الجامعة السورية الخاصة

كلية هندسة البترول

مقرر

علم القياس والتحكم الآلي

مفردات المقرر...

مقدمة عامة

الفصل الأول: مراجعة عامة لمفاهيم وحدات القياس الأساسية والمشتقة في النظام الدولي.

الفصل الثاني: مميزات أداء أنظمة القياس .

الفصل الثالث: عناصر تحسس الإشارات.

الفصل الرابع: عناصر أنظمة التحكم الآلي.

الفصل الخامس: التوابع المميزة لعناصر التحكم.

الفصل السادس : توابع تحويل دارات التحكم المغلقة والمخططات الصندوقية

الفصل السابع : وحدات التحكم القابلة للبرمجة PLC

مقدمة عامة

- تطورت أنظمة القياس والتحكم بشكل كبير بعد الحرب العالمية الثانية بسبب النمو المتسارع في مختلف الصناعات والسباق العالمي في إنتاج معدات متطورة تكنولوجياً.
- إن الهدف من أي نظام تحكم هو الحفاظ على قيمة معينة لكمية ما ضمن حدود دقة محددة ترتبط هذه الدقة بدقة أجهزة القياس الموجودة في كامل المنشأة أو الدارة المراد التحكم بها.
- يقوم نظام القياس بتأمين المعلومات اللازمة لكي تؤدي عناصر التحكم العمل المطلوب منها حيث تماثل أهمية هذه المعلومات بالنسبة لدارة التحكم سلامة الحواس بالنسبة للإنسان التي لا يمكنه أداء أي عمل بدونها.
- يرتبط سلوك وأداء دارة التحكم ارتباطاً وثيقاً بنوعية المعلومات التي تتلقاها من العناصر المحيطة بها بخاصة أجهزة القياس، لذلك لابد من دراسة المفاهيم الأساسية لعلم القياس ومن ثم الانتقال لدراسة مفاهيم التحكم الآلي وعناصر دارات التحكم الآلي الخطية وكيفية تمثيلها بالمخططات الصندوقية.

.....

.....

.....

الفصل الأول

مراجعة عامة لمفاهيم وحدات القياس الأساسية والمشتقة في النظام الدولي

1) ملخص المحتويات
2) مفهوم وحدات القياس
3) نظام وحدات القياس
4) نظام وحدات القياس الدولي أو النظام الدولي للوحداتThe International Units SystemSI
5) وحدات القياس الأساسية في النظام الدولي
6) وحدات القياس المشتقة
7) وحدات القياس المشتقة التي ليس لها أسماء خاصة
8) وحدات القياس المشتقة المعرّفة في النظام الدولي
9) أداة التحويل من وإلى وحدات القياس المختلفة

أولاً :ملخص المحتويات

1. شرح مفهوم وحدات القياس ونظام وحدات القياس.
2. النظام الدولي للقياس و وحدات القياس الأساسية في النظام الدولي للوحدات.
3. وحدات القياس المشتقة التي ليس لها أسماء خاصة.
4. وحدات القياس المشتقة التي لها أسماء خاصة والمعرّفة في النظام الدولي للوحدات.
5. تعريف وحدة القياس وشرح استخداماتها وطرق تقديرها وحسابها.
6. التحويل بين وحدات القياس المختلفة.

ثانياً:مفهوم وحدات القياس:

وحدات القياس هي الوحدات التي تُستخدم في تحديد قيمة الأشياء من الناحية الكمية، وبالتالي هي وحدات تهتم بقياس الكميات القابلة للقياس الكمي، مثل وحدة قياس الطول والوزن وغيرها من الكميات.

ثالثاً نظام وحدات القياس:

- نظام وحدات القياس هو مجموعة من الوحدات التي يمكن استخدامها في تحديد قيمة الأشياء التي يمكن قياسها، والتي تكون معرّفة على مستوى محلي في بلد معين أو على مستوى دولي مُعتمد في أكثر من دولة.

- تُستخدم نظم وحدات القياس في قياس كميات مثل الطول أو المسافة والوزن والكتلة والوقت وغيرها، والتي كانت تلزم في تحديد الكثير من المسائل التجارية وتفاصيل العقود التجارية والالتزامات التي يمكن أن تنشأ عنها ، وفي العصر الحالي، يكثر استخدام هذه الكميات في الفيزياء والرياضيات والكيمياء....

رابعاً : النظام الدولي للوحدات SI أو نظام وحدات القياس الدولي:

النظام الدولي للوحدات أو النظام العالمي للوحدات أو نظام الوحدات الدولي، هو نظام وحدات القياس الأوسع انتشاراً في العالم ، ويُستخدم النظام الدولي للوحدات في معظم بلدان العالم ، وقد أُشتق هذا النظام من نظام (متر – كيلوجرام – ثانية) للقياس، وذلك بإضافة بعض الوحدات، والنظام الدولي للوحدات هو نظام بديل عن النظام القديم (سنتيمتر – غرام – ثانية)، ويُسمى هذا النظام باسم "النظام المتري"، خاصة في الولايات المتحدة الأمريكية التي لم تتبناه بشكل واسع وبريطانيا التي لا تزال في مرحلة التحول إلى النظام المتري.

خامساً: وحدات القياس الأساسية في النظام الدولي:

وحدات القياس الأساسية في النظام الدولي للوحدات هي سبع كميات فيزيائية فقط أما باقي الكميات فهي تُعتبر كميات مشتقة من الكميات الأساسية ويطلق عليها وحدات القياس المشتقة في النظام الدولي.

- وحدات القياس الأساسية السبعة في النظام الدولي للوحدات هي:

1. الطول وحدة قياسه المتر
2. الزمن وحدة قياسه الثانية
3. الكتلة وحدة قياسها الكيلوغرام
4. شدة التيار وحدة قياسها الأمبير
5. درجة الحرارة وحدة قياسها الكلفن
6. شدة الإضاءة وحدة قياسها شمعة
7. كمية المادة وحدة قياسها المول

الكمية	اسم الوحدات الاساسية بالنظام الدولى		الرمز	
	العربى	الدولى	العربى	الدولى
الطول	المتر	Meter	م	M
الكتلة	الكيلوجرام	Kilogram	كغ	Kg
الزمن	الثانية	Second	ث	S
التيار الكهربائى	الامبير	Ampere	أ	A
درجة الحرارة	الكلفن	Kelvin	ك	K
شدة الاضاءة	الشمعه	Candela	قد	cd
كمية المادة	المول	Mole	مول	mol

الكميات الأساسية ووحدات قياسها في النظام الدولي		
الكمية الأساسية	الوحدة الأساسية	الرمز
الطول length	meter	m
الكتلة mass	kilogram	Kg
الزمن time	second	s
درجة الحرارة temperature	Kelvin	K
كمية المادة amount of substance	mole	mol
التيار الكهربائي electric current	ampere	A
شدة الإضاءة luminous intensity	candela	cd

الوحدة	الرمز	التمثيل الرياضي
تيرا	T	10^{12}
جيجا	G	10^{9}
ميجا	M	10^{6}
كيلو	k	10^{3}
هيكتو	h	10^{2}
ديكا	da	10
دسي	d	10^{-1}
سنتي	c	10^{-2}
مللي	mm	10^{-3}
ميكرو	μ	10^{-6}
نانو	n	10^{-9}
بيكو	p	10^{-12}
فيمتو	f	10^{-15}
أتو	a	10^{-18}

وحدة قياس الطول أو المسافة – المتر

وحدة قياس الطول أو المسافة في النظام الدولي هي المتر ومضاعفاته أو أجزائه.

والمتر (Meter) هو وحدة دولية لقياس المسافة ويعادل المتر تقريباً 39.37 بوصة (3.28 قدم)، ويعتبر المتر وحدة قياس الطول الأكثر استعمالاً في العالم.

التحويل بين المتر و وحدات القياس الأخرى للطول :

من مضاعفات المتر الكيلومتر = 1000 متر
ومن أجزاء المتر السنتيمتر = 1/100 = 0.01 من المتر.

وحدة قياس الزمن – الثانية (s)

وحدة قياس الزمن أو الوقت هي الثانية، وهي الوحدة الأساسية في النظام الدولي للوحدات SI
الثانية عبارة عن ألف (1000) ميللي ثانية وجزء من 60 من الدقيقة، وهي أيضاً جزء من 3600 جزء من الساعة.
أما في الزوايا، فالثانية هي تقسيم للدرجة (وحدة قياس الزوايا الهندسية)، حيث أن الدرجة الواحدة تقسّم إلى 60 جزءاً تسمى الدقائق القوسية. وكل واحدة من هذه الدقائق القوسية تنقسم بدورها إلى 60 جزء تسمى الثواني القوسية.
أي أن الثانية القوسية الواحدة تشكل جزءاً من 3600 من الدرجة = 1 / 3600 من الدرجة.

وحدة قياس الكتلة – الكيلو غرام(kg)

الكيلو غرام هو أحد الوحدات الأساسية في النظام الدولي للوحدات، ويُرمز إليه (كغ) وهو وحدة قياس الكتلة.
ويقابله الباوند (lb) في النظام الإنجليزي للقياس
الباوند الواحد يساوي = 0.4536 من الكيلوغرام.
أي أن: 1 باوند = 0.4536 كيلوغرام
كما أن:1 كيلو غرام = 1000 غرام.
والنموذج المعياري الذي يُستخدم لمعايرة الكيلوغرام هو كتلة أسطوانة مُصمتة قطرها 39 ملي متر وارتفاعها 39 ملي متر وتتكون من 90% من البلاتين و10% من الإريديوم، ومحفوظة عند درجة صفر سيلزيوس مئوي موجودة في باريس وفي معهد المعايرة بمدينة بولدر في ولاية كولورادو بالولايات المتحدة الأمريكية.

وحدة قياس شدة التيار – الأمبير (A أو amp)

الأمبير (Ampere) هو وحدة قياس شدة التيار الكهربائي، والأمبير هو أحد وحدات القياس الأساسية السبعة في النظام المتري، أو النظام الدولي للوحدات SI، وقد أُختير اسم أمبير تخليداً لذكرى العالم الفيزيائي الفرنسي أندري ماري أمبير الذي درس التيار الكهربائي.
والأمبير هو شدة التيار الناتج عن مرور شحنة كهربائية مقدارها 1 كولوم خلال موصل في زمن قدره 1 ثانية.
أي أن:**1 أمبير = 1 كولوم / 1 ثانية**

وحدة قياس الحرارة – الكلفن Kelvin(K)

هو من وحدات القياس الأساسية السبعة المعتمدة في SI، ويُستخدم الكلفن لقياس درجة الحرارة ، وسُميت وحدة قياس درجة الحرارة بهذا الاسم نسبة إلى العالم الفيزيائي والمهندس البريطاني اللورد كلفن.

درجة الحرارة هي مؤشر على كمية الطاقة الحرارية التي يختزنها الجسم، كما أنها مؤشر على مدى حركة ذراته (التي تسببت بنشوء هذه الحرارة). وهناك علاقة رياضية تربط بين الطاقة الحركية لجزيئات أو ذرات أي جسم ودرجة حرارته الناتجة عن تلك الطاقة.

درجة الكلفن الواحدة تساوي درجة مئوية واحدة، أي أنه لا فرق في مقدار كل درجة بين مقياس الكلفن والمقياس المئوي، بل الفرق هو فقط درجة الصفر في كل من المقياسين. ودرجة الصفر في مقياس الكلفن تساوي على المقياس المئوي 273.16ْ- بالضبط.

أي أن: درجة الحرارة صفر درجة مئوية = 273.16 كلفن

ودرجة الحرارة 30 درجة مئوية = 273.16 + 30 = 303.16 كلفن.

التحويل من وإلى وحدات القياس المختلفة للحرارة

الكلفن وحدة قياس درجة الحرارة المُطلقة. وهو من وحدات القياس المعتمدة في SI.

الكلفن هو مقياس كثير الاستعمال في المجالات العلمية ويجب استخدامه إذا أردنا حساب نسب محددة من درجة الحرارة (أي نسب مئوية).

السيليزيةC° (درجة مئوية) هي وحدة القياس الرئيسية المعتمدة لقياس درجة الحرارة في الحياة اليومية في غالبية دول العالم.

الفهرنهايت F هو وحدة القياس المعتمدة لدرجة الحرارة في الولايات المتحدة الأمريكية.

وترتبط وحدة الكلفن مع وحدات القياس الأخرى للحرارة حسب العلاقات الرياضية التالية:

$$K = °C + 273.15$$
$$K = (°F + 459.67) / 1.8$$

وحدة قياس شدة الإضاءة – الشمعة

الشمعة هي وحدة قياس شدة الإضاءة (أو شدة الإنارة)، ومع التطور العلمي تم اعتماد الشمعة كأحد وحدات القياس الأساسية المستخدمة في النظام الدولي للوحدات، والمستخدم في قياس شدة الإضاءة أو شدة الإنارة.

وحدة قياس كمية المادة – المولMol

المول هو وحدة قياس كمية المادة في الكيمياء وهي من وحدات القياس الأساسية في النظام الدولي للوحدات وقد أتى المصطلح "مول" من اللغة الألمانية .

التعريف العلمي لوحدة قياس كمية المادة المول

يُعرف المول بأنه الكتلة الذرية أو الجزيئية للمادة مُعبَّراً عنها بالجرام. ويُحسب بالطرق الآتية:

بالنسبة إلى الكربون ذو الكتلة الذَّرية 12، فنقول أن 1 مول من الكربون هو 1*12 = 12 جرام.
وبشكل عام يمكن تعريف المول بأنه كمية المادة في نظام ما يحتوي على عدد من الجسيمات الأولية (مثل الذرات، والجزيئات).

المول و عدد أفوغادرو

عدد الجسيمات (عدد الذرات أو عدد الجزيئات) التي توجد في 1 مول تساوي عدد أفوغادرو وهو:

$$Avogadro = 6.022^{23}$$

سادساً : وحدات القياس المشتقة

أصبح من المعلوم لدينا أن النظام الدولي للوحدات SIيحدد مجموعة من سبع وحدات أساسية تُشتق منها جميع وحدات القياس الأخرى. وتكون وحدات القياس المشتقة هذه إما ذات أبعاد معينة (بمعنى أنها تُشتق من خلال ضرب وحدات القياس الأساسية في نفسها) بدون أن يكون لها أسماء خاصة، أو أنها يمكن التعبير عنها باستخدام علاقة رياضية تجمع واحد أو أكثر من وحدات القياس الأساسية بدون أن يكون لها أسماء خاصة أيضاً، أو أن يكون لها أسماء خاصة معرفّة في النظام الدولي للقياس.
على هذا الأساس فإن وحدات القياس المشتقة تُسمى الوحدات الدولية المشتقة، والتي تُعد بدورها وحدات نظامية وهي إما أن تكون:
وحدات القياس المشتقة التي ليس لها أسماء خاصة
وحدات القياس المشتقة التي لها أسماء خاصة، والمعرّفة في النظام الدولي للوحدات.
وفيما يلي شرحاً مفصلا لكل منها:

سابعاً: وحدات القياس المشتقة التي ليس لها أسماء خاصة

إن العديد من وحدات القياس المشتقة ليس لها أسماء خاصة، فعلى سبيل المثال وحدة قياس المساحة هي ($م^2$). أما وحدة قياس الكثافة فهي كغ / $م^3$.
من أمثلة وحدات القياس المشتقة التي ليس لها أسماء خاصة والتي تكون معرفة بدلالة وحدات القياس الأساسية: m^3 sec^2

1. وحدات قياس السرعة :m/sec
2. وحدات قياس المساحة m^2
3. وحدات قياس الحجم m^3
4. وحدات قياس الكثافة Kg/m^3
5. وحدات قياس التسارع أو التعجيلm/sec^2

ثامناً:وحدات القياس المشتقة المعرّفة في النظام الدولي

توجد وحدات قياس مشتقة تم تعريفها ومنحها أسماء خاصة في النظام الدولي للوحدات كما تم تحديد رموز مخصصة للدلالة عليها وبعض هذه الوحدات أخذت اسمها من أسماء الأشخاص الذين كان لهم دور في اكتشافها، من هذه الواحدات:

1) الشحنة الكهربائية – وحدة قياسها الكولوم
2) المقاومة الكهربائية – وحدة قياسها الأوم
3) الطاقة – وحدة قياسها الجول
4) القوة – وحدة قياسها النيوتن
5) فرق الجهد الكهربائي – وحدة قياسه الفولت
6) القدرة – وحدة قياسها = الوات
7) السعة الكهربائية – وحدة قياسها الفاراد
8) المجال المغناطيسي – وحدة قياسه التسلا
9) التدفق المغناطيسي – وحدة قياسه الويبر
10) المحاثة الكهرومغناطيسية – وحدة قياسها الهنري
11) التدفق الضوئي – وحدة قياسه لومن
12) شدة الضوء – وحدة قياسها لوكس
13) التردد – وحدة قياسه الهرتز
14) الضغط أو الإجهاد – وحدة قياسه باسكال
15) الزاوية النصف قطرية أو التقدير الدائري – وحدة قياسها راديان

1- وحدة قياس الشحنة الكهربائية – الكولوم

وحدة قياس الشحنة الكهربائية هي الكولوم C(Coulomb)، والكولوم هو مقدار الشحنة الكهربائية التي يحملها تيار مقداره أمبير واحد في ثانية واحدة.

1 كولوم = 1 أمبير × 1 ثانية

2- وحدة قياس المقاومة الكهربائية – الأوم

وحدة قياس المقاومة الكهربائية هي الأوم (Ω)، وسُميت بهذا الاسم نِسبة إلى الفيزيائي الألماني جورج أوم وهو أول من اكتشف العلاقة بين شدّة التيار الكهربائي وفرق الجهد الكهربائي.

الأوم = فرق الجهد ÷ شدة التيار

3- وحدة قياس الطاقة – الجول

وحدة قياس الطاقة في الفيزياء والكيمياء هي الجول (Joule)، وأُطلق عليها هذا الاسم تكريماً للعالم جيمس بريسكوت جول لاكتشافه العلاقة بين الشُغل المبذول والطاقة الناتجة عنه.

1 جول = 1 نيوتن × 1 متر

أو:1 جول = 1 واط × 1 ثانية

أو:1 جول = 1 كيلوجرام × متر^2 / ثانية^2

العلاقة بين الجول والسعرات الحرارية:

السعرات الحرارية هي وحدات الحرارة التي يجري استخدامها عند التعامل مع المحتوى الحراري للمواد الغذائية، ونجدها أحياناً مكتوبة على عبوات المواد الغذائية لكل 100 جرام.

العلاقة بين الجول و السعرات الحرارية :

1 سعرة حرارية (صغيرة) = 4.18 جول

4- وحدة قياس القوة – النيوتن

وحدة قياس القوة في النظام الدولي للوحدات هي النيوتن أو (Newton). وسُميت بهذا الاسم تخليداً للعالم إسحاق نيوتن، العالم الفيزيائي والرياضي الإنكليزي مُكتشف الجاذبية.

النيوتن هي مقدار القوة التي لو أثرت على كتلة كيلوغرام واحد لأكسبتها تسارع أو تعجيل مقداره 1 متر/ ثانية^2.

أي أن:1 نيوتن = 1 كيلوجرام × 1 متر ÷ ثانية ^{2}

وحدة نيوتن والضغط

تستخدم وحدة النيوتن في حساب مقدار الضغط والضغط الجوي، كما أن العلاقة بين النيوتن ووحدة قياس الضغط (الباسكال) تُحسب وفق المعادلة التالية:

1 باسكال = 1 نيوتن ÷ 1 متر مربع

بالتالي فإنه يمكن استنتاج أن:

1 ضغط جوي = 100,000 باسكال (تقريباً)

	نيوتن	كيلو غرام ثقلي	رطل–قوة
1 نيو تن	1 كجم·م/ث²	0.10197 كيلو غرام ثقلي	0.22481 رطل ق
1 داين	10^{-5} نيوتن	1.0197 كيلو غرام ثقلي	2.2481 رطل ق
1 كيلو غرام ثقلي	9.80665 نيوتن	$g_n \cdot$ (1 كجم)	2.2046 رطل ق
1 رطل قوة	4.448222 نيوتن	0.45359 كيلو غرام ثقلي	$g_n \cdot$ (1 lb)

5– وحدة قياس فرق الجهد الكهربائي – الفولت

وحدة قياس فرق الجهد الكهربائي أو القوة الكهربائية المُحركة أو التوتر الكهربائي هي الفولت (V). وقد سُميت بهذا الاسم تكريماً للعالم الإيطالي ألساندرو فولتا، مخترع البطارية الكهربائية عام 1800م.

أمثلة متنوعة من الحياة اليومية :

يمكن قياس الفولت بطرق مختلفة وعديدة، ولكن من أشهر وأبسط الأدوات هو الفولتميتر. وفيما يلي بعض القيم المعتادة لفرق الجهد في الحياة اليومية:

جهد الخلية العصبية في الجسم: حوالي 75 ميللي فولت

بطارية أحادية الخلية غير القابلة للشحن: 1.5 فولت (في حالة أنها جديدة ولم تستخدم).
بطارية أحادية الخلية قابلة للشحن: 1.2 فولت
النظام الكهربائي للسيارة: حوالي 12 فولت
النظام الكهربائي في المنازل:
اليابان 100 فولت
أمريكا الشمالية 120 فولت
أوروبا وأفريقيا وآسيا 220 فولت
الخطوط الهوائية للقطارات السريعة: 25 كيلو فولت و50 هرتز
خطوط نقل الكهرباء عالية الجهد: من 110 كيلو فولت فأكثر
البرق: يختلف كثيراً، ولكن في الغالب حوالي 100 ميجا فولت

6-وحدة قياس القدرة – الواط أو الوات

وحدة قياس القدرة هي الواط (Watt)، W، وسُميت بهذا الاسم نسبة للمهندس الاسكتلندي جيمس واط (1736-1819).

يُعَرَّف الواط بأنه وحدة قياس معدل نقل الطاقة أو تحويلها من صورة لأخرى.

معادلة حساب الوات: الوات = 1 جول لكل ثانية = 1 جول / ثانية

وتُستخدم وحدة الوات بكثرة في حساب القدرة الكهربائية

1 وات = 1 نيوتن × متر ÷ ثانية

1 وات = (1 كيلوجرام × متر ÷ ثانية ^{2}) × 1 متر

أي أن:1 وات = 1 كيلوجرام × متر ^{2} ÷ ثانية ^{2}

أمثلة توضيحية من الحياة اليومية على الوات

شخص كتلته تساوي 100 كجم يتسلق سلم ارتفاعه 3 أمتار في 5 ثوان يبذل شغل بمعدل يقارب 600 وات. (الكتلة) مضروبة في (التسارع الناتج عن الجاذبية) مضروبًا في (الارتفاع) مقسوماً على (الزمن) المستغرق في رفع الجسم إلى ارتفاع معين يعطي معدل بذل الشغل أو القدرة.

قواسم ومضاعفات الوات

الكيلو وات = 1,000 وات

وهي وحدة صغيرة تناسب الاستهلاك الكهربائي المنزلي.

ميغاوات = 1,000,000 وات (أو 1 مليون وات)

جيجاوات = 1,000,000,000 وات (أو 1 مليار وات)

وهي وحدات كبيرة تناسب محطات توليد الكهرباء.
تيرا وات = 1,000,000,000,000 وات (ألف مليار وات)
وهي الوحدة أكثر كبراً والتي تناسب إنتاج الدول من الطاقة الكهربائية.

التحويل بين وحدات قياس القدرة

الوات = 1 جول / الثانية
الوات = 0.0013404 حصان
والكيلو وات = 1.3404 حصان

7-وحدة قياس السعة الكهربائية – الفاراد

وحدة قياس السعة الكهربائية هي الفاراد، وهو أحد وحدات القياس المشتقة من وحدات القياس الأساسية في النظام الدولي للوحدات، وسُميت بهذا الاسم نسبة للعالم مايكل فاراداي.
يعرف الفاراد بأنه سِعة مكثف بين مستويين طولهما لا نهائي والبعد بينهما 1 متر وفرق الجهد بين طرفيه 1 فولت.

8-وحدة قياس المجال المغناطيسي – التسلا

وحدة قياس المجال المغناطيسي هي تسلا (Tesla)، والتي كانت تُسمى سابقاً الحَث الكهرومغناطيسي، وقد أُختير لها هذا الاسم تكريماً للعالم نيكولا تسلا.
والتسلا الواحدة = 1 ويبر لكل متر مربع.

معادلات حساب مقدار التسلا بدلالة وحدات القياس المشتقة الأخرى

يمكن التعبير عن وحدة قياس المجال المغناطيسي (Tesla) باستخدام أحد المعادلات الرياضية التالية:
1 تسلا = 1 ويبر ÷ متر ^{2}
أو 1 تسلا = 1 (فولت × ثانية) ÷ متر ^{2}
أو: 1 تسلا = 1 نيوتن ÷ (أمبير × متر)
أو: 1 تسلا = 1 كيلوجرام ÷ (أمبير × ثانية^2)
أو: 1 تسلا = 1 كيلوجرام ÷ (كولوم × ثانية)

9- وحدة قياس التدفق المغناطيسي – الويبر

وحدة قياس التدفق المغناطيسي هي ويبر أو (Weber)، وتُلفظ أحياناً فيبر حسب اللفظ الألماني، وقد تم تسميتها بهذا الاسم على اسم العالم الألماني فلهيلم إدوارد فيبر.

التعريف العلمي للويبر

يُعرف الويبر بأنه قيمة التدفق المغناطيسي عندما يخترق مجال مغناطيسي شدته 1 تسلا عمودياً سطح ما مساحته 1 متر مربع.

ومن التعريف يمكن استنتاج معادلة حساب الويبر بدلالة وحدات القياس المستخدمة في التعريف كما يلي:

1 ويبر = 1 تسلا × 1 متر^2

10- وحدة قياس التحريض الكهرومغناطيسي – الهنري

وحدة قياس التحريض هي الهنري، وسميت بهذا الاسم نسبة إلى العالم الأمريكي جوزيف هنري مكتشف ظاهرة الحث (التحريض) الكهرومغناطيسي.

النفاذية الكهرومغناطيسية للفراغ = $104\times\pi^{-7}$ H/m هنري لكل متر.

11- وحدة قياس التدفق الضوئي – اللومن

وحدة قياس التدفق الضوئي هي لومن، ويرمز لها بالرمز (lm).

العلاقة الرياضية المستخدمة في حساب اللومن:

1 لومن = 1 شمعة × 1 ستراديان

أو: **cd × sr = lm**

تُقاس كمية الضوء بوحدة لومن/ وات، وتُشكل وسيلة لمقارنة اقتصادية أنواع اللمبات المختلفة، أي كلفة التيار الكهربائي المارة في لمبة وما تُنتجه اللمبة من شدة إضاءة.

12- وحدة قياس شدة الضوء – اللوكس أو الشمعة

وحدة قياس شدة الضوء هي اللوكْس أو الشمعة المعيارية، ويُرمز لها بالرمز (Lux)، وهي تُكافئ 1 مللي وات/ متر مربع.

أي أن: 1 لوكس = 1 مللي وات ÷ 1 متر^2

أو: 1 لوكس = 1 وات ÷ (1000 × متر^2)

13- وحدة قياس التردد – الهرتز

وحدة قياس التردد هي الهرتز (Hz). يعرّف بأنه دورة لكل ثانية. وسمي الهرتز باسم العالم الألماني هاينريش هيرتز (1857–1894) والذي كان أول شخص يثبت وجود الأمواج الكهرومغناطيسية، والذي أسهم بشكل كبير في دراسات الكهرومغناطيسية.

وغالباً ما يعبر عن الهرتز بمضاعفاته، وهي كما يلي:

كيلو هرتز (10^3 هرتز)

ميغا هرتز (10^6 هرتز)

غيغا هرتز (10^9 هرتز)
تيرا هرتز (10^{12} هرتز)

التعريف العلمي للهرتز

الهرتز وحدة قياس مشتقة من وحدة قياس الزمن الأساسية التي هي الثانية، ومن تعريف الهرتز، يتضح قيمته هي معكوس قيمة الثانية، أي أن:

1 هرتز = 1 ÷ ثانية

وبشكل عام يتم تعريف الهرتز على أنه: عدد تكرار أو تردد ظاهرة دورية خلال ثانية واحدة، ومنه فإن 1 هرتز يعني تكرر الظاهرة مرة واحدة خلال ثانية و1000 هرتز تكرر الظاهرة ألف مرة خلال ثانية واحدة.

14- وحدة قياس الضغط أو الإجهاد – الباسكال

وحدة قياس الضغط أو الإجهاد هي باسكال (Pascal)، ويرمز لها بالرمز Pa ، وتستخدم لقياس الضغط أو الإجهاد، وكذلك معامل يونغ ومقاومة الشد.

أخذت وحدة قياس الضغط اسمها من عالم الرياضيات والفيزياء الفرنسي باسكال (Pascal).

الباسكال هو وحدة قياس القوة العمودية على وحدة المساحة، أي أن الباسكال الواحد يساوي نيوتن واحد على المتر المربع N/m^2

معادلة حساب مقدار الباسكال :

1 باسكال = 1 نيوتن ÷ 1 متر مربع

والباسكال هي وحدة صغيرة جدًا لقياس الضغط، حيث أن:

1 ضغط جوي (بار) تعادل نحو 100,000 باسكال.

وبالتالي 1 مليون باسكال تعادل 10 ضغط جوي أو 10 بار.

ويمكن تعيين الضغط الجوي بالباسكال عن طريق المعادلة التالية:

الضغط = القوة ÷ المساحة

فإذا كانت الوحدات المُستخدمة في المعادلة كما يلي:

وحدة قياس القوة المؤثرة F = نيوتن

وحدة قياس المساحة A = متر مربع = متر ^{2}

وبالتالي يكون:

وحدة قياس الضغط أو الإجهاد = باسكال = نيوتن / متر ^{2}

حيث:

1 باسكال ≡ 1 نيوتن/م^2 ≡ 1 جول/م^3 ≡ 1 كجم/(م^1.ثانية^2) ≡ 10^{-5} بار ≡ 10.197×10^{-6} ضغط جوي ≡ 9.8692×10^{-6} ضغط جوي تقني.

15- وحدة قياس الزاوية النصف قطرية أو التقدير الدائري – الراديان

الزاوية النصف قطرية أو الراديان أو التقدير الدائري هي وحدة قياس للزوايا المستوية وهي الوحدة الرسمية المعتمدة ضمن النظام الدولي للوحدات والمستخدمة في الرياضيات والفيزياء، وتعرف بأنها الزاوية المركزية المتموضعة على مركز الدائرة والتي تحدد قوساً طوله مساوٍ لنصف قطر الدائرة.

ويعادل الراديان الواحد pi\180 درجات، حيث أن:

π= 3.14159 تقريباً

أي أن: الراديان = 57.29578 درجة.

الراديان كمية لا بُعدية، بعكس الثانية أو المتر، فهو مجرّد عدد. لذا فإنّ تدوين كلمة راديان أو rad هو للإيضاح فقط ويجب ألاّ يُفهم منه أنّ له مفهومًا فيزيائياً.

التعريف العلمي للراديان

يُعرّف الراديان الواحد على أنّه الزاوية المركزيّة في الدائرة التي تقابل قوساً طوله مساوٍ لطول نصف قطر الدائرة.

.....نهاية الفصل الأول.....

الفصل الثاني
مميزات أداء أنظمة القياس

- تعد انظمة القياس (مقاييس الأطوال / درجات الحرارة/ الضغط / السرعة...) من التجهيزات الواجب توفرها في أية منشأة صناعية.

يتجه التطور التقني حالياً نحو استخدام أنظمة القياس التي يمكنها أن تقوم بوظائف أكثر من كونها جهاز قياس بسيط.

مثال: يمكن لجهاز قياس متطور مركّب على آلة تشغيل أن يسهّل عمل العامل وإلغاء الحاجة لوجود أجهزة القياس اليدوية، ووجود منظومات تحكم متكاملة يمكن أن يخفف من ضرورة التواجد الكامل للعامل أمام الآلة.

في بعض المنشآت كمحطات توليد الطاقة يمكن ربط أنظمة قياس متغيرات مختلفة بلوحات تسجيل وتحكم مركبة في غرفة مراقبة مركزية.

2-1 عناصر نظام القياس:

يتكون أي نظام قياس من ثلاثة عناصر رئيسية:

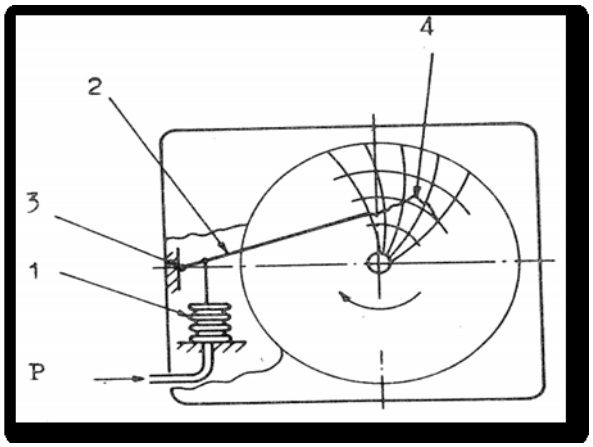
أ- **عنصر تحسس:** يتحسس المقدار المراد قياسه فيعطي اشارة معينة.

ب- **عنصر تهيئة وتكييف الاشارة:** غالباً ماتكون الإشارة الناتجة من عنصر التحسس صغيرة جداً ولابد من تضخيمها الاشارة لنتمكن من نقلها، أو يمكن أن تكون طبيعة الإشارة غير ملائمة لنقلها لبقية الأجزاء لذا لابد من تكييف الإشارة وتغييرها إلى الشكل المناسب.

ج- **عنصر الخرج:** الغاية من استخدام جهاز أو نظام قياس هي تأدية وظيفة معينة لذلك يقوم الخرج بإعطاء الكمية المقاسة ويمكن أن يكون مؤشر (ساعة) أو شريط تسجيل أو عداد رقمي أو شريط مغناطيسي أو مخطط بياني ...

- **ملاحظة:** من الممكن أن يكون المطلوب من إشارة الخرج تشغيل وسيلة إنذار ما للدلالة على أن القيم المقاسة بلغت مستويات غير مقبولة.

يوضح الشكل (1) مثالاً لجهاز قياس بسيط يشمل العناصر الثلاثة المذكورة ويستخدم عادة في تسجيل ضغط الغاز، حيث (1) عنصر التحسس وعبارة عن وصلة مرنة منفاخيه تتحسس الضغط (P) وتحوله إلى حركة عند نهايتها الحرة، و(2) ذراع يقوم بتضخيم مقدار الإزاحة، و(3) محور ثابت.



الشكل (1)

2-2 اسس اختيار نظام قياس مثالي:

يجب على نظام القياس المثالي أن يحقق الشروط الآتية:

1. علاقة خطية بين الدخل والخرج
2. عدم وجود اخطاء ناتجة من مؤشرات تصميمية كالاحتكاك
3. أن يكون الخرج قادراً على تتبع تغيرات الدخل بدقة كيفما كان شكل هذه التغيرات
4. مجال الدقة المطلوب تحقيقها ومدى تأثرها بالشروط المحيطة من درجة حرارة ورطوبة ...
5. مدى الانسجام بين قياسات متكررة للكمية نفسها.
6. ملاءمة حساسية ومجال الجهاز للعمل المطلوب

يمكن تحديد مميزات عمل نظام قياس من خلال أدائه في حالتي الأداء الستاتيكي والأداء الديناميكي.

- **الأداء الستاتيكي:** تكون اشارات الدخل مستقرة أو ثابتة وتتم مقارنة النتائج مع الحالة المثالية، وتؤدي دراسة الأداء الستاتيكي لتحديد مميزات الأداء عند قياس كمية ثابتة أو مستقرة لا تتغير مع الزمن وهذه الخصائص هي:

  - **الدقة:** (مدى اقتراب القراءة من القيمة الحقيقية المقاسة)
  - **الخطأ:** (هو الفرق بين القيمة الحقيقية وقيمة القراءة (المقاسة) وهو التعبير العملي للدقة)

كما أنه لا يمكن معرفة القيمة الحقيقية للقيمة المقاسة لذلك لا يمكن معرفة الدقة الحقيقية للجهاز لذلك تتم معايرته بمقارنة قراءته مع جهاز ذو دقة عالية يسمى المعيار. ويمكن التعبير عن دقة الجهاز (حدود الخطأ فيه) بأشكال متعددة:

1. **نسبة مئوية من مجال القياس الكلي:** مثلاً:F.S.D Fuul Scale Deflection % 5± أي أن الجهاز دقيق بهذه النسبة من مجال المقياس الكلي ، وهذه القيمة للدقة تكون صحيحة في القياسات العالية بالنسبة لمجال القياس ولكنها مضلّلة في القياسات المنخفضة بالنسبة لمجال القياس).
2. **نسبة مئوية من القيمة الحقيقية للكمية المقاسة:** تكون الدقة صحيحة في القياسات المنخفضة بالنسبة للمجال ولكنها مضللة في القياسات العالية لمجال القياس.
3. **نسبة مئوية عند نقطة أو نقاط ثابتة (الدقة النقطية)** .

مثلاً إعطاء دقة جهاز قياس الحرارة العالية (بيرومتر) Pyrometer عند نقاط ثابتة على المقياس العملي لدرجات الحرارة كنقاط انصهار وغليان مختلف المواد التي تقع ضمن مجال مقياس البيرومتر.

ملاحظات :

إذا كان لدينا سلسلة من الأجهزة وكانت حدود الخطأ لها على التوالي a%, ±b%, ±c% فإن الخطأ الاعظمي الممكن ±(a+b+c)%

إلا أن حدوث الخطأ الاعظمي لكافة الاجزاء في آن واحد فرضية بعيدة لذلك يعبر غالباً عن دقة المجموعة بالعلاقة:

$$\pm\sqrt{a^2+b^2+c^2}$$

2-3-2 أنواع الأخطاء:

ماتم ذكره سابقاً عن الأخطاء هي أخطاء تصميمية متأصلة في الجهاز ولكن هناك أخطاء بسبب عوامل أخرى استثمارية منها:

أ- **أخطاء استعمال وتشغيل** وينتج عن عدة أسباب مثل:

- ✓ وضع أو تركيب جهاز القياس بشكل يؤدي إلى عدم تحسس القيمة الصحيحة للكمية المقاسة
- ✓ قراءة غير صحيحة من قبل الفني للقيمة المبينة على مقياس الجهاز
- ✓ بسبب سماكة مؤشر القياس..

ب- **اخطاء بيئية** ناتجة عن تغير درجة الحرارة أو الضغط أو الرطوبة أو الاهتزازات ، ويمكن إزالتها بتركيب وسائل تصحيح.

ت- **اخطاء ديناميكية:** وهي أخطاء عابرة تنتج عن عدم افساح المجال لكي يتحسس الجهاز القيمة الفعلية المقاسة (وضع مقياس حرارة وعدم انتظاره فترة كافية حتى يصل للاستقرار)

2-3-3 تصنيف وحساب الأخطاء:

1-أخطاء رتيبة: وهي أخطاء ثابتة بالقيمة وبالإشارة لأي قراءة مثل انحراف صفر المقياس، أخطاء استعمال وتشغيل وأخطاء تصميمية ...ويتم تحديد هذه الأخطاء الرتيبة في جهاز ما بمعايرته بالنسبة إلى معيار معتمد.

تحدّد القيمة المعيارية المصححة x_c للكمية المقاسة بالمعادلة :

$$X_c=X_a-\Delta x$$

Xc: القيمة المعيارية المصححة

Xa: القيمة المقاسة (قراءة المقياس)

Δx: محصلة الاخطاء الرتيبة عند هذه القراءة

قاعدة الانتشار الخطي للخطأ:

إذا كانت y تابع لمتغيرات مستقلة $y=f(x_1,x_2,.....x_m)$

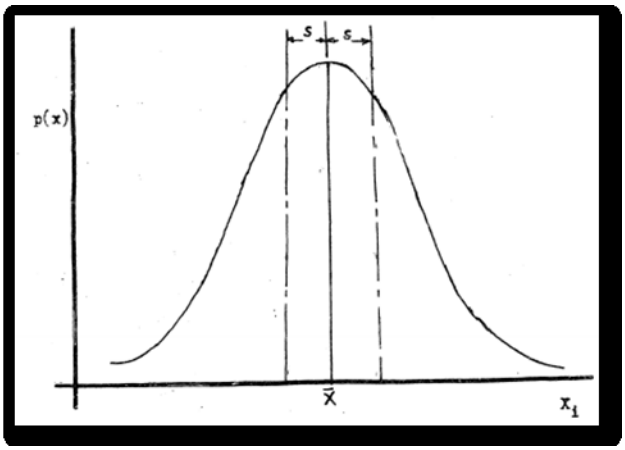
Δy محصلة الأخطاء الرتيبة

Δx_i الأخطاء الرتيبة في قياس الكمية x_i

$$\Delta y=\sum_{i=1}\frac{\partial f}{\partial x_i}\Delta x_i$$

2- أخطاء عشوائية: أخطاء غير ثابتة القيمة أو الإشارة ولايمكن حسابها وهي تنتج عن الأمور البيئية(اهتزازات احتكاك أخطاء بصرية ...)، وتؤدي إلى الحصول على قيم مختلفة لكمية واحدة يتم قياسها بذات الطريقة وبالجهاز نفسه، ويتم تجنبها بتكرار القياس وأخذ سلسلة من القراءات $(x_{1,x2,x3},...)$وأخذ المتوسط الحسابي:

$$x = 1/n \sum_{i=1}^{n} Xi$$



يتبين لنا من المنحني الممثل لاحتمالات تواتر القراءات أنه بشكل عام ذو توزيع قياسي أو غاوس Gaussian متناظر حول القيمة الوسطية.

ومنه يحدد مقدار الانحراف المعياري من المعادلة :

$$S = \left[\frac{1}{n-1} * \sum (Xi\text{-}\overline{X})^2 \right]^{0.5}$$

نتيجة هامة:

يتبين لنا مما سبق أن دقة الجهاز نفسه تتأثر فقط بالأخطاء الرتيبة ، بينما تتأثر دقة القراءة النهائية الناتجة عن عملية القياس بالأخطاء الرتيبة والعرضية كافة.

2-3-4 المعايرة Calibration

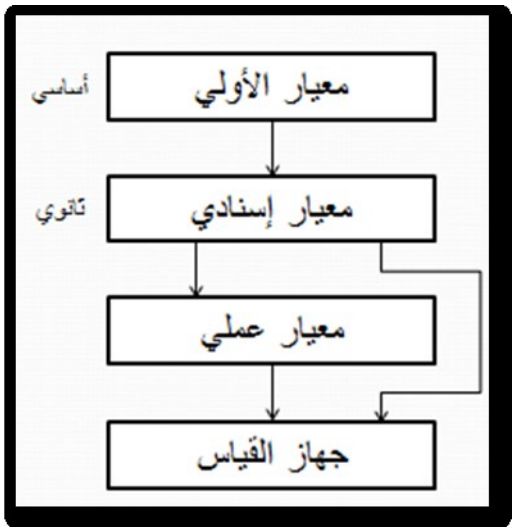
الوظيفة الأساسية لجهاز القياس هو بيان قيمة الكمية المقاسة على مقياس معاير، حيث ترتبط دقة هذا المقياس بشكل وثيق بمعايير القياس وبوسائل تنفيذ هذه المعايرة.

المعيار الأولي/الأساسي: هو معيار موجود في المكتب الدولي للأوزان والمقاييس وتحفظ نسخة منه في المكاتب والمعاهد القومية للعيارات وتدعى بالمعيار الإسنادي

يعاير جهاز القياس بالنسبة لمعيار عملي أو مباشرة بالنسبة لمعيار اسنادي يكون معاير بدوره بالنسبة لمعيار أولي.

مع أن كل من هذه النسخ لا تساوي بالضبط قيمة النموذج الاساسي (الكتلة مثلاً) إلا أن التباين معروف ومحدد بدقة عالية وتسمى هذه النسخ المعايير الثانوية

يبين الشكل مفهوم انسجامية التتابع وأهمية التسلسل في مستويات الدقة لجهاز قياس ميكروميتر خارجي حيث يمكن معايرته بمعيار عملي أو اسنادي مباشرة حيث المعيار الاسنادي معاير بدوره بالنسبة إلى معيار أساسي(أولي).



2-3-5 تكرارية القراءة والاستقرار:

تكرارية القراءة: هي مدى انسجام القراءات فيما بينها لكمية ثابتة عند تكرار قياسها عدة مرات إما لفترات قصيرة (عدالة الجهاز) أو لفترات متباعدة (أمانة الجهاز) وذلك عند قياس كمية ثابتة من قبل الفني ذاته تحت شروط استعمال ثابتة من ضغط ودرجة حرارة.

ملاحظات هامة:

1- **الدقة العالية للجهاز دليل على تكرارية عالية له ولكن العكس غير صحيح، بمعنى الانسجام الجيد لايعني بالضرورة دقة عالية، إلا أن الانسجام السيء هو حتماً دلالة على دقة متدنية للجهاز.**

انسجام التكرارية ≠ دقة الجهاز

2-إن الغاية الرئيسية من دارة التحكم هي الحفاظ على قيمة المتغير المتحكم به نتيجة إشارة متكررة خلال فترة زمنية قصيرة وتحت شروط عمل ثابتة، وبالتالي فإن عدم قدرة الأجهزة المستعملة على تحقيق انسجام جيد بين قياسات متتالية يؤدي إلى إخفاق دارة التحكم في القيام بالعمل الذي صمّمت من أجله.

3- **الاستقرار الاستاتيكي للقراءة:** هي مقدرة الجهاز على الحفاظ على قراءة معينة لكمية ثابتة عبر فترة زمنية طويلة نسبياً بالمقارنة مع الفترة اللازمة للقياس، بينما خاصية الانتظام فهي قدرة الجهاز على الحفاظ على قراءة معينة لكمية ثابتة تحت شروط عمل متغيرة.

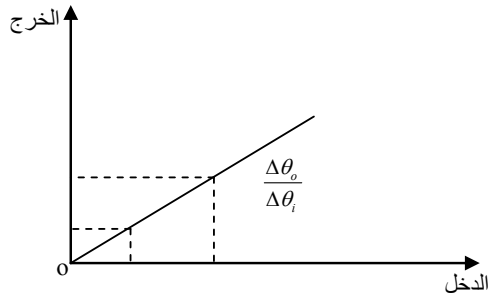
2-3-6 التمييز- الحساسية - المجال:

التمييز: هو أقل تغير في الكمية المقاسة يمكن لنظام القياس أن يتحسّسها(أصغر كمية لإشارة الدخل يمكن أن يتحسّسها الخرج)ويعطي تغير خرج لها تكون عادة 5/1 من تدريجة المقياس، إذا كان نظام القياس جهاز رقمي فإن التمييز هو أصغر رقم يسجله المبين (أقل خانة)، ويجب أن تكون أحسن دقة يمكن الحصول عليها أقل من التمييز .

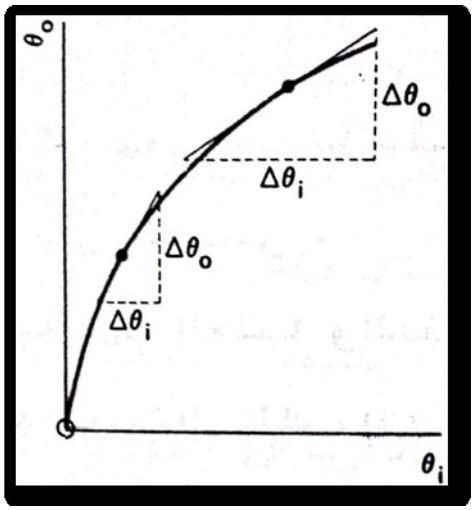
الحساسية : نسبة التغير في الخرج إلى التغير الموافق في الدخل في الحالة المستقرة $\Delta\theta_o/\Delta\theta_i$. ويستعمل مفهوم الحساسية في الأجهزة الخطية التي تكون فيها واحدات قياس الخرج مختلفة عن واحدات قياس الدخل :

$$K= \Delta\theta_o /\Delta\theta_i$$

إذا كانت الواحدات متماثلة (الخرج والدخل من نفس الطبيعة) يستبدل مفهوم الحساسية بمفهوم الكسب وتكون العلاقة بين الدخل والخرج ثابتة (كسب ثابت)



إذا كانت العلاقة بين الدخل والخرج غير خطية، تتغير الحساسية ويمكن تحديدها عند كل قيمة إما من علاقة تابع التحويل أو بيانياً.



مجال الجهاز: نسبة أعظم قراءة للمقياس إلى أصغر قراءة، ويكون عندها الخطأ أقل من القيمة المحددة

2-4 الأداء الديناميكي

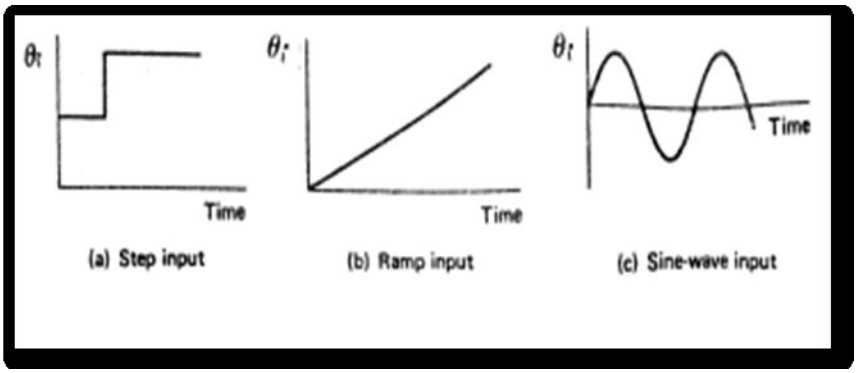
الأداء الديناميكي : تظهر أهمية مميزات الأداء الديناميكي بشكل خاص في أجهزة أو دارات القياس ذات الطبيعة المتغيرة باستمرار كدارة قياس الاهتزازات.

يحدد الأداء الديناميكي لأنظمة القياس والتحكم بأنماط استجابتها إلى توابع اختبارية لتغير إشارة الدخل (اشارات دخل قياسية) متفق عليها من قبل معظم المعايير العالمية وهي:

1. **تابع القفزة أو الخطوة step function**
2. **تابع الميل الثابت (الصعود) Ramp function**
3. **الإشارة الجيبية أو توافقية sinusoidal change**

1-تابع القفزة step function:

يتغير الدخل بشكل مفاجئ من قيمة مستقرة إلى قيمة أخرى، ويبين مدى قدرة جملة القياس في تتبع التغير ويعطي الاستجابة العابرة للمنظومة، وهو أكثر توابع إشارات الاختبار المستخدمة في التطبيق العملي.



2- **تابع الميل الثابت أو الصعود Ramp function** : يتغير الدخل خطياً مع الزمن.

3- **تابع جيبي أو توافقي sine –wave input** يتغير الدخل دورياً .

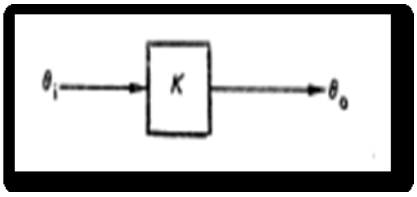
تصنف أنظمة القياس عند دراسة أدائها الديناميكي وفق رتبة المعادلة التفاضلية الممثلة لأدائها ، أي أن تابع التحويل يبين النسبة بين الخرج والدخل، وهنا نميّز :

1- أنظمة من الرتبة صفر: مقياس مثالي خرجه يتناسب خطياً مع دخله:

$$\theta o = K.\theta i$$

Kحساسية النظام.

وهذه معادلة من الرتبة صفر لا تحوي حدود تفاضلية:



2- أنظمة من الرتبة الأولى: ويمثل بالمعادلة التفاضلية من الشكل:

$$a.\frac{d\theta o}{dt} + b.\theta o = c.\theta i$$

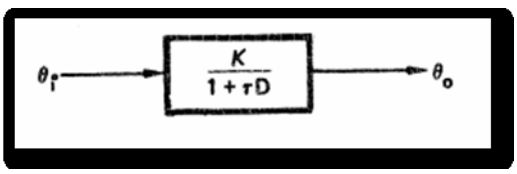
a,b,c ثوابت

يمكن ترتيب المعادلة بحيث تصبح على الشكل :

$$\frac{\theta o}{\theta i} = \frac{K}{1 + \tau.D}$$

K=c/b الحساسية الاستاتيكية.

a/b الثابت الزمني τ بالثانية sec وكلما صغر كان أفضل لزيادة سرعة القراءة وجودة أفضل.



من أمثلة أنظمة المرتبة الأولى: الترموميتر الزئبقي / مقاييس الضغط / الحواكم الهيدروليكية من أسطوانة ومكبس...

3- أنظمة من الرتبة الثانية: وتمثلها المعادلة التفاضلية..

$$a.\frac{d^2\theta o}{dt^2}+b.\frac{d\theta o}{dt}+c.\theta o=e.\theta i$$

a,b,c,e ثوابت

بترتيب المعادلة :

$$\frac{\theta_o}{\theta_i}=\frac{K}{(\frac{1}{w_n^2}).D^2+(\frac{2\xi}{w_n}).D+1}$$

$K=\frac{e}{c}$	الحساسية الاستاتيكية
$\omega_n=\sqrt{\frac{c}{a}}$	التردد (التواتر) الطبيعي للاهتزازات الحرة غير المتخامدة rad/sec
$\xi=\frac{b}{\sqrt{4.a.c}}$	نسبة التخامد

من أنظمة الرتبة الثانية: جملة نابض وكتلة مع وجود تخامد ، عناصر تحسس كهرواجهادية (بيزوميترية).

خصائص الأداء الديناميكي:

الخصائص الأساسية التي تحدد أداء أجهزة القياس تحت شروط إشارات دخل متغيرة وبالتالي تساعد في المقارنة فيما بينها.

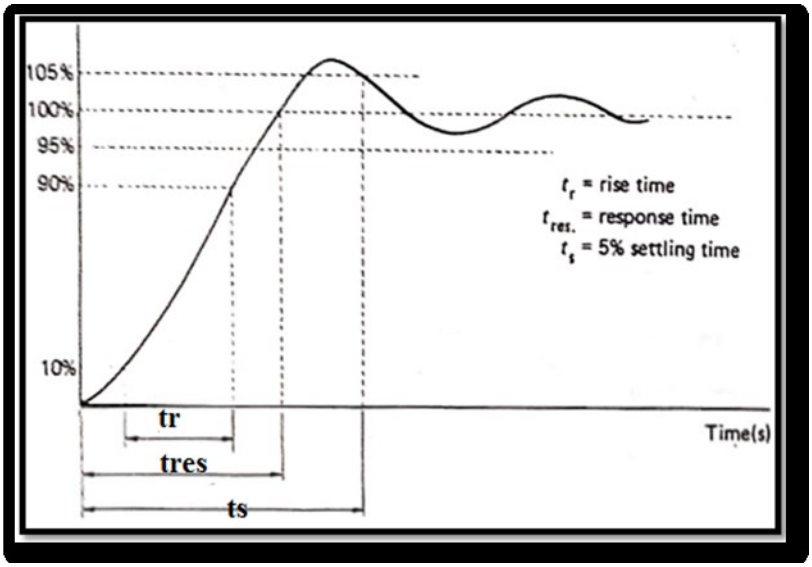
- تستعمل عادة ثلاث مميزات لتوصيف الاستجابة **لتابع الخطوة** وهي:

1- زمن الاستجابة (t_{res}) هو الزمن اللازم ليصل فيه الخرج من 0% إلى أول نقطة تقاطع مع 100% من القيمة النهائية في الحالة المستقرة.

2- زمن الارتفاع (t_r) وهو الزمن اللازم لارتفاع الخرج من 10% إلى 90% من القيمة النهائية في الحالة المستقرة.

3- زمن الاستقرار أو التوقف (t_s):

هو الزمن اللازم لوصول الخرج إلى، والبقاء ضمن، نطاق تسامح محدد بنسبة مئوية ±5% من القيمة النهائية في الحالة المستقرة .



.....نهاية الفصل الثاني.....

.....

.....

الفصل الثالث

عناصر تحسس الإشارات

3-1 محولات الطاقة Transducers

يوجد في كل جهاز قياس عنصر أولي يتحسس المتغير المراد قياسه ويعطي إشارة تمثل قيمة هذا المتغير مع تحويل في الطبيعة الفيزيائية للكمية المقاسة أو نوعها أو طاقتها وبالتالي فإن محول الطاقة هو أي عنصر يأخذ إشارة ذات طبيعة فيزيائية معينة ويحولها إلى إشارة خرج من طبيعة أخرى ترتبط بالدخل بتابع ما.

تصنف محولات الطاقة إلى نوعين رئيسيين:

1- كهربائية : كهرحرارية – كهرضوئية – كهراجهادية – تحريضية – سعوية ..

2- ميكانيكية: ضغط – حرارة – قوة – ازاحة...

3-2 خصائص محول الطاقة المثالي:

1- وجود أقل تغير في شكل الكمية الناتجة منه بالمقارنة مع الكمية المقاسة.

2- أقل تداخل مع الكمية المقاسة (وجوده لا يؤثر على قيمة الكمية المقاسة).

3- ذو حجم ملائم (يتناسب مع المكان المخصص له ضمن جهاز القياس).

4- أن يحقق علاقة خطية بين إشارة الدخل وإشارة الخرج.

5- لا يتأثر بالتغيرات الخارجية (درجة حرارة، ضغط، اهتزاز...)

6- ذو تردد طبيعي بعيد نسبياً عن تردد وتوافقيات الكمية المقاسة.

3-3 محولات الطاقة الكهربائية:

وتقسم هذه المحولات إلى:

1- محولات ذات تغذية خارجية (ذات المقاومة/ سعوية/ تحريضية/تحريضية تبادلية

2- محولات ذاتية التوليد:(كهرمغناطيسية /كهرحرارية / كهرضوئية / كهروإجهادية).

I -محولات الطاقة ذات المقاومة :

1- مقسم الجهد (البوتانسيومتر) Potentiometer: يستعمل في القياسات التي يحدث فيها تغير كبير في المقاومة، وهناك علاقة خطية بين جهد الخرج وإزاحة المنزلقة (غير محمّل)

$$V = IR_T \Rightarrow \quad I = \frac{V}{R_T} \quad , \quad V_o = IR_i$$

$$V_o = V\,\frac{R_i}{R_T} \Rightarrow \quad V_o = V\,\frac{x_i}{x_T}$$

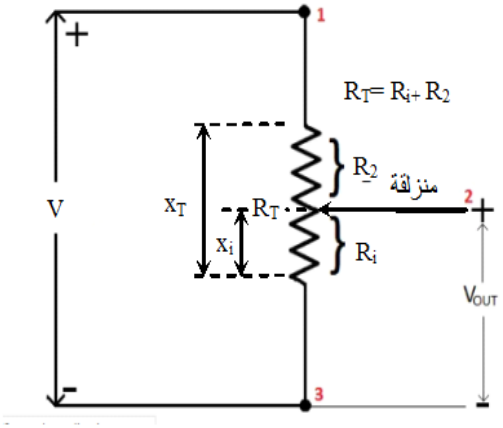
X_i: إزاحة المنزلقة المكافئة لإشارة الدخل

X_T: إزاحة المنزلقة الكلية

R_T: مقاومة مقسم الجهد الكلية

V: الجهد المؤثر على المقسم

V_o: جهد خرج المقسم



2- مقاييس الانفعال : وسيلة لقياس التغير البعدي ضمن أو على سطح قطعة تخضع لتأثيرات ميكانيكية أو حرارية.
مقاييس الانفعال ذات المقاومة: يستعمل في القياسات التي يحدث فيها تغير ضئيل في المقاومة.

- معامل المقياس يساوي الانفعال الميكانيكي/ الانفعال الكهربائي

$$K = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L} \quad , \quad \varepsilon = \Delta L/L \quad , \quad \sigma = E \cdot \varepsilon$$

تمتاز بـ:

- دقة عالية
- سرعة استجابة مرتفعة
- جيدة الخطية والاستقرار
- صغيرة الحجم

3-4- مقاييس درجة الحرارة ذات المقاومة ولها نوعان:

أ- **المقاييس المعدنية (الترمومترات):** تعتمد على الخصائص الكهرحرارية لبعض المعادن النقية، وتمتاز بدقتها العالية، وتكون علاقة المقاومة مع درجة الحرارة على الشكل:

$$R_T = R\left[1 + aT + bT^2 + cT^3 + \ldots\right]$$

حيث:

- R_T : المقاومة الكهربائية عند درجة الحرارة T
- R : المقاومة الكهربائية عند درجة الحرارة الاسنادية عادة صفر مئوية.
- a,b,c ثوابت حسب المعدن وعند درجة حرارة أقل من 550 °C

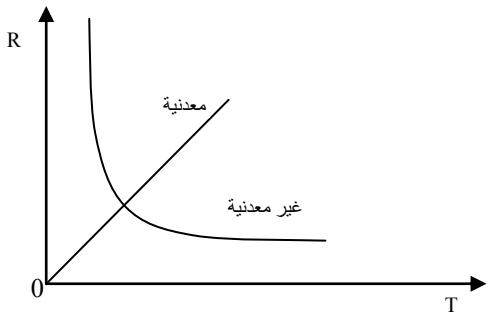
يكتفى عادة بالجزء الخطي من المعادلة أي:

$$R_T = R(1 + a.T)$$

ب- المقاييس غير المعدنية (الثرموستورات)Thermistors

وتعتمد على الخصائص الكهرحرارية لخلائط نصف ناقلة، حيث تقل مقاومتها مع زيادة درجة الحرارة، وتمتاز بحساسيتها العالية وتحمل جيد للإجهادات الميكانيكية والكهربائية واستجابتها السريعة لتغيرات درجة الحرارة.

$$R_T = \mathrm{R} \cdot \mathrm{e}^{b/T}$$



3-5 محولات الطاقة السعوية:

تقاس سعة المكثف ذو الصفيحتين الموازيتين بالفاراد [F] وتعطى بالعلاقة :

$$C = \varepsilon_o \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

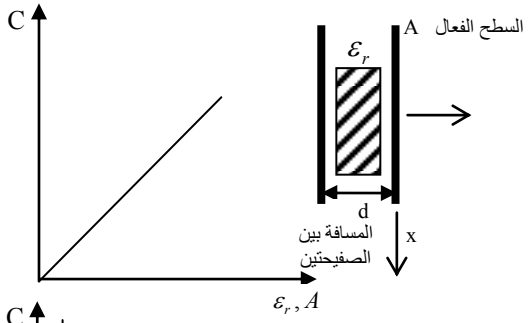
حيث:

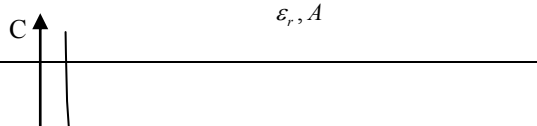
ε_o - سماحية الفراغ الحر $(8.854.10^{-12})$

ε_r - السماحية النسبية

A -مساحة التداخل بين لبوسي المكثف

d-المسافة بين اللبوسين





3-6 محولات الطاقة التحريضية:

- المميزات:

1. ذات تمييز لا نهائي
2. ذات دقة عالية بحدود (±0,1%) من المجال الكلي
3. ذات حياة عمل طويلة لانعدام عناصر الاحتكاك فيها
4. تتحمل تغيرات سريعة في درجات الحرارة
5. ذات علاقة خطية جيدة
6. ذات استجابة سريعة

3-7 محولات الطاقة ذاتية التوليد:

1) محولات الطاقة الكهرطيسية: تعتمد على مبدأ Faraday وهو نشوء جهد على طرفي وشيعة تتحرك ضمن مجال مغناطيسي، وتعطى قيمة جهد الخرج في حال الوشيعة بالعلاقة:

$$V_0 = -N\frac{d\phi}{dt} \quad \left[\frac{Wb}{s}\right]$$

V_O الخرج على طرفي الوشيعة

$\frac{d\phi}{dt}$ معدل تغير التدفق أو الفيض المغناطيسي

من أهم هذه المحولات التاكو متر لقياس السرعة الدورانية، ومن ميزات هذه المحولات:

1. يتناسب جهد الخرج مع سرعة إشارة الدخل بشكل خطي على مجال واسع
2. ذات جهد خرج مرتفع عادة فلا حاجة لتضخيم الإشارة
3. ذات مجال واسع للسرعات التي تتحسسها تصل إلى 1000rpm

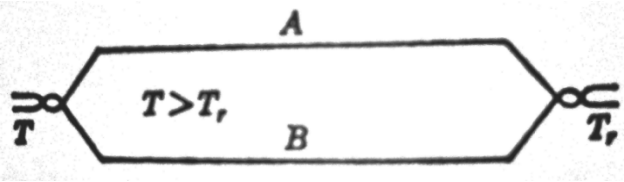
2- محولات الطاقة الكهرحرارية: تسمى العناصر التي تتحسس درجة الحرارة المزدوجات الحرارية ، وتتألف المزدوجة الحرارية من سلكين معدنين مختلفين A,B موصولين مع بعضهما وتوضع نهايتاهما في درجتي حرارة مختلفتين حيث يمر في المزدوجة تيار كهربائي يمكن قياسه بواسطة الغلفانوميتر

$$V = a[T - T_r] + b[T - T_r]^2$$

- (a،b) ثوابت حسب المعدنين Tr درجة حرارة الاسناد،
- T درجة الحرارة المقاسة، حتى 500°C نكتفيبحدالأول

أنواع المزدوجات الكهرحرارية:

تصنف المزدوجات الكهرحرارية **حسب نوع المعدن** إلى ثلاث مجموعات رئيسة:



- ✓ ذات معادن عادية: مؤلفة من معدن نقي مع خلائط من الحديد والنحاس والنيكل، تقيس بحدود 1300°Cحساسيتها مرتفعة وكلفتها رخيصة جداً ومتانتها عالية، ولكنها قابلة للتآكل والصدأ أو التأكسد
- ✓ ذات معادن نادرة: مكونة من خلائط البلاتين والروديوم تقيس حتى 1800°C وخلائط التنغستين والملبيديوم تقيس لدرجة 2600°C حساسيتها منخفضة
- ✓ غير معدنية (أنصاف نواقل): مكونة من السيلكون والجرمانيوم كلفتها باهظة وغير مستخدمة إلا بالمركبات الفضائية

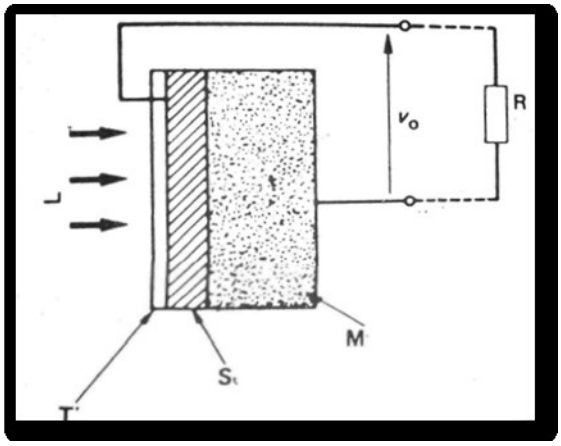
3- محولات الطاقة الكهرواجهادية:

هناك مواد متناظرة من حيث التركيب إذا أثرنا عليها بضغط (أجهدت)فإنها تولّد شحنة كهربائية متعاكسة القطبية، وتكون هذه الظاهرة عكوسة، أي أن البلورات تنفعل وتتشوه في حال تطبيق جهد كهربائي عليها ,اشهر هذه المواد (الكوارتز)، ويعود ذلك إلى أن هذه المواد ذات بنية بللورية متناظرة وتعتبر كأنها مكثفة.

تستعمل هذه المحولات في حالة التغيرات السريعة جداً، لأن استجابتها سريعة جداً وذلك حتى ترددات 150kHz، وتقيس ضغوط عالية جداً 5000bar تتحمل اجهادات ضغط كبير وشد كبير أيضاً تستعمل لقياس تسارعات مختلفة ضمن مجالات كبيرة.

4- محولات الطاقة الكهروضوئية: وتقسم إلى:

أ-محولات ذات عناصر جهدية ضوئية: سقوط الضوء على شاشة الخلية يؤدي إلى تحرر فوتونات . انتشر تطبيقها في الخلايا الشمسية الكهربائية حيث لاتحتاج إلى طاقة خارجية إنما تولد ذاتياً الجهد نتيجة سقوط الأشعة الضوئية عليها.



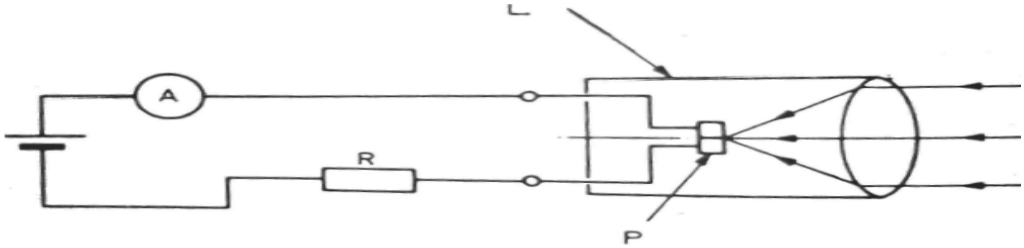
T – غشاء شفاف

S – شريحة من مادة نصف ناقلة (أكسيد النحاس – السيلين – الجرمانيوم – السيليكون...)

M – قاعدة معدنية

2- محولات طاقة ذات موصولية ضوئية: حيث تتناقص مقاومتها عند تعرضها لشدة ضوئية(أنصاف النواقل) مما يسمح بمرور تيار أكبر.

3-محولات طاقة ذات انبعاث ضوئي: وتعتمد في عملها على أنه كلما ازدادت شدة الإضاءة ازدادت الألكترونات المنبعثة . من ميزاتها سرعة الاستجابة لذلك تستخدم بفتح وإغلاق الأبواب اوتوماتيكياً وفي عمليات



المعايرة.

P – ديود ضوئي

L – غلاف كتيم مجهز في مقدمته بعدسة تجمع أشعة الضوء

A – مقياس أمبير

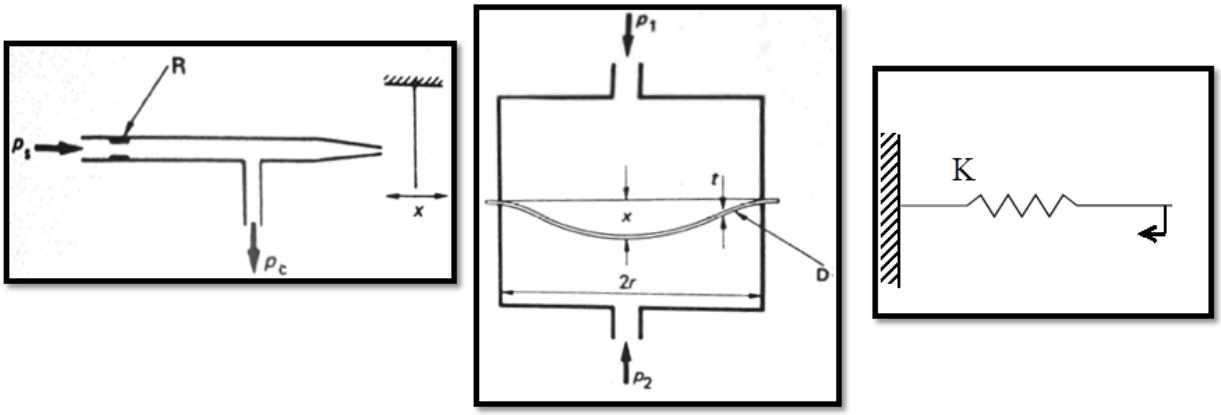
R – مقاومة

3-9 محولات الطاقة الميكانيكية: وهي على أنواع

1 -محولات القوة إلى إزاحة (نوابض):تعتمد على عناصر مرنة تستطيل أو تنحرف تحت تأثير القوة إلى وضعها الأصلي بعد زوال القوة، مثل الربيعة.

2 - محولات الضغط إلى إزاحة (الأغشية المطاطية): مثال مقياس بوردون حيث يمكن تحسس الضغط باستخدام غشاء فولاذي(صفيحة رقيقة)، حيث تتناسب الإزاحة X مع فرق الضغط(P1-P2) .

3 - محولات الإزاحة إلى ضغط : وتستخدم في دارات التحكم الهوائية.



.....

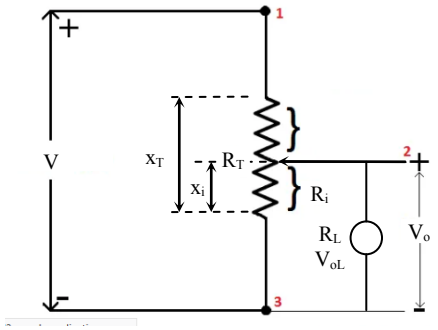
مسألة :

يقاس جهد الخرج لمقسم جهد بجهاز ذو مقاومة 20kΩ فإن المطلوب ألا يزيد خطأ القياس عن 2% عند 50% من مجال القياس الكلي فما هي قيمة مقاومات مقسم الجهد؟

$$R_L = 20k\Omega \quad , \quad \varepsilon = 0.02$$
$$\frac{x_i}{x_T} = 50\% \quad , \quad R_T = ?$$

$$\frac{V_o}{V} = V\left[\frac{x_T}{x_i} + \frac{R_T}{R_L}\left(1 - \frac{x_i}{x_T}\right)\right]^{-1}$$

$$V_{oL} = V\left[\frac{x_T}{x_i} + \frac{R_T}{R_L}\left(1 - \frac{x_i}{x_T}\right)\right]^{-1}$$



.....نهاية الفصل الثالث.....

الفصل الرابع
عناصر أنظمة التحكم الآلي

4-1 لمحة تاريخية...

بدأ الاهتمام الفعلي بموضوعات أنظمة التحكم الآلي في أواسط القرن الثامن عشر حيث بدأ الاهتمام بوسائل التحكم الميكانيكية لآليات الإدارة الأوتوماتيكية لطواحين الهواء وكذلك منظم WATT للتحكم بسرعة الآلات البخارية ومع ذلك لم يثبت التحكم الآلي كعلم قائم بحد ذاته إلا من خلال الحرب العالمية الثانية حيث ساعدت المستلزمات العسكرية في تطوير أنظمة التحكم العالية الأداء.

إذن أصبحت منظومات التحكم الآلي الآن ضرورة حتمية في كافة المجالات الهندسية والطبية والعلوم الحيوية ويرجع الفضل الأول في تطوير أنظمة التحكم إلى العلماء الرياضيين وأبحاثهم الرياضية المعمّقة.

4-2 تمثيل أنظمة التحكم / المخطط الصندوقي:

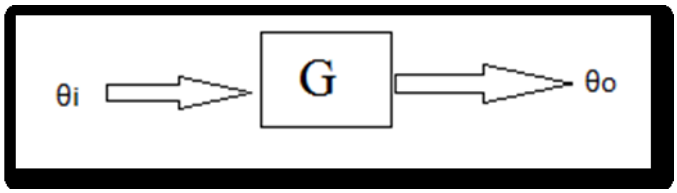
يوضّح المخطط الصندوقي العلاقات الرياضية بين مختلف عناصر جملة التحكم ويبين بشكل أكثر واقعية التأثيرات الفعلية المتبادلة بين هذه العناصر بدلاً من التمثيل الرياضي التجريدي.

يمثل عادة كل عنصر بمستطيل له دخل واحد أو أكثر وخرج واحد أو أكثر

ويكتب داخل المستطيل التابع الذي يربط قيمة الدخل بقيمة الخرج ويرمز له بالرمز (G) ويمكن لهذا التابع أن يأخذ شكل رياضي ويكون الخرج مثلاً :

$$\theta o = K.\theta i \;\; \theta o = K.\theta i$$

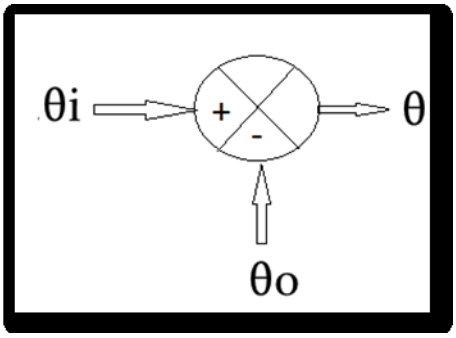
يرمز المستطيل إلى عملية جداء قيمة الدخل بالتابع للحصول على قيمة الخرج.



- تشمل أنظمة التحكم ذاتية التغذية المرتدة عنصراً أساسياً هو عنصر المقارنة (المقارن / المميّز / الكاشف) كما هو موضح بالشكل حيث يقوم بمفاضلة قيمتي دخل إليه ليعطي خرجاً وفق العلاقة :

$$\theta = \theta i - \theta o$$

ويمكن أن يمثل هذا الرمز عنصر تجميع يعطي خرجاً مساوياً إلى مجموع الدخول إليه حيث توضع عندئذ إشارة (+) عند كل دخل.



4-3 تصنيف أنظمة التحكم:

يمكن تصنيف أنظمة التحكم وفق مايلي:

4-3-1 التصنيف وفق مبدأ تحقيق التحكم.

4-3-2 التصنيف وفق طبيعة أداء دارة التحكم أو المحرك المؤازر.

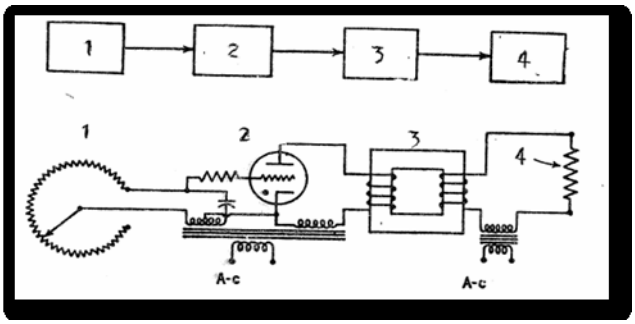
4-3-3 التصنيف وفق مجالات الاستخدام وطبيعة الكمية المراد التحكم بها.

4-3-1 التصنيف وفق مبدأ تحقيق التحكم:

تقسم أنظمة التحكم في هذه الحالة إلى أنظمة الدارة المفتوحة وأنظمة الدارة المغلقة.

1- أنظمة الدارة المفتوحة: حيث يبين الشكل العناصر الأساسية في دارة مفتوحة للتحكم بدرجة حرارة فرن كهربائي والمخطط الصندوقي للدارة التي تتألف من :

1. مقاومة متغيرة ومعايرة بدقة.
2. مضخم لإشارة الدخل عبر دارة ثايرترون لتضيم الإشارة قبل دخولها إلى
3. الملف التحريضي
4. ملف الفرن



نلاحظ من هذا المثال أن قيمة الخرج الناتج عند وضع معين لإشارة الدخل المطلوبة لايمكن التحكم بها بدقة فيما لو اختلفت العلاقة الرياضية والفيزيائية التي تربط بينهما، كما لايمكن تصحيح الخرج بواسطة عنصر التحكم للحصول على القيمة المطلوبة ، وهنا لم يؤخذ بالاعتبار أية متغيرات خارجية مثل تغير جهد التغذية الخارجية للدارات ، حالة الملفات والمقاومات من حيث الترسبات والتآكل ...

لذلك يجب تعديل إشارة الدخل يدوياً باستمرار لتتلاءم مع هذه التغيرات، بمعنى أن هذا النوع من الدارات لايمكنه أن يؤدي الغاية المطلوبة من التحكم بشكل صحيح وسليم.

2- أنظمة الدارة المغلقة:

تتألف الدارة المغلقة من العناصر نفسها الخاصة بالدارة المفتوحة مع بعض الإضافات ، حيث يقاس الخرج الفعلي في الدارة المغلقة وترتد الإشارة الموافقة لهذا القياس لتقارن مع إشارة الدخل المطلوبة بمساعدة عنصر مقارنة (المقارن) حيث يعطي هذا العنصر خرج يتناسب مع فرق الإشارتين الداخلتين إليه، وتدعى هذه الإشارة بـ «الإشارة المحركة» أو «الإشارة الآمرة» لكونها تأمر عنصر التحكم بالعمل ، ومن هنا تسمى هذه الدارات بدارات التحكم ذات التغذية المرتدة.

- يبين الشكل أنه وبعد خروج الإشارة المرتدة من عنصر التهيئة والتكييف تقارن مع الإشارة المرتدة لتعطي إشارة خطأ تمر عبر المضخم إلى عنصر التحكم (4) لتؤثر بالحمل المراد التحكم به.
- يقاس خرج الحمل الفعلي ويحول بواسطة عنصر التغذية المرتدة إلى إشارة تتناسب مع هذا الخرج الفعلي وملائمة للدخول إلى المقارن . من الطبعي في حال تساوي الخرج الفعلي مع الدخل المطلوب عندها لايوجد خطأ ولاضرورة لأداء أي عمل تحكمي من قبل عنصر التحكم.

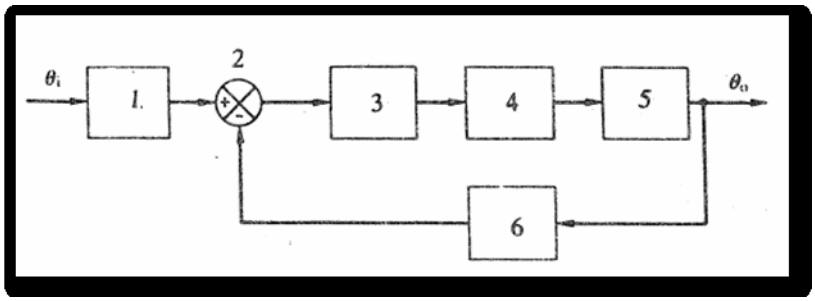
4-3-2التصنيف وفق أداء دارة التحكم:

يعتمد هذا التصنيف على طبيعة استجابة وأداء عنصر التحكم نتيجة لدخول إشارة خطأ آمرة إليه، وهناك ثلاثة أنواع:

1- أنظمة ذات تحكم وصل / قطع ON/OFF :

وتسمى أنظمة تحكم ذو وضعين وتقتصر إشارة الخطأ على وصل أو قطع قدرة التحكم الناتجة من عنصر التحكم.

مثال: الثرموستات الذي يقيس درجة حرارة الثلاجة المنزلية حيث يعمل الثرموستات ككاشف خطأ يقيس درجة الحرارة الفعلية(الخرج)



2- أنظمة ذات تحكم درجي / خطوي) :

وهو عبارة عن نظام تحكم قطع/وصل مضافاً إليه آلية توقيت حيث ينتج الخرج المطلوب من تطبيق قدرة التحكم على خطوات زمنية محددة(فترات) حتى الوصول إلى القيمة المحددة بدلاً من الارتفاع المستمر.

3- أنظمة ذات تحكم مستمر:

تستخدم هذه الأنظمة الخطأ للتحكم بقيمة واتجاه القدرة المطبقة على الخرج ولا يقف عنصر التحكم عن العمل إلا عندما ينعدم الخطأ تماماً.

مثال: التحكم بهوائيات الرادارات والتحكم في المفاعلات النووية.

4-3-2 التصنيف وفق مجالات الاستخدام:

تصنف أنظمة التحكم وفق مجالات الاستخدام ، أي وفق الكمية المقاسة، هل هي ضغط / سرعة / جهد كهربائي ... وتقسم إلى:

1- أنظمة تحكم في المجالات الصناعية:

تضم أي كمية مقاسة بخلاف الكميات الحركية(إزاحة / سرعة / تسارع..)

2- أنظمة الآليات المؤازرة الحركية: وتتحكم بكميات حركية.

3- المنظمات : وأكثرها شيوعاً منظمات الجهد.

4-4 عناصر المقارنة:

تقوم عناصر المقارنة في جمل التحكم ذات التغذية المرتدة بمقارنة قيمة الخرج مع قيمة الدخل لتنتج منها إشارة خطأ يبين مدى انحراف القيمة الفعلية عن القيمة المطلوبة ،وتسمى أيضاً « كاشف الخطأ».

تصنف عناصر المقارنة حسب مبدأ عملها إلى:

ميكانيكية – كهربائية- هيدروليكية- هوائية.

من الترتيبات الممكنة كعناصر مقارنة نذكر:

1- الذراع التفاضلية: عبارة عن عنصر مقارنة ميكانيكي للإزاحة أو الكميات حيث يمكن تحويل تأثيرها إلى إزاحة كالقوة أو الضغط، وهي عبارة عن ذراع بسيطة حرة الحركة حول النقاط R.S.T

يمكن بتحليل الحركة النسبية عند هذه النقاط إيجاد العلاقة التي تربط خرج الذراع عند T نتيجة مقارنتها لإشارة دخل وإشارة مرتدة عند R :

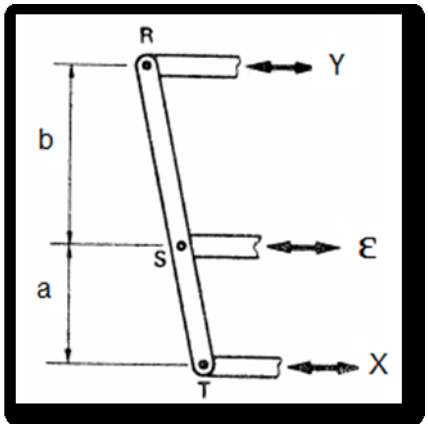
$$\theta = 0.5(\theta i - \theta o)$$

في حال a=b يكون:

$\varepsilon=0.5(x-y)$

أي أن خرج الذراع عند S يساوي إلى نصف

الخطأ بين الإشارتين المقارنتين.



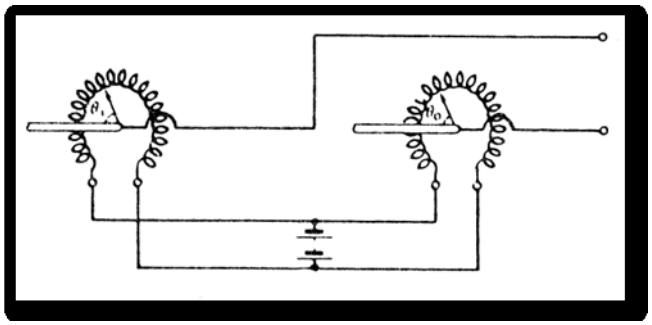
2- المسننات التفاضلية:

تستخدم المسننات في نقل وتحويل الحركة كعناصر مقارنة بأنواعها المختلفة مسننات مستقيمة / مخروطية / لولبية..

3- مقسم الجهد Potentiometer :

يستخدم مقسم الجهد كعنصر مقارنة كهربائي في جمل التحكم الكهربائية التي تستخدم التيار المستمر.

العنصر عبارة عن مقسمي جهد متوائمي المقارنة ويستخدم للتحكم في السرعات ولكن هنا لايمكن أن نمسح 360 درجة لعدم اكتمال الدارة ، والزاوية العظمى الممكن مسحها 330 درجة.



4-5 عناصر التحكم والقيادة:

1- صمامات التحكم الهوائية:

وهي من عناصر التحكم الهوائي للتحكم بتدفق سائل ما بواسطة صمام تخفيض ضغط، وتستخدم بكثرة في دارات التحكم بالعمليات الصناعية وفي تنظيم تدفق الوقود إلى تجهيزات تحويل الطاقة أو تحريك الخوانق والموجهات هوائياً في دارات تكييف الهواء.

2- صمامات التحكم الهيدروليكية:

منتشرة بشكل واسع في أنظمة التحكم حيث تمتاز بالقوى والعزوم الكبيرة التي يمكن الحصول عليها في الدارات الهيدروليكية ، إضافة إلى أن المحركات الهيدروليكية أصغر بكثير من المحركات الكهربائية المكافئة لها، كما تمتاز عن العناصر الهوائية بسرعة استجابتها ومتانتها بشكل عام.

منها: الصمام المنزلق / الصمام المترجح / الصمام الكهروهيدروليكي.

.....نهاية الفصل الرابع.....

الفصل الخامس

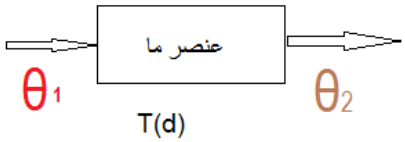
التوابع المميزة لعناصر التحكم

مقدمة...

أصبح من المعلوم أن جملة التحكم تتألف من عدة عناصر مترابطة فيما بينها، تدخل إلى كل منها إشارة تدعى « دخل العنصر» ليعطي إشارة هي خرج العنصر أو استجابته.

إذا كتبت المعادلة التفاضلية التي تربط خرج ودخل العنصر بدلالة العامل التفاضلي D(رمز يبين تفاضل بالنسبة للزمن أي d/dt) فإنه يمكن التعبير عن الخرج كتابع لهذا العامل يعمل على الدخل، يشمل هذا التابع يضعة بارامترات(متغيرات) للعنصر ويسمى «عامل التحويل» ويرمز له بالرمز T(d) .

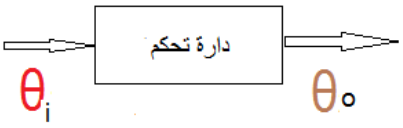
عامل التحويل=الخرج/الدخل



يعبر عامل التحويل عن إشارة

الخرج بدلالة إشارة الدخل.

Θ_1 و Θ_2 إشارة الدخل والخرج



لعنصر ما.

Θ_i و Θ_o إشارة الدخل والخرج لدارة تحكم .

إذاً T(D) عبارة عن التابع المميز للعنصر وعلينا أن نوجد صيغته الرياضية لتحديد Θ_1 و Θ_2 (إشارة الدخل والخرج) ونستعين بالزمن ومنه فإن العلاقة التفاضلية لخرج ودخل العناصر تكون منسوبة إلى D=d/dt

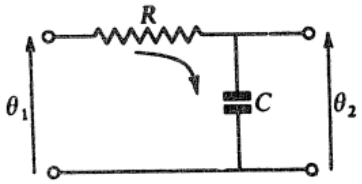
بشكل عام يكون العنصر خطياً إذا كانت العلاقة بين خرجه ودخله هي معادلة خطية ذات معاملات ثابتة (محور دراستنا الحالية).

5-1 تابع التأخر الأسي (تابع من الدرجة الأولى):

وهو من أكثر عوامل التحويل شيوعاً في عناصر التحكم وسيتضح من خلال الدراسة عدد العناصر المختلفة وإمكانية تمثيلها كلها بمعامل تحويل واحد.

5-1-1 عنصر كهربائي:

يبين الشكل دارة كهربائية بسيطة مؤلفة من مقاومة ومكثف ، بفرض أن العنصر غير محمّل خارجياً أي هناك ممانعة كبيرة عند خرج الدارة أي ليس هناك أي تيار يخرج من الدارة ومنه فإن التيار الذي يمر عبر المقاومة R هو نفسه التيار الذي يشحن المكثفة C



ومنه يمكن كتابة العلاقة بين جهدي الخرج والدخل على الشكل:

$$\theta 1 - \theta 2 = R.I$$

وحيث أن التيار المار في المكثفة=سعتها*مشتق الجهد المطبق عليها

$$I = C.d\theta 2/dt$$

ينتج لدينا من إصلاح المعادلتين:

$$\theta 1 - \theta 2 = R.C.\frac{d\theta 2}{dt}$$

$$\theta 1 = \theta 2 + R.C.D.\theta 2$$

$$\theta 1 = \theta 2(1 + R.C.D)$$

وحيث $\tau = R.C$ الثابت الزمني للعنصر

$$\theta 1 = \theta 2(1 + R.C.D)$$

$$\theta 1 = (1 + \tau.D)$$

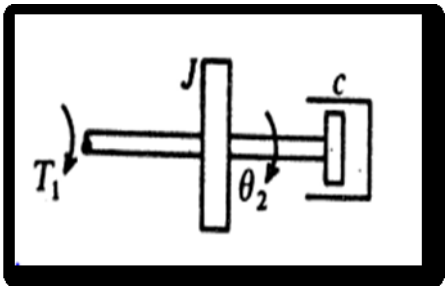
$$\frac{\theta 2}{\theta 1} = 1/((1 + \tau.D)$$

$$1/((1 + \tau.D)$$

$$T(D) = 1/(1 + \tau.D)$$

5-1-2 عنصر ميكانيكي:

عبارة عن عمود صلب مهما الكتلة يركب عليه قرص عزم عطالته J ووسيلة تخميد لزج ذات عزم مقاوم C ويكون العزم T_1 ممثلاً لإشارة دخل العنصر θ_1 بينما تمثل السرعة الزاوية إشارة خرج العنصر θ_2 ، ينتج من معادلة العزم:



$$T1 = J.\frac{d\theta 2}{d\theta 1} + C.\theta 2$$

$$T1 = J.D\theta 2 + C.\theta 2 = C.\theta 2\left(1 + \frac{J}{C}.D\right) = C.\theta 2(1 + \tau.D)$$

حيث $\tau = \frac{J}{C}$ الثابت الزمني للعنصر ومنه:

$$\frac{T1}{C} = \theta 2(1 + \tau.D)$$

حيث أن $\theta 1 = \frac{T1}{C}$

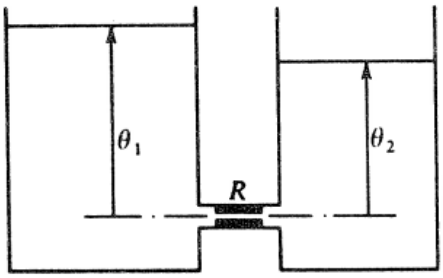
$$\theta 1 = (1 + \tau.D).\theta 2$$

or $$\theta 2 = \left(\frac{1}{1+\tau.D}\right).\theta 2$$

أي أن العلاقة بين السرعة الزاوية وعزم الدخل بوحدة التخامد اللزج الموجود في العنصر هي تابع أسي مماثل لتابع العنصر الكهربائي.

5-1-3 عنصر هيدروليكي:

ويمثله خزانان هيدروليكيان يحتويان على سائل غير قابل للانضغاط ويتصلان فيما بينهما عبر تضيق (اختناق) معامل مقاومته R وبفرض I معدل التدفق عبر الاختناق وسطح مقطع الخزان 2 هو C نجد:



$$R.I\ \theta 1 - \theta 2 =$$

وحيث أن $I = C.\frac{d\theta 2}{dt}$

$$\theta 1 - \theta 2 = R.C.d\theta 2/dt$$

$$\theta 2(1 + \tau.D) = \theta 1$$

أي أن العنصر الهيدروليكي يمثل بتابع تأخر أسي يماثل العنصر الكهربائي.

5-1-4 عنصر حراري:

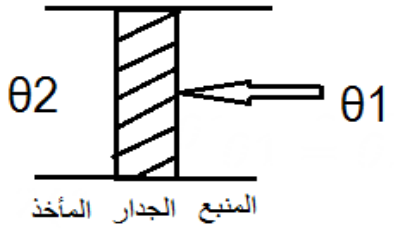
لنفرض منبع حراري درجة حرارته θ_1 يقوم بتسخين حوض حراري سائل أو صلب درجة حرارته θ_2 عبر جدار ناقل معزول تماماً وتماثل هذه الحالة عدة تطبيقات واقعية منها قياس درجة الحرارة بواسطة ترمومتر مغموس في سائل أو مبادل حراري معزول .. ومنه بفرض :

θ_1 درجة حرارة المنبع الحراري

θ_2 درجة حرارة السائل الذي يسخنه المنبع

I معدل كمية الحرارة المنتقلة عبر الجدار ويساوي إلى كمية الحرارة الداخلة إلى الحوض

K معامل الانتقال الحراري للجدار الذي سطحه A وسماكته X نجد:



$$I = K.A(\theta 1 - \theta 2)/X$$

$$I = \frac{\theta 1 - \theta 2}{R} \qquad (1)$$

$R = \frac{X}{A}.K$ المقاومة الحرارية للجدار

وحيث أن كمية الحرارة = الكتلة mx الحرارة النوعية Cx معدل ارتفاع درجة الحرارة

$$I = m.c.\frac{d\theta 2}{dt} \qquad (2)$$

بمساواة العلاقتين (1) و (2) نجد :

$$\theta 1 - \theta 2 = R.m.c.\frac{d\theta 2}{dt}$$

$\tau = R.m.c$ زمني ثابت

$$\theta 2 = \frac{1}{1 + \tau.D}.\theta 1$$

$$\frac{\theta 2}{\theta 1} = \frac{1}{1 + \tau.D}$$

أي أن عامل التحويل لهذا العنصر الحراري هو أيضاً تابع تأخر أسي.

5-2 الاستجابة العابرة في حالة تابع التأخر الأسي:

يمكن لإشارة الدخل θi أن تتغير وفق أشكال متعددة، إلا أنه يمكن تمثيل التوابع المركبة أو المعقدة لتغيرات θi دورية كانت أم غير دورية بمجموعة بسيطة من التوابع هي:

1- تابع ذو ميل ثابت.

2- تابع الخطوة أو القفزة الأحادية.

3- تابع النبضة الأحادية.

4- تابع توافقي(جيبي).

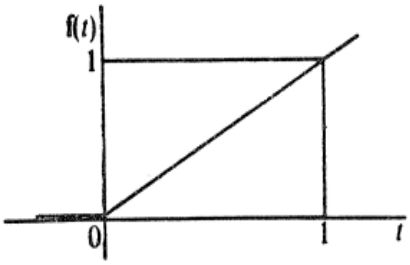
تكون استجابة التوابع الثلاثة الأولى استجابة زمنية عابرة بينما تكون استجابة التابع الجيبي استجابة توافقية مستقرة.

5-2-1 تابع ذو ميل ثابت:

يعرف هذا التابع بالنسبة للزمن على الشكل:

$$f(t) = 0 \ , \ t < 0$$

$$f(t)A.t\ ,\qquad t>0$$



ويصطلح عادة على A=1 لسهولة الحل .

وجدنا سابقاً أن المعادلة التفاضلية البسيطة لهذا التابع هي:

$$\theta 1 = (1+\tau.D).\theta 2$$

Or $$\tau.D.\theta 2+\theta 2=\theta 1$$

في حال تغير $\theta 1$ وفق هذا التابع فإن المعادلة التفاضلية تصبح :

$$\boldsymbol{\tau.D.\theta 2+\theta 2=t}$$

يتألف الحل العام لمعادلة تفاضلية من هذا الشكل من جزء التكامل الخاص مضافاً إليه جزء التابع المتمم، أي :

حل المعادلة التفاضلية = حل التكامل الخاص + الحل المتمم

نحصل على الحل المتمم بجعل المعادلة التفاضلية = 0 فيكون جذر المعادلة هو $-\frac{1}{\tau}$

إذن الحل المتمم هو:

$$\theta 2 = R.e^{-t/\tau}$$

(مع زيادة الزمن t تصغر قيمة الحل المتمم وبالتالي استجابة عابرة لها علاقة بالزمن)

للحصول على التكامل الخاص نكتب:

$$\theta 2 = \frac{t}{1+\tau.D}$$

بالاستفادة من نشر ثنائي حد نيوتن نجد التكامل الخاص على الشكل:

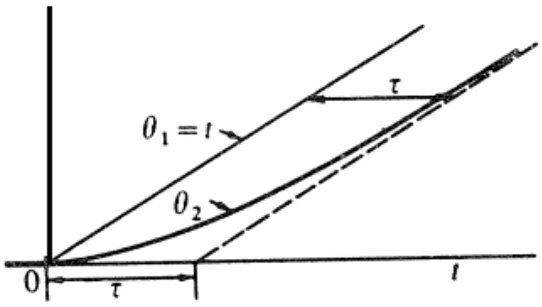
$$\theta 2 = t-\tau$$

ومنه نجد الحل العام على الشكل:

$$\theta 1 = t\theta 2 = R.e^{-t/\tau}\ ,\quad +(t-\tau)$$

وهي تمثل استجابة تابع الاخر الأسي لإشارة دخل ذات ميل ثابت.

ملاحظة: سمي تابع التأخر الأسي بهذا الاسم لأن استجابته في الحالة العابرة تكون على شكل تابع أسي متأخر ويكون شكل منحنى تغير كل من إشارة $\theta 2$ و$\theta 1$ كما في الشكل



في حال $R = \tau t =$ $\rightarrow$ $\theta 2 = 0$ $\rightarrow$ 0

يكون عادة بعد زمن $t = 5\tau$ الحل المتمم معدوم :

$=0R.e^{-t/\tau}$

ويبقى الحل الخاص فقط $t = \tau$

وذلك لعدم وجود جهاز يتحسس القيمة الصغيرة $R.e^{-t/\tau}$ عندما $t = 5\tau$

إذن الحالة العابرة تعني أنها تضمحل وتزول بعد فترة زمنية محددة.

كلما كان الثابت الزمني τ صغير كلما كانت سرعة تتبع $\theta 2$ لتغيرات $\theta 1$ أكبر .(مثال : ميزان الحرارة)

نهاية الفصل الخامس.....

.....

.....

الفصل السادس

توابع تحويل دارات التحكم المغلقة والمخططات الصندوقية

مقدمة...

يقصد بتابع التحويل التعبير الرياضي الذي يربط بين خرج عنصر ودخله بدلالة المتغيرات الفيزيائية الأساسية التي تحدد أداء هذا العنصر.

يبين المخطط الصندوقي لمنظومة ما كيفية توصيل العناصر المختلفة ، وكذلك توابع التحويل أو الانتقال الفردية الخاصة بكل منها، وكذلك إيجاد تابع التحويل أو الانتقال الإجمالية للمنظومة بتجميع توابع عناصرها.

6-1 قواعد تبسيط وتجميع المخططات الصندوقية:

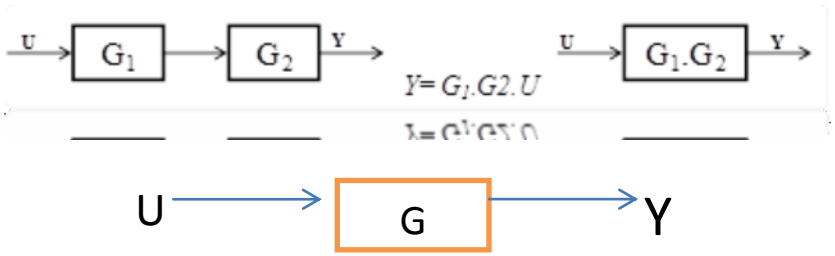
يفضّل تحويل أي مخطط صندوقي معقد بحيث يصبح أحادي التغذية المرتدة ، وسنتناول فيما يلي أهم قواعد وأسس تجميع وتبسيط المخططات الصندوقية (**Block Diagrams**)حيث تفترض هذه القواعد عدم وجود تداخل بين العناصر المكونة للدارة، أي لايتم تحميل من عنصر لاحق إلى عنصر سابق.

نرمز عادة لتابع تحويل عنصر ضمن دارة تحكم بالرمز G(S) أو اختصاراً G بدلاً من الرمز T(s) المستخدم سابقاً.

1-تابع تحويل عناصر موصولة على التسلسل:

يبين الشكل عنصرين موصولين على التسلسل (ويمكن أكثر من عنصرين) بحيث أن خرج عنصر ما هو دخل العنصر الذي يليه ، وبالتالي يكون تابع التحويل الإجمالي لهذه العناصر هو:

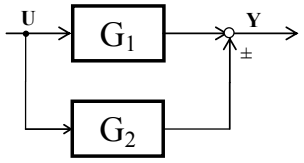
$$G = G_1 * G_2$$



أي تم تمثيل العناصر بصندوق واحد ويكون تابع التحويل الإجمالي لعدة عناصر غير متداخلة ومتصلة مع بعضها على التسلسل هو تابع تحويل يساوي إلى جداء التوابع الإفرادية لكل من هذه العناصر.

2- تابع تحويل عناصر موصولة على التوازي:

تبين الدارة عنصرين موصولين مع بعضهما على التوازي ويتم تغذية كل من هذين العنصرين بإشارة الدخل نفسها وبذلك يكون الخرج هو مجموع قيم الخرج الخاصة بكل عنصر.



$$Y = G_1.U \pm G2.U$$

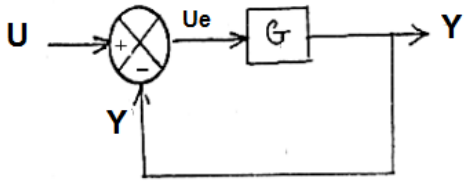
$$\frac{\theta o}{\theta i} = G_1 + G_2 + G_3$$

يدل الرمز ⊗ على نقطة تجميع مع بيان علامة الإشارة الداخلة فيها.

3- تابع التحويل المكافئ لعنصر مع تغذية عكسية(مرتدة):Unity Feedback System

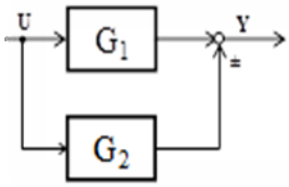
نعلم أن الدارات التي تؤمن تحكماً دقيقاً بمتغير ما يجب أن تكون ذات تغذية عكسية (مغلقة)، أي ذات تغذية مرتدة تقارن عبرها قيمة المتغير المتحكم به بقيمة مطلوبة ما.

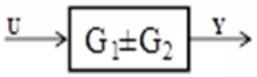
يبين الشكل منظومة تغذية خلفية ذات وحدة وفي هذه الحالة يتم تغذية مدخل المنظومة بالإشارة U وبالتالي يكون الفرق $U-Y=U_e$ هو الذي فقط يتأثر بالعنصر. لتحديد تابع التحويل / الانتقال لهذه المجموعة نكتب:



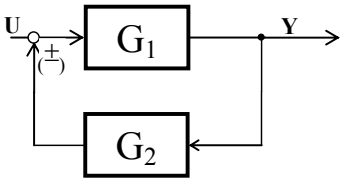
$$Y = G.U_e = G(U - Y)$$
$$Y = G.U - G.Y$$
$$Y(1+G) = G.U$$
$$\frac{Y}{U} = \frac{G}{1+G}$$

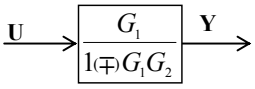
4- تابع التحويل المكافئ لعنصر مع تغذية عكسية:





$$Y = G_1.U \pm G2.U$$



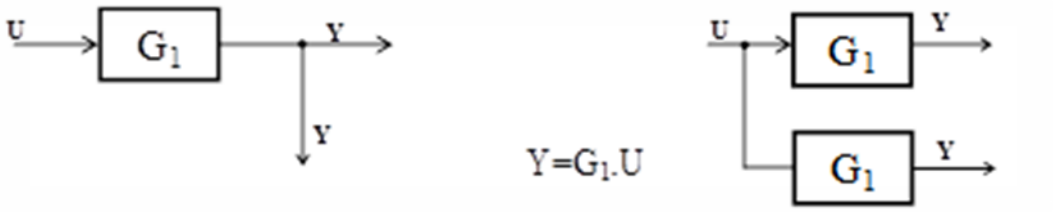


$$Y = G_1(U \pm_{(-)} G_2 Y)$$

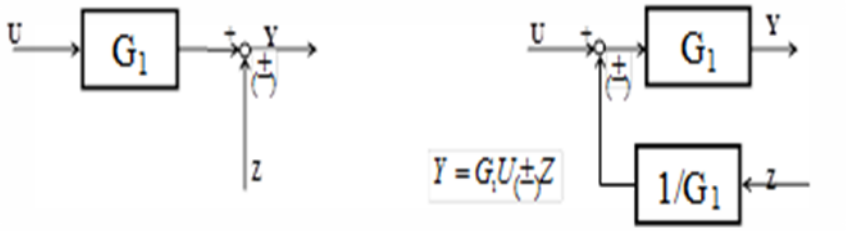
في هذه الحالة تم تعديل الإشارة Y وهي في مسارها في اتجاه التغذية المرتدة بواسطة العنصر G_2 لإعطاء الإشارة G_2Y عند نقطة التجميع وبذلك تكون إشارة الخطأ U_e هي التي يغذى بها العنصر الموجود في المسار الأمامي وهي U−G2Y

$$Y = G_1.U_e = G_1(U - Y.G_2)$$
$$Y(1 + G_1.G_2) = U.G_1$$
$$\frac{Y}{U} = \frac{G_1}{1 + G_1.G_2}$$

5- نقل تفرع من بعد عنصر إلى ما قبله:

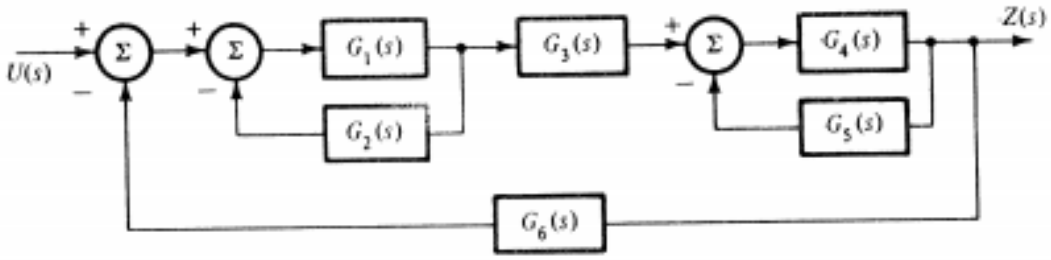


6- نقل مجمع من بعد عنصر إلى ما قبله :

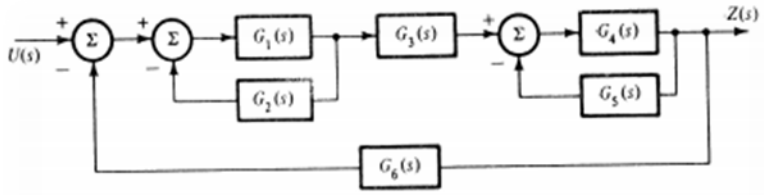


بكلمة أخرى نقول أن التطور السريع في منظومات التحكم أدى إلى تعقيد المخططات الصندوقية الممثلة لها ، لهذا فبل تحليل أداء دارة معقدة لابد من تحويلها إلى مخطط صندوقي مبسط بتغذية مرتدة بسيطة.

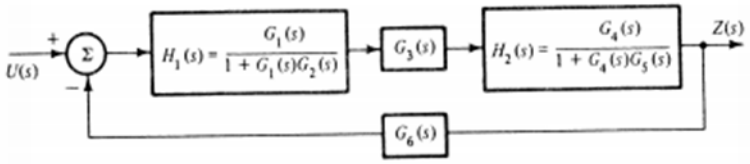
يبين الشكل مخطط صندوقي لدارة تحكم ذات دارتين مرتدتين ثانويتين ضمن الدارة الرئيسية:



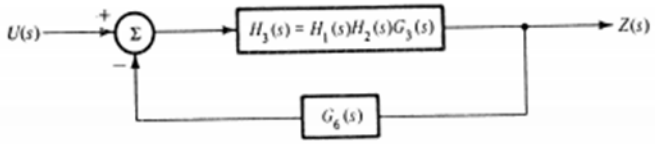
اعتماداً على قواعد اختزال توابع التحويل لعناصر على التسلسل ولعناصر مرتدة يمكن الانتقال من المخطط الأساسي (a)إلى المخطط (c) مروراً بالمخطط (b) والذي يبين الدارة بعد الاستعاضة عن الدارتين الثانويتين بصندوقين على التسلسل:



(a)



(b)

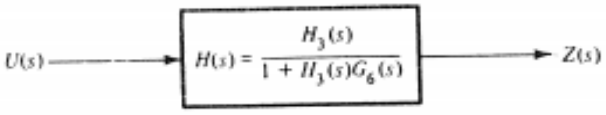


يمثل تابع التحويل $H_3(S)$ تابع تحويل المسار الأمامي الذي يربط بين الخرج (Z) والخطأ الناتج عن عنصر المقارنة.

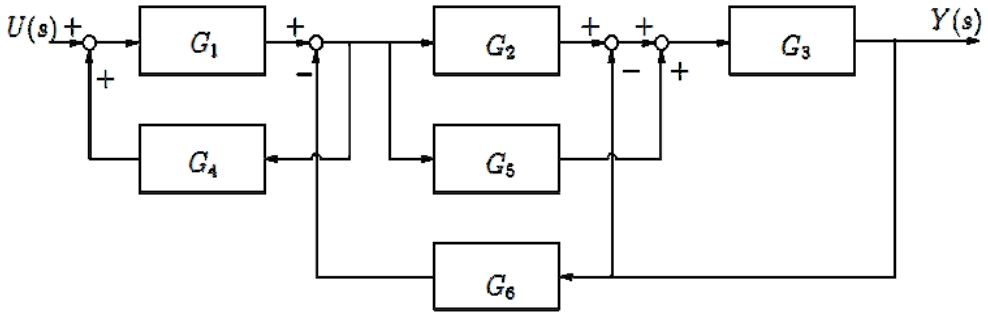
$$\frac{\theta_o}{\theta_i} = \frac{G}{1+G.H}$$

إذا كان المطلوب حساب تابع الدارة الإجمالي كنسبة الخرج إلى الدخل وبتطبيق العلاقة :

على المخطط C عندها يمكن تمثيل دارة التحكم بالمخطط الصندوقي المفتوح الآتي:

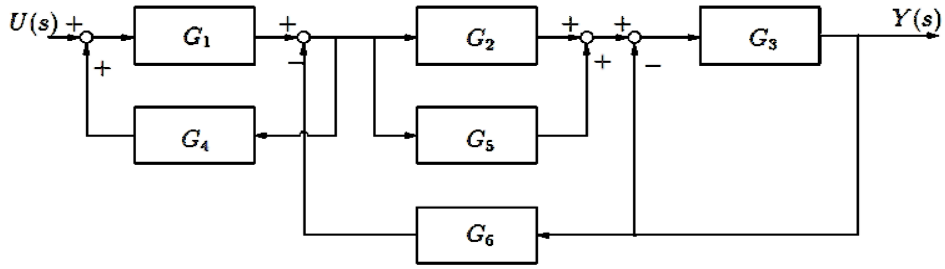


مثال: أوجد تابع التحويل المكافئ للحلقة التالية:

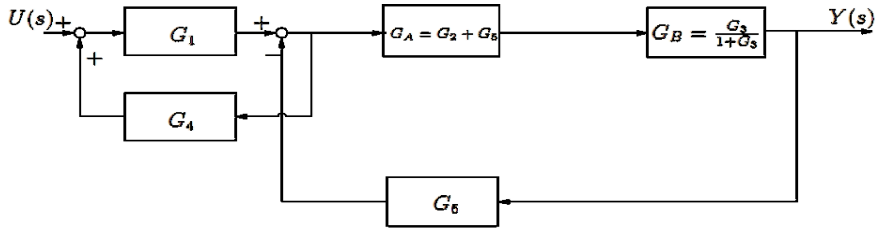


الحل:

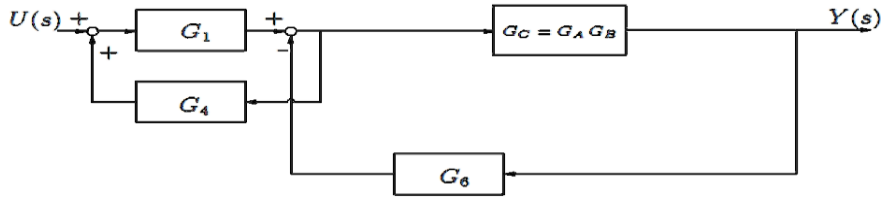
1- تغيير ترتيب المجمعين :



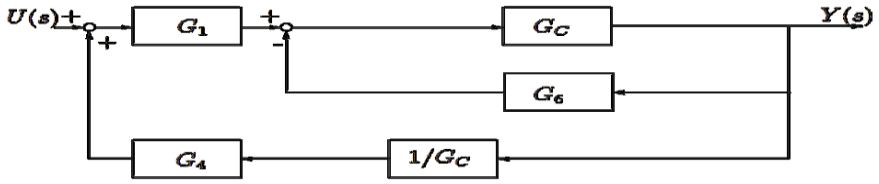
2- التخلص من الوصل على التوازي ومن التغذية العكسية:



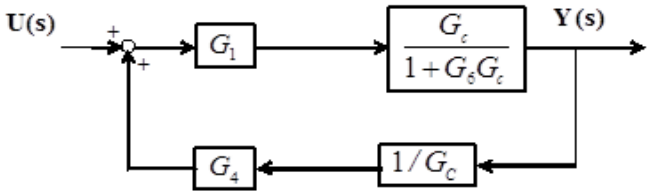
3- التخلص من الوصل على التسلسل:



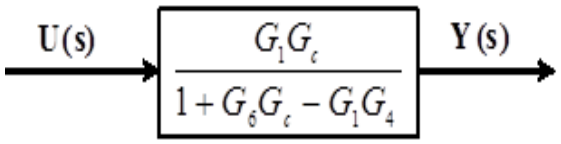
4- نقل التفرع إلى اليمين:



5- التخلص من الرابطة العكسية الداخلية:



6- التخلص من الوصل على التسلسل والرابطة العكسية



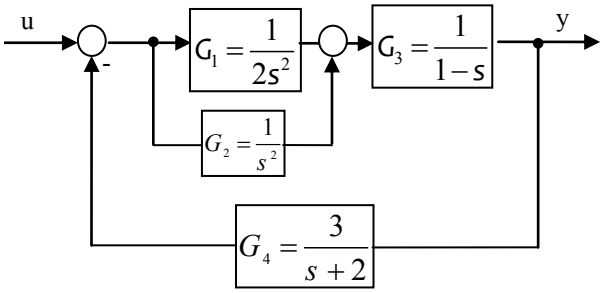
.....

المسألة رقم (1):

لديك المخطط الصندوقي التالي والمطلوب:

أوجد تابع التحويل المكافئ.

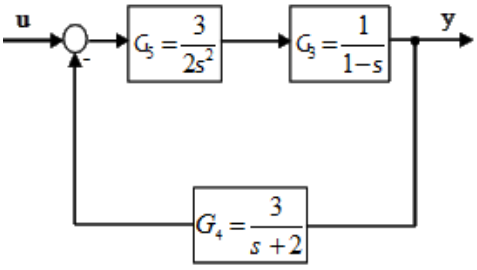
حدد رتبة المنظومة وقابلية التحقيق الفعلي.



الحل:

الطلب الأول : إيجاد تابع التحويل المكافئ :

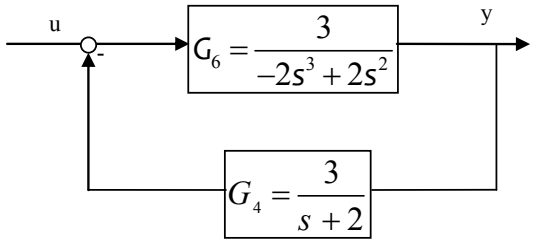
1 - التخلص من الربط على التفرع بين G_1 و G_2



$$G_5 = G_1 + G_2 = \frac{1}{2s^2} + \frac{1}{s^2} = \frac{3}{2s^2}$$

2- التخلص من الوصل على التسلسل بين G_5 و G_3

$$G_6 = G_5.G_3 = \frac{3}{2s^2} \times \frac{1}{1-s} = \frac{3}{-2s^3+2s^2}$$



3- التخلص من التغذية الراجعة بين G_6 و G_4

$$G = \frac{G_6}{1+G_6G_4} = \frac{\frac{3}{-2s^3+2s^2}}{1+\frac{3}{-2s^3+2s^2}\cdot\frac{3}{s+2}} = \frac{\frac{3}{-2s^3+2s^2}}{1+\frac{9}{(-2s^3+2s^2)(s+2)}} \Rightarrow$$

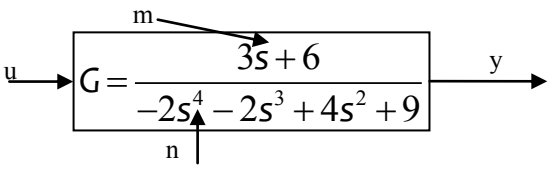
$$G = \frac{\frac{3}{-2s^3+2s^2}}{\frac{(-2s^3+2s^2)(s+2)+9}{(-2s^3+2s^2)(s+2)}} = \frac{3(-2s^3+2s^2)(s+2)}{(-2s^3+2s^2)\left[(-2s^3+2s^2)(s+2)+9\right]}$$

$$G = \frac{3(s+2)}{(-2s^3+2s^2)(s+2)+9} = \frac{3s+6}{-2s^4-4s^3+2s^3+4s^2+9}$$

$$G = \frac{3s+6}{-2s^4-2s^3+4s^2+9}$$

الطلب الثاني: حدّد رتبة المنظومة وقابلية التحقيق الفعلي.

وجدنا في الطلب الأول:



ومنه نجد :

رتبة المقام n=4

رتبة البسط $m = 1$

رتبة المنظومة هي رتبة المقام $n = 4$

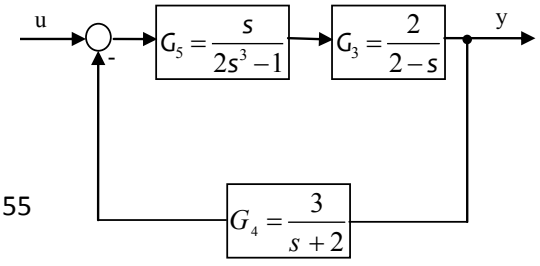
شرط قابلية التحقيق الفعلي أن يكون رتبة المقام أكبر من رتبة البسط $n>m$ وهو محقق هنا

.....

مسألة رقم (2) :لديك المخطط الصندوقي التالي والمطلوب:

1- أوجد تابع التحويل المكافئ.

2- حدد رتبة المنظومة وقابلية التحقيق الفعلي.

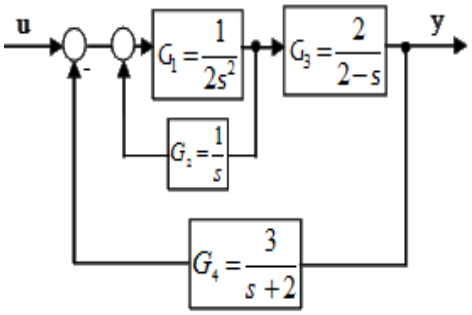


الحل:

1- التخلص من التغذية الراجعة بين G_1وG_2

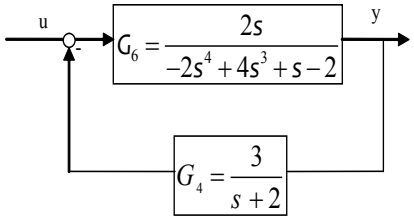
$$G_5=\frac{G_1}{1-G_1G_2}=\frac{\frac{1}{2s^2}}{1-\frac{1}{2s^2}\cdot\frac{1}{s}}=\frac{\frac{1}{2s^2}}{1-\frac{1}{2s^3}}\Rightarrow G_5=\frac{\frac{1}{2s^2}}{\frac{2s^3-1}{2s^3}}=\frac{2s^3}{2s^2(2s^3-1)}$$

$$G_5=\frac{s}{2s^3-1}$$



2 - التخلص من الوصل على التسلسل بين G_5و G_3

$$G_6=G_5G_3=\frac{s}{2s^3-1}\times\frac{2}{2-s}=\frac{2s}{-2s^4+4s^3+s-2}$$



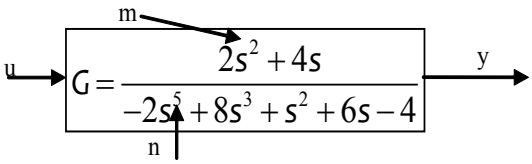
2- التخلص من التغذية الراجعة بين G_6و G_4

$$G=\frac{G_6}{1+G_6G_4}=\frac{\frac{2s}{-2s^4+4s^3+s-2}}{1+\frac{2s}{-2s^4+4s^3+s-2}\cdot\frac{3}{s+2}}=\frac{\frac{2s}{-2s^4+4s^3+s-2}}{1+\frac{6s}{(-2s^4+4s^3+s-2)(s+2)}}\Rightarrow$$

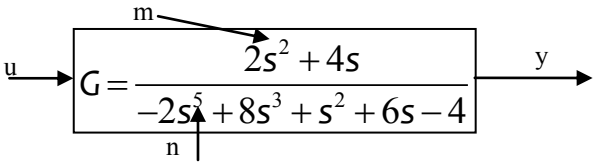
$$G=\frac{\frac{2s}{-2s^4+4s^3+s-2}}{\frac{(-2s^4+4s^3+s-2)(s+2)+6s}{(-2s^4+4s^3+s-2)(s+2)}}=\frac{2s(-2s^4+4s^3+s-2)(s+2)}{(-2s^4+4s^3+s-2)\left[(-2s^4+4s^3+s-2)(s+2)+6s\right]}$$

$$G=\frac{2s(s+2)}{(-2s^4+4s^3+s-2)(s+2)+6s}=\frac{2s^2+4s}{-2s^5-4s^4+4s^4+8s^3+s^2+2s-2s-4+6s}$$

$$G=\frac{2s^2+4s}{-2s^5+8s^3+s^2+6s-4}$$



الطلب الثاني: لتحديد رتبة المنظومة وقابلية التحقيق الفعلي وجدنا أن :



رتبة المقام n=5

رتبة البسط $m=2$

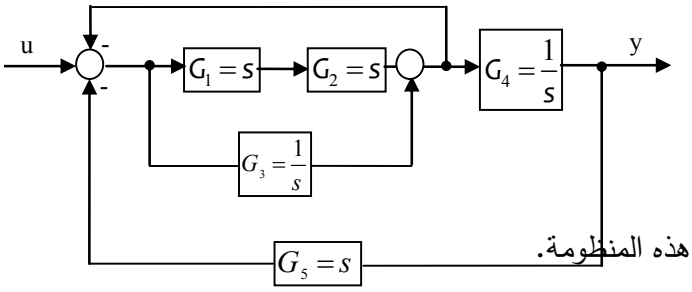
رتبة المنظومة هي رتبة المقام $n=5$

شرط قابلية التحقيق الفعلي أن يكون رتبة المقام أكبر من رتبة البسط $n>m$ وهو محقق هنا

.....

المسألة رقم (3):

لديك المخطط الصندوقي التالي:



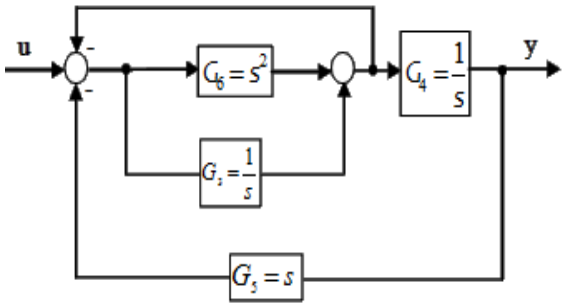
والمطلوب:

1. أوجد تابع التحويل المكافئ.
2. حدّد رتبة المنظومة وقابلية التحقيق الفعلي.
3. احصل على المعادلة التفاضلية المعبرة عن هذه المنظومة.

الحل:الطلب الأول : إيجاد تابع التحويل المكافئ :

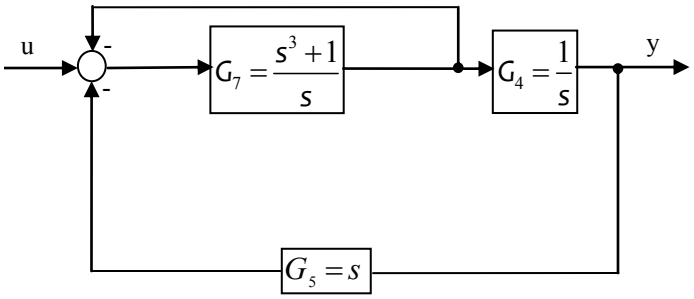
1-التخلص من الربط على التسلسل بين G_1 و G_2

$$G_6 = G_1 \cdot G_2 = s \cdot s = s^2$$



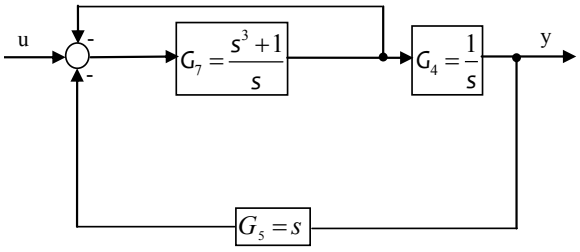
2-التخلص من الوصل على التفرع بين *G6* و *G3* :

$$G_7 = G_6 + G_3 = s^2 + \frac{1}{s} = \frac{s^3+1}{s}$$



2-التخلص من الوصل على التفرع بين *G6* و *G3* :

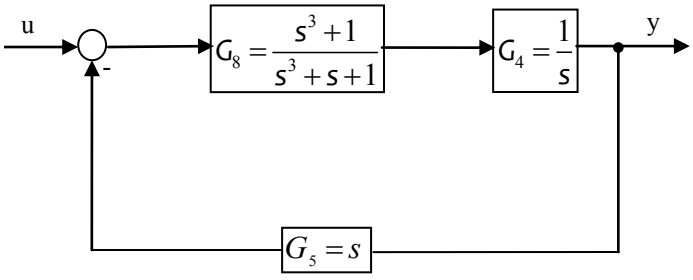
$$G_7 = G_6 + G_3 = s^2 + \frac{1}{s} = \frac{s^3+1}{s}$$



3-التخلص من التغذية الراجعة عند G_7

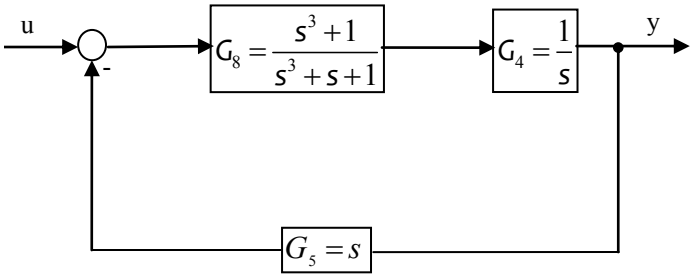
$$G_8 = \frac{G_7}{1+1\times G_7} = \frac{\frac{s^3+1}{s}}{1+\frac{s^3+1}{s}} = \frac{\frac{s^3+1}{s}}{\frac{s^3+s+1}{s}} \Rightarrow$$

$$G_8 = \frac{s^3+1}{s^3+s+1}$$



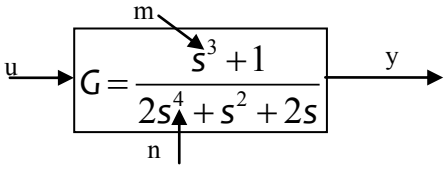
4-التخلص من الربط على التسلسل بين G_8 و G_4

$$G_9 = G_8 \cdot G_4 = \frac{s^3+1}{s^3+s+1} \cdot \frac{1}{s} = \frac{s^3+1}{s^4+s^2+s}$$



5-التخلص من التغذية الراجعة بين G_9 و G_5

$$G = \frac{G_9}{1+G_5G_9} = \frac{\frac{s^3+1}{s^4+s^2+s}}{1+s\cdot\frac{s^3+1}{s^4+s^2+s}} = \frac{\frac{s^3+1}{s^4+s^2+s}}{\frac{s^4+s^2+s+s^4+s}{s^4+s^2+s}} = \frac{s^3+1}{2s^4+s^2+2s}$$



الطلب الثاني: تحديد رتبة المنظومة وقابلية التحقيق الفعلي

رتبة المقام n=4

رتبة البسط $m=3$

رتبة المنظومة هي رتبة المقام $n=4$

شرط قابلية التحقيق الفعلي أن يكون رتبة المقام أكبر من رتبة البسط $n>m$ وهو محقق هنا

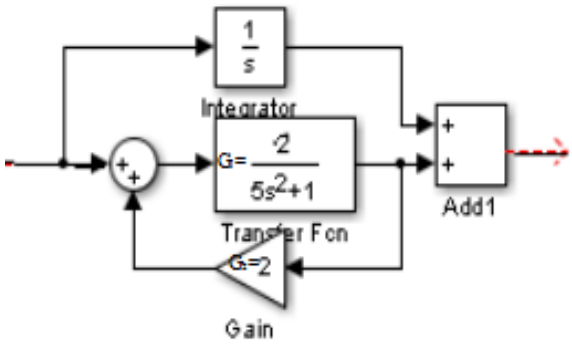
.....

مسألة رقم (4) :

لديك المخطط الصندوقي التالي والمطلوب:

أوجد تابع التحويل المكافئ، وحدد رتبة المنظومة وقابلية التحقيق الفعلي.

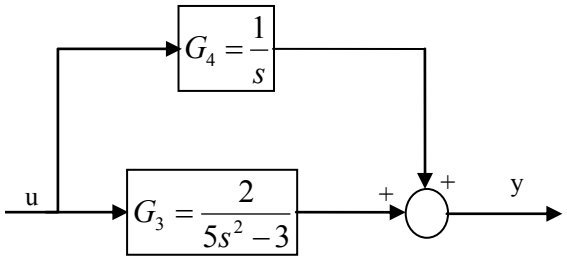
احصل على المعادلة التفاضلية المعبرة عن هذه المنظومة ثم
اكتب علاقة الدخل بالخرج في الحالة الثابتة.



الحل:

1- التخلص من التغذية الراجعة :

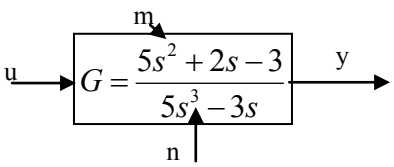
$$G_3=\frac{G_1}{1-G_1G_2}=\frac{\frac{2}{5s^2+1}}{1-\frac{2}{5s^2+1}\times 2}=\frac{\frac{2}{5s^2+1}}{\frac{5s^2-3}{5s^2+1}}\Rightarrow\frac{2(5s^2+1)}{(5s^2+1)(5s^2-3)}=\frac{2}{(5s^2-3)}$$



2- التخلص من الوصل على التوازي:

$$G=G_3+G_4=\frac{2}{(5s^2-3)}+\frac{1}{s}$$

$$\frac{2s}{s(5s^2-3)}+\frac{5s^2-3}{s(5s^2-3)}=\frac{5s^2+2s-3}{5s^3-3s}$$



رتبة المنظومة هي رتبة المقام $n=3$

شرط قابلية التحقيق الفعلي أن يكون رتبة المقام أكبر من رتبة البسط $n>m$ وهو محقق هنا

المعادلة التفاضلية المعبرة عن المنظومة:

في الحالة الثابتة يكون المشتقات = الصفر

$$0 = 3u \Rightarrow u = 0$$

.....

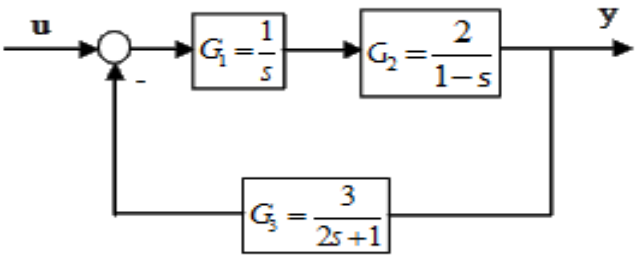
مسألة رقم (5):

لديك المخطط الصندوقي التالي:

والمطلوب:

أوجد تابع التحويل المكافئ .

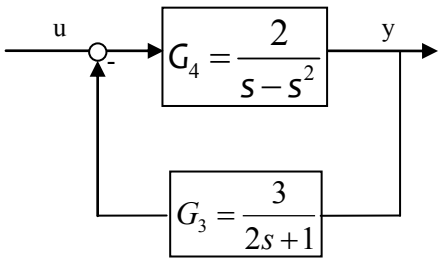
حدد رتبة المنظومة وقابلية التحقيق الفعلي.



الحل:

1- التخلص من الوصل على التسلسل:

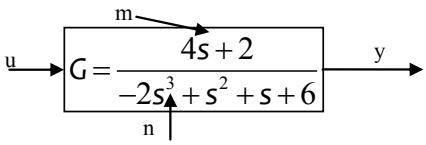
$$G_4 = G_1 G_2 = \frac{1}{s} \times \frac{2}{1-s} = \frac{2}{s-s^2}$$



2- التخلص من التغذية الراجعة

$$G=\frac{G_4}{1+G_4G_3}=\frac{\frac{2}{s-s^2}}{1+\frac{3}{2s+1}\cdot\frac{2}{s-s^2}}=\frac{\frac{2}{s-s^2}}{1+\frac{6}{(2s+1)(s-s^2)}}\Rightarrow\frac{\frac{2}{s-s^2}}{\frac{6+(2s+1)(s-s^2)}{(2s+1)(s-s^2)}}=\frac{2(2s+1)}{6+(2s+1)(s-s^2)}$$

$$G=\frac{4s+2}{6+2s^2-2s^3+s-s^2}=\frac{4s+2}{-2s^3+s^2+s+6}$$



تحديد رتبة المنظومة وقابلية التحقيق الفعلي :

رتبة المقام $n=3$

رتبة البسط $m=1$

رتبة المنظومة هي رتبة المقام $n=3$

شرط قابلية التحقيق الفعلي أن يكون رتبة المقام أكبر من رتبة البسط $n>m$ وهو محقق هنا

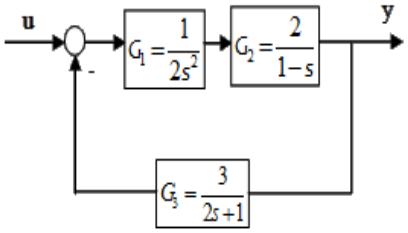
.....

مسألة رقم (6):

لديك المخطط الصندوقي التالي والمطلوب:

أوجد تابع التحويل المكافئ .

حدد رتبة المنظومة وقابلية التحقيق الفعلي.

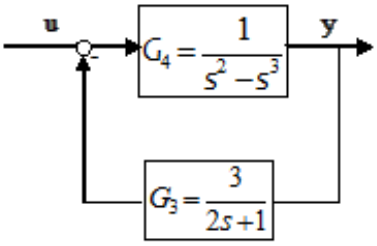


الحل:

إيجاد تابع التحويل المكافئ :

1- التخلص من الوصل على التسلسل

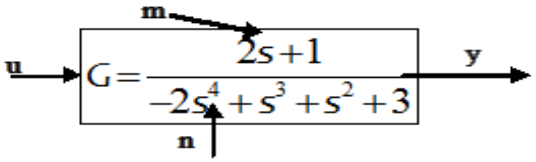
$$G_4=G_1G_2=\frac{1}{2s^2}\times\frac{2}{1-s}=\frac{1}{s^2-s^3}$$



2- التخلص من التغذية الراجعة :

$$G=\frac{G_4}{1+G_4G_3}=\frac{\frac{1}{s^2-s^3}}{1+\frac{1}{s^2-s^3}\cdot\frac{3}{2s+1}}=\frac{\frac{1}{s^2-s^3}}{1+\frac{3}{(s^2-s^3)(2s+1)}}\Rightarrow\frac{\frac{1}{s^2-s^3}}{\frac{(s^2-s^3)(2s+1)+3}{(s^2-s^3)(2s+1)}}=\frac{(s^2-s^3)(2s+1)}{(s^2-s^3)^2(2s+1)+3(s^2-s^3)}$$

$$G=\frac{(2s+1)}{(s^2-s^3)(2s+1)+3}=\frac{2s+1}{-2s^4+2s^3-s^3+s^2+3}=\frac{2s+1}{-2s^4+s^3+s^2+3}$$



تحديد رتبة المنظومة وقابلية التحقيق الفعلي:

رتبة المقام $n=4$

رتبة البسط $m=1$

رتبة المنظومة هي رتبة المقام $n=4$

شرط قابلية التحقيق الفعلي أن يكون رتبة المقام أكبر من رتبة البسط $n>m$ وهو محقق هنا

.....**نهاية الفصل السادس**.....

.....

.....

الفصل السابع

فكرة عامة عن وحدات التحكم القابلة للبرمجة

PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER

مقدمة..

ظهرت المؤتمتات الصناعية القابلة للبرمجة Programmable Logic Controllers في بداية السبعينيات من القرن العشرين مع ظهور الدارات الإلكترونية الدقيقة عالية التكامل، وخاصة المعالجات الصغرية microprocessors.وتطورت من حيث التقانات المستخدمة فيها ومن حيث حجومها وطرائق برمجتها. وتستخدم اليوم في كثير من المنظومات الصناعية أو المنظومات ذات الاستخدام العام مثل المصاعد الكهربائية و أنظمة التكييف المركزي...

PLC هي اختصار لـProgrammable Logic Controllers ومعنى ذلك المتحكم المنطقي المبرمج أو وحدة التحكم القابلة للبرمجة, وهو جهاز تم تطويره للاستعاضة عن التحكم الكهربائي التقليدي الذي يستخدم التايمرات والريلهات والكنتاكتورات والكاونترات وغيرها , بغية التحكم في الآلات والماكينات الصناعية , على سبيل المثال ماكينات التعبئة والتغليف في المصانع .

يقوم جهاز ال PLC بالنظر إلى المداخل وهي INPUT واعتماداً على حالتها ON/OFF 0/1 ومن خلال البرنامج المخزّن داخل ال PLC يقوم بالتحكم بالمخارج OUTPUT،ويقوم المستخدم عادة بإدخال البرنامج بواسطة برنامج خاص بجهاز ال PLC المستخدم ولكنها بالنهاية تقوم بنفس العمل المطلوب.

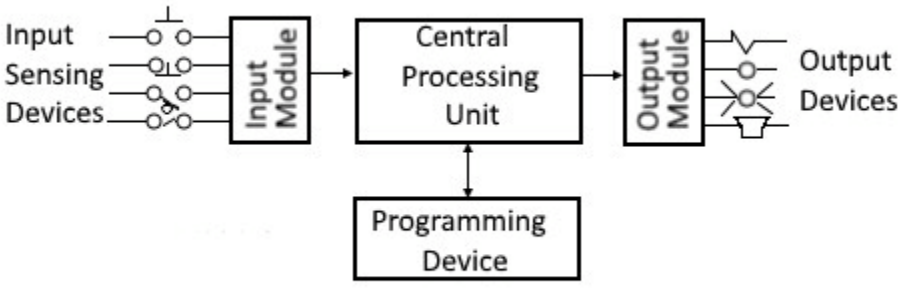
إن أجهزة ال PLC مستخدمة كثيراً في الحياة العملية، فأينما توجد صناعة يوجد جهاز PLC في هذه الصناعة، ولتوضيح الصورة أكثر نقول أنه وبغرض التحكم بإشارة ضوئية واحدة أي على فرض أن الإشارة حمراء ثم تكون صفراء ثم خضراء من أجل التحكم بذلك نحن بحاجة لثلاث تايمرات لتقوم بذلك ، ولكن ماذا لو أردنا التحكم بمفترق طرق بأربع اتجاهات سنحتاج لعدد كبير من التايمرات للتحكم بذلك ، بمعنى أنه كلما كان التحكم أكبر كلما كانت الحاجة لجهاز PLC أكبر.

مثال آخر لاستخدامات PLC نذكر عملية تعبئة حبوب الدواء في قوارير معدة لهذا الغرض، حيث تصطف القوارير المعقمة عند بداية سير متحرك، ثم يجري تعبئتها بعدد محدد من الحبوب، واحدة بعد أخرى أو مجموعة فمجموعة من القوارير، ومن ثم يُضخُّ فيها هواء معقم ويوضع على فوهة كل قارورة لاصق إغلاق محكم، واحدة بعد أخرى أو

مجموعة فمجموعة، ثم تغلق كل منها بغطاء معدني أو بلاستيكي ويلصق على كل منها ورقة تعريف، ثم توضع كل قارورة في علبة ورق مقوى معدة لهذا الغرض، وبعد ذلك يوضع عدد محدد من القوارير في صندوق كرتوني وتُنقل الصناديق إلى مستودع التخزين.

يمكن لجهاز واحد أن يقوم بمجمل عمليات تعبئة الدواء السابقة، من العملية الثانية حتى العملية السابعة، وهذا الجهاز يمكن أن يكون جزءاً من خط إنتاج الدواء. لكي يبدأ السير المتحرك بالحركة يجب أن تكون هناك قوارير، ولكي يضع الجهاز العدد المحدد من الحبوب في القارورة ويجب أن تكون القارورة في المكان المناسب، ولن تنتقل القارورة من هذا المكان قبل أن يوضع فيها العدد المحدد من الحبوب، وهكذا... وعليه فإن الجهاز يقوم بتحريك السير، وضع الحبوب في القارورة... إلخ بناء على معلومات تتعلق بوجود القارورة في المكان المناسب، اكتمال عدد الحبوب... ومن ثم تجري قيادة هذا الجهاز وفق خطوات (برنامج) تنفذ بالتتالي، كل خطوة تنتهي بفعل عند تحقق المعلومات اللازمة لهذا الفعل.

تشترك PLC في العديد من ميزات الكمبيوتر الشخصي فكلاهما يحتوي على مصدر طاقة ووحدة معالجة مركزية ومدخلات ومخرجات (I / O) وذاكرة وبرنامج تشغيل (على الرغم من أنه برنامج تشغيل مختلف).



PLC Block Diagram

أكبر الاختلافات هي أن وحدة PLC يمكنها أداء وظائف منفصلة ومستمرة لا يستطيع الكمبيوتر القيام بها، وأن PLC أكثر ملاءمة للبيئات الصناعية الخشنة.

يمكن اعتبار وحدة التحكم المنطقية PLC بمثابة كمبيوتر رقمي "قوي" يدير العمليات الكهرو ميكانيكية للبيئة الصناعية.

تلعب PLCs دوراً مهماً في مجال الأتمتة، باستخدام تشكيل جزء من نظام (SCADA) أكبر، ويمكن برمجة وحدة التحكم المنطقية PLC وفقاً للمتطلبات التشغيلية للعملية.

مميزات وحدة الـPLC

- حجم صغير.
- سهولة وسرعة في عمل التغيرات لنظام التحكم.
- نظام تحكم وكشف أخطاء متكامل.
- نظام مراقبة وتوثيق فوري ومستمر.
- تكلفة منخفضة.

إذن وبالمقارنة مع التقنيات القديمة فإن الـ PLC أسهل في استكشاف الأخطاء وإصلاحها وأكثر موثوقية وفاعلية من حيث الكلفة والتنوع.

يستطيع الحاكم المبرمج PLC فقط أن يفهم الإشارة الرقمية Digital signal التي إما أن تكون في حالة ON أو OFFالنظام الثنائي (Binary System)هو النظام الذي يوجد به رقمين فقط (1 و 0) العدد الثنائي 1 يبين أن الإشارة موجودة أو أن المفتاح في وضع ON والعدد الثنائي 0 يبين أن الإشارة غير موجودة أو أن المفتاح في وضعOff.

إذن فإن الـ PLC عبارة عن مجموعة من الدوائر الالكترونية مجتمعة على شكل Modules متخصصة في أعمال التحكم في الزمن الحقيقي Real Time System وعن طريقها يتم التحكم و المراقبة للعمليات التي تنفذها الـ PLC بموجب التعليمات المخزنة في ذاكرته على شكل برنامج ولذلك فهو يشبه إلى حد كبير الحاسبات الآلية أو الكمبيوتر الا أنه يوجد اختلافات سنوضحها كالآتي:

يمكن توصيل ال PLCمباشرة إلى مجسّات وأجهزة من خلال وحدات الادخال والاخراج خاصة الصناعية.

تصمم ال PLC للعمل في البيئات الصناعية بما فيها من ظروف قاسية من ارتفاع لدرجة الحرارة و أتربة و اهتزازات وتشوه لموجات الجهد والتيار وانخفاض وارتفاع للجهد والتيار.

لغات برمجة الـ PLC

تتم عملية البرمجة بعدة طرق منها:

- جهاز برمجة خاص يقوم بإدخال البرنامج داخل ذاكرة الجهاز.
- عن طريق شاشة ومجموعة مفاتيح على واجهة الجهاز.
- عن طريق برنامج يتم انزاله من جهاز الحاسب.

تجرى عملية البرمجة باستخدام لغات خاصة بسيطة لاتحتاج عادة إلى معرفة مسبقة بلغات الحاسب ولا إلى مستوى عالي من البرمجة من أشهرها:

مخططات الدرج: ladder diagram(LD) وهي لغة بيانية تشبه مخططات الدارات الكهربائية القائمة على الحواكم والملفات، يمكن تعلمها بسهولة لمن يعمل في المجالات الكهربائية. يتألف البرنامج من مجموعة خطوات مترابطة، وهي أكثر اللغات استخداماً في الأتمته الصناعية.

لغة لائحة التعليمات: instruction list (IL) وهي لغة تشبه لغة «المجمّع» الخاصة بالمعالجات الصغرية.

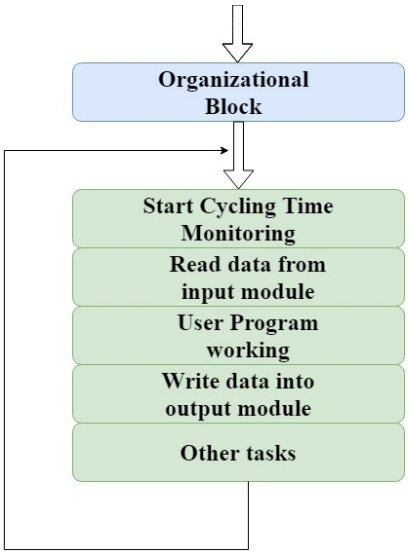
لغة النص المركب: structured text (ST) وهي لغة تشبه لغات البرمجة المتقدمة الخاصة بالحاسوب.

لغة المخططات الصندوقية الوظيفية: function block diagram (FBD) وهي لغة تستخدم صناديق يمكن ربطها ببعضها، لكل صندوق وظيفة محددة لتحقