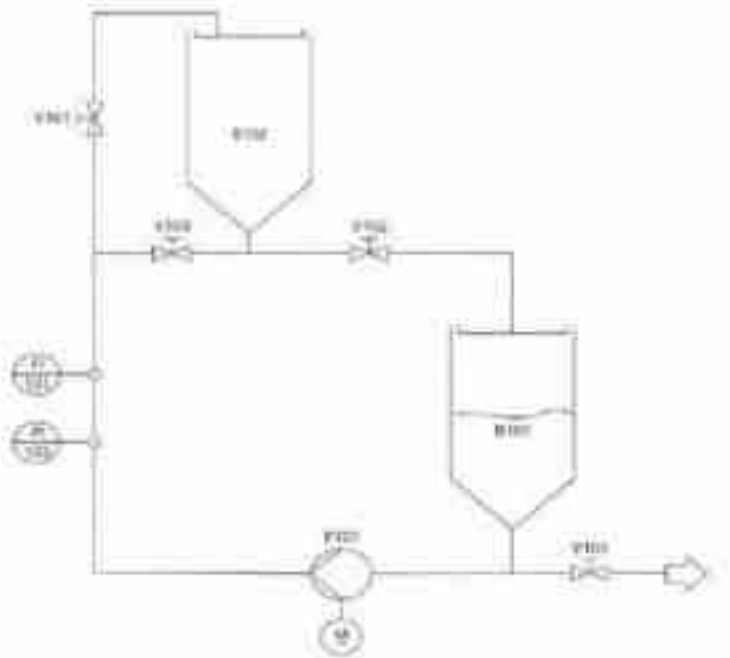
نختار قائمة "Setup". ويمكن تفعيل المخارج بمساعدة المنزلقات في وصلة المستخدم.

الجدول (4): تخصيص المداخل والمخارج على لوحة I/O:

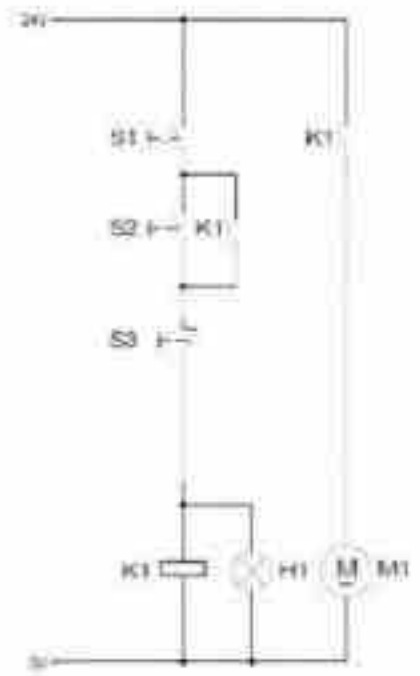
Name	Device	Abbreviation	Note
Digital output 0	2-way ball valve with pneumatic actuation	A0	Spring return
Digital output 2	Changeover relay	A2	Relay = 0: pump is binary controlled Relay = 1: pump is analogue controlled (0 to 10 V)
Digital output 3	Pump	A3	
Analogue output 0	Pump	AOUT 1	
Analogue input 0	Fill level (ultrasonic)	AIN 0	
Analogue input 1	Flow sensor	AIN 1	
Analogue input 2	Pressure sensor	AIN 2	

القياس المؤتمت:

وفق تصميم المحطة المقترح بالشكل (6)، فان الماء يمكن نقله إلى الخزان السفلي B101 أو ضخه إلى الخزان العلوي B102 بمساعدة المضخة. ووفق المخطط الكهربائي (7)، [1]



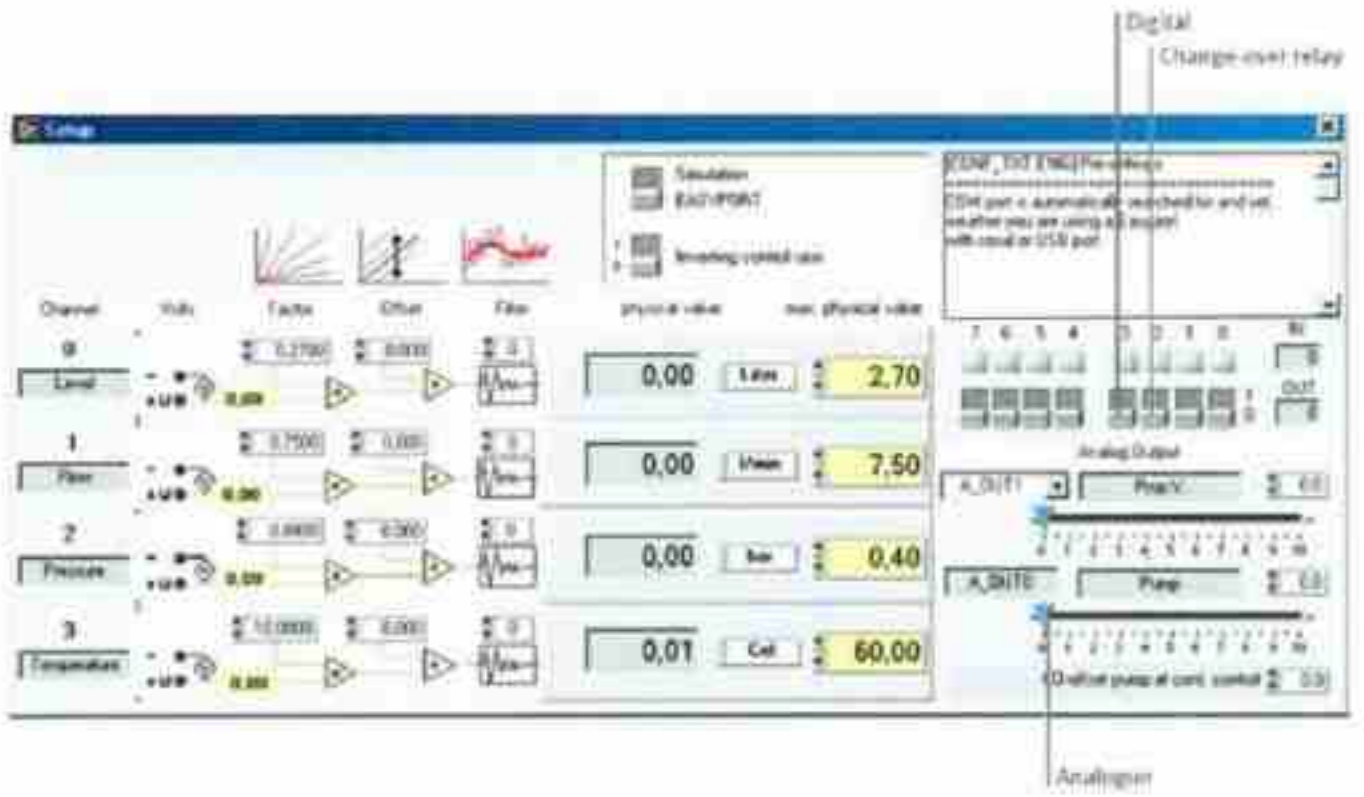
الشكل (6)



الشكل (7)

وصلة الأنبوب إلى الخزان B102 يجب أن تكون مقطوعة أو تجهز بصمام إغلاق مغفل على وضعية الاغلاق. نغلق الصمامات V101,V105، ونفتح الصمامات V102, V103. ونملء الخزان B101 إلى منتصفه تقريبا. ثم نوصل وحدة القدرة الكهربائية 24V إلى منبع التغذية بالتيار.

- نفتح قائمة "Setup" في البرنامج ونشغل النظام باستخدام الكباسات (حسب الشكل(8)).



الشكل (8)

تشغيل المضخة بقيم جهود متغيرة:

- نختار كل من القيم المذكورة بالجدول (5)، ونثقنا المشاهدات بالجدول.

الجدول (5):

No.	Digital outputs		Analogue outputs (set at sliders)	Pump (observe)
1	A3 = on	A2 = off	0 V	Pump runs at high speed
2	A3 = on	A2 = on	0 V	Pump off
3	A3 = off	A2 = on	4 V	Pump runs at low speed
4	A3 = off	A2 = on	8 V	Pump runs at high speed
5	A3 = off	A2 = on	10 V	Pump runs at max. power

قياس الضغط أثناء التدوير الحر:

يلعب الضغط دوراً مهماً في أنظمة السوائل. عملياً يتغير الضغط بسبب ردود الأفعال التي تحدث في المزيج أثناء الفلترة أو التدوير الحر، ويجب أن يسجل باستمرار ويوثق. لكي نتمكن من قراءة القيمة بمساعدة الحاسب، فإن مقياس الضغط مع شاشة الاظهار يستبدل هنا بحساس الضغط. وكقاعدة، فان حساسات الضغط المستخدمة هنا تتطلب منبع تغذية 24V DC وتولد إشارة جهد تماثلي ضمن المجال 0-10V والتي تتناسب مع الضغط [2,3].

إن الهدف من حساس الضغط هو قياس ضغط السائل مباشرة بعد المضخة. ووفقاً لصفحة المواصفات لحساس الضغط المستخدم، فان الحساس يقرأ الجهود من 0-10V ضمن مجال الضغوط من 0-400mbar.

- نصرف الماء من خلال صمام الاغلاق V105. ونركب حساس الضغط بعد المضخة.

ونضبط الصمامات كما يلي: V101, V105 مغلقين، V102, V103 مفتوحين، ونفصل الأنابيب الموصلة للخزان B102، ندخل سدادة الاغلاق في نهاية الأنبوب أو نركب صمام اغلاق على مدخل النهاية السفلية ونغلقه. ثم نملء بالماء.

- نضبط قيمة الضغط على الحاسب بعد فتح قائمة "Setup".

- نحدد المعامل وقيمة الازاحة: حيث نحسب القيمة الفيزيائية للاظهار:

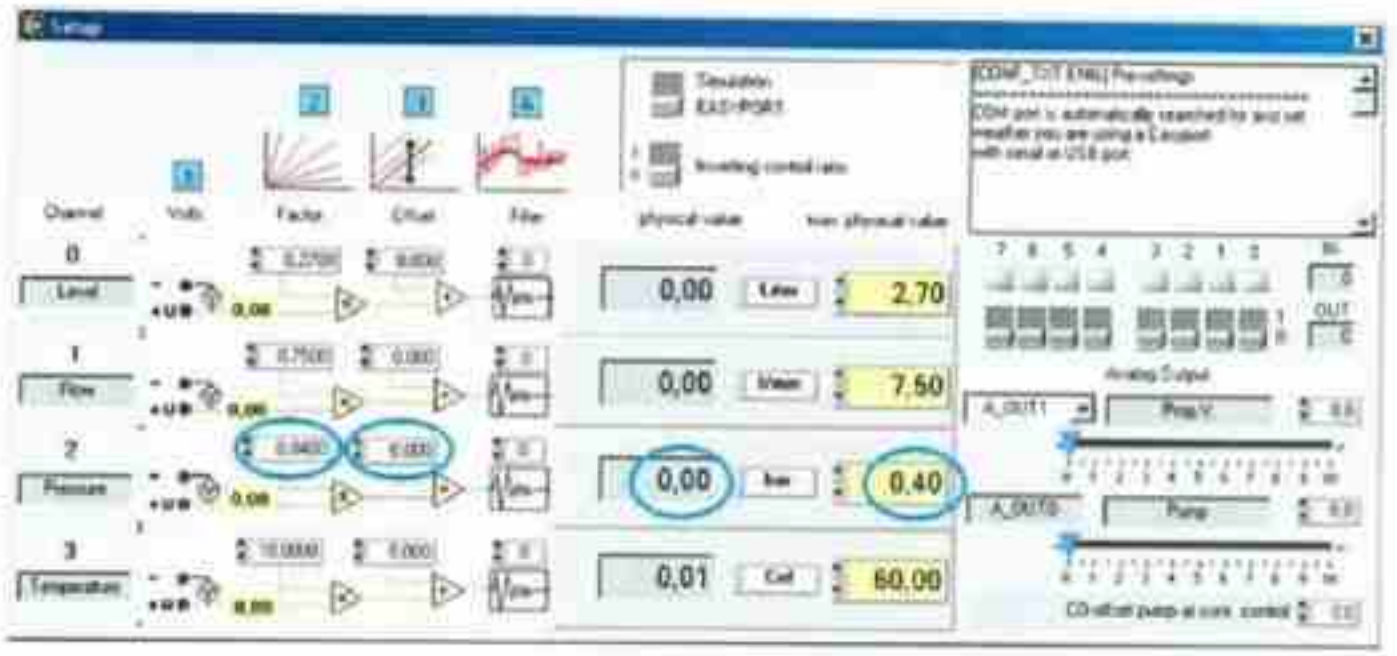
القيمة الفيزيائية = جهد الحساس × المعامل + الازاحة. (1)

في القيم التي يجب أن تظهر بالبار، يحسب المعامل كمايلي:

القيم التالية محددة للحساس: حيث مجال الضغط من 0-0.4bar ومجال الجهد من 0-10V.

المعامل = 0.4bar/(10V-0V) = 0.04

نحدد ضبط قناة (مجرى) الضغط: المعامل = 0.04 والازاحة = 0.0 (انظر الشكل(9)).



1 Voltage read out by the sensor 2 Factor 3 Offset
4 The signal can be filtered (attenuated). The higher the number, the greater the attenuation.

الشكل (9)

ولكي نضمن الاظهار الصحيح للتدريجات في المخططات، فمن المهم دوما إدخال القيم الفيزيائية العظمى وواحدة القياس المناسبة (انظر العمودين اليمينيين على صورة مشهد الشاشة).عند الضغط من 0-10bar، فان قراءات حساس الضغط هي جهود ضمن المجال من 2-10V.

- نحسب المعامل والازاحة.

المعامل = القيمة النهائية / (الجهد النهائي – الجهد البدائي) = (2- 10) / 10 = 1.25

الازاحة = - المعامل × الجهد البدائي = 2 * 1.25 - = 2.5 -

- نشغل المضخة مع قيم الجهود الثلاثة التالية (الجدول (6)) ونكتب ملاحظة عن المشاهدات على برنامج إظهار الضغط.

الجدول (6):

No.	Digital outputs		Analogue outputs (set at sliders)	Pressure display (observe)
1	A3 = on	A2 = off	0 V	0.3 bar
2	A3 = off	A2 = on	5 V	0.1 bar
3	A3 = off	A2 = on	10 V	0.27 bar

قياس التدفق:

إن الغاية من حساس التدفق هي قياس معدل التدفق الحجمي للمضخة. حيث يمر السائل عبر محول القياس وبسبب دوران المروحة فيه. والمروحة مجهزة بحساس تحريضي والذي يولد نبضات. تحول النبضات إلى

جهد والذي يتناسب مع معدل التدفق الحجمي من خلال محول F/U. عند معدل تدفق حجمي من 0-7.5 l/min، يولد حساس التدفق إشارة جهد ضمن المجال من 0-10V، [2,3].

- توقف عمل النظام. ونصرّف الماء عبر صمام الاغلاق V105. ونركب حساس التدفق بعد المضخة، ونملء الماء. ونشغل البرنامج ونفتح على قائمة "Setup".

- تضبط المعامل والازاحة: إظهار القيمة الفيزيائية بحسب وفق العلاقة (1) السابقة.

ولاظهار معدل التدفق بواحدة l/min، نحدد المعامل = 0.75، الازاحة = 0.

تغير سرعة المضخة ثانية بتعديل جهد وحدة التغذية إلى ثلاثة قيم ضبط مختلفة (الجدول (7))، ونكتب المشاهدات على شاشة إظهار معدل التدفق في البرنامج.

الجدول (7):

No.	Digital outputs		Analogue outputs (set at sliders)	Flow rate display (observe)
1	A3 = on	A2 = off	0 V	4.4 l/min.
2	A3 = off	A2 = on	5 V	1.1 l/min.
3	A3 = off	A2 = on	10 V	4.3 l/min.

قياس مستوى الاملاء للخزان العلوي باستخدام حساس فوق صوتي:

يقيس الحساس الفوق صوتي المسافة ويمكن استخدامه للتحري عن مستوى الاملاء. تنعكس الأمواج الفوق صوتية عن سطح الماء وتعود إلى الحساس. على مسافة من 50-270mm من سطح الماء، يقرأ الحساس الجهد ضمن المجال من 0-10V. يركب الحساس الفوق صوتي بربطه على الوجه الداخلي لغطاء الخزان B102، كما في الشكل (10). ومن هناك يقيس مستوى الاملاء، [2,3].

الشكل (10)

تضبط الصمامات بحيث يمكن ضخ السائل إلى الخزان العلوي: V101 مفتوح، V103 مفتوح، V102 مفتوح حوالي 5% تقريباً. وتشغل البرنامج وتفتح قائمة "Setup" كما في الشكل (11).

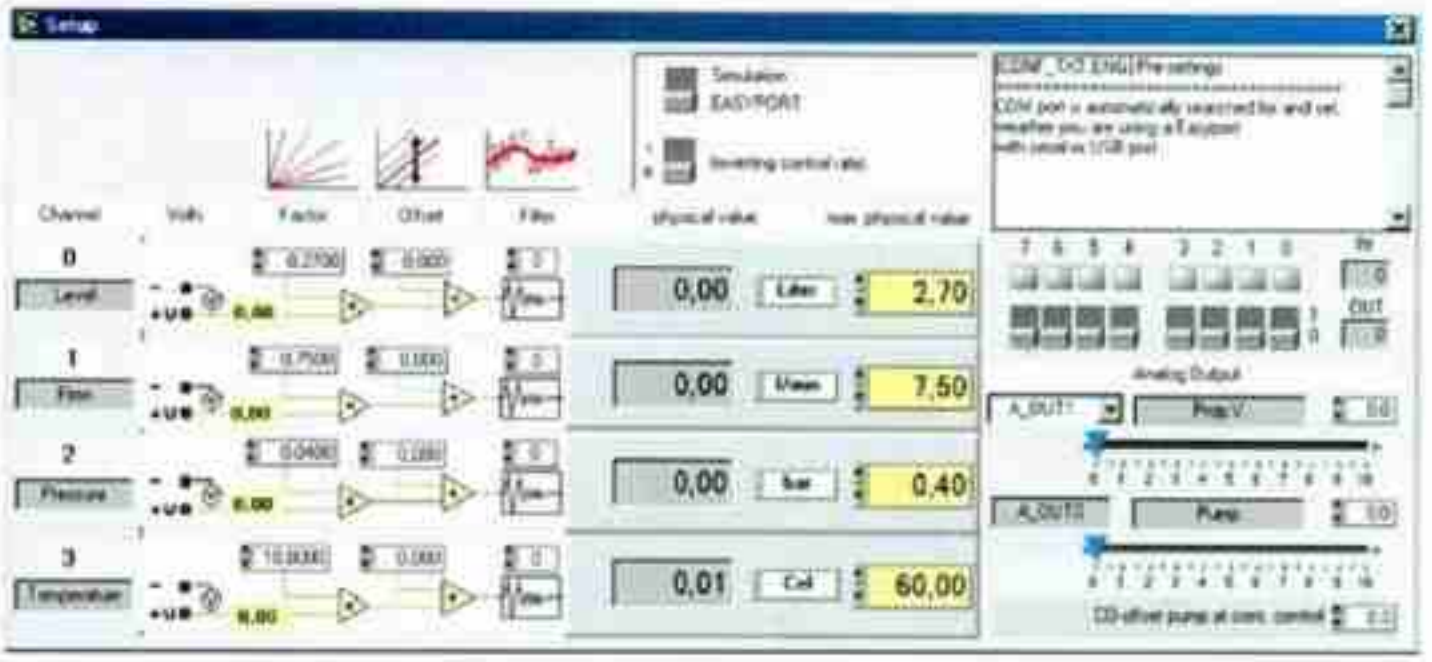
- نضبط المعامل والازاحة. بحسب إظهار القيمة فيزيائياً وفق العلاقة(1) السابقة.

واعتماداً على الكمية الفيزيائية التي يجب إظهارها، فان المعامل والازاحة تدخل كمايلي:

يطبق مايلي في حالة كون إشارة الحساس ضمن المجال من 0-3 l والجهد من 0-10V:

مستوى الملء بالليترات المعامل = 0.27 الازاحة = 0.0

مستوى الملء بالميليمترات المعامل = 22 الازاحة = 0.0



الشكل (11)

تتوضع إشارات الحساس ضمن المجال من 2.7 l – 0، والتي توافق الجهود من 0-10V. وبسبب حقيقة أن الخزان ذو نهاية سفلية مخروطية، فان القياسات تبدأ من بداية القسم الأسطواني من الخزان، ونهمل بشكل تقريبي أول 0.5 l في هذا المثال.

- نملء الخزان العلوي B102 وفقاً للقيم المحددة في الجدول (8)، ونوثق المشاهدات، ونكمل الجدول.

الجدول (8):

No.	Digital outputs		Tank B102, fill level sensor (litres)	Observation
1	A3 = off	A2 = off	Empty = 0.05	B102 is empty.
2	A3 = on	A2 = off	Value increases. Approx. 50% full = 1.5 litres 100% full = 2.95 litres	The tank fills up.
3	A3 = off	A2 = off	The value drops.	The tank empties. Drain valve open: water flows back via the pump.

النتائج والتوصيات:

نرى مما سبق أنه يمكن أتمتة قياس البارامترات (ضغط، تدفق، مستوى ...) من خلال استخدام تقنيات تحويل الاشارات الصادرة من الحساسات المختلفة إلى إشارات قابلة للمعالجة لاحقاً. وسواء كانت إشارات رقمية (متقطعة) أو إشارات تماثلية (مستمرة) أو إشارات ثنائية الوضع فانه يمكن نقلها عن طريق جسر بيني مناسب لمعالجتها لاحقا عن طريق الحاسب من خلال برامج معالجة مناسبة. مما يعطينا إمكانية استخدامها لاحقاً في برامج تحكم أخرى أوبرامج مراقبة أو كليهما معاً، بحيث يمكن التحكم ومراقبة العمليات التقنية المختلفة من خلال حزم برامج مناسبة (مثل SCADA أو Matlab أو Labview أو غيرها) وهذا يوفر البيئة المناسبة لاستخدام تقنيات أتمتة العمليات في الصناعة وكافة مجالات الحياة، [1].

المراجع:

1- **بني المرجة** محمود،2011- التحكم الآلي والأتمتة الانتاجية. الطبعة الأولى، منشورات كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق،720صفحة.

2- **شيلمان** بيرنهارد; **كاوفمان** هانس، 2009- أتمتة العمليات. كتاب التمارين، ترجمة د. محمود بني المرجة. فيستو للتدريب والتعليم، ايسلينغن، 2009، 366 صفحة.

3- Festo Didactic Gmbh & Co.KG.2009- Esslingen rechbergstrabe 3, Denkendorf, Germany,342P.
4- ADIRO & Festo Didactic GmbH & Co.2008, Version 3.0 .

Automating measurements in technical processes

Dr.Eng. Mahmoud Bahaa Eddin Bani Al-Marjeh

Assist. Prof.

Department of Mechanical Design – F.M.E.E.

Damascus University.

Abstract

We discussed in this research improvement of the methods of computerized measurements using some practical examples in the field of automation of flow measurements and pressure measurements and level measurements. The work has been done on an experimental station, which has been developed specially for this reason. It is a multi purpose station for training on automation of measuring techniques of industrial processes.

Key words: measurement, flow, pressure, level

Address: Damascus University-P.O.Box: 32159

Assist. Prof. Mahmoud Bani Marjeh, Department of Mechanical Design –F.M.E.E.

Tel.: 2720112, Mob.:, 0932746662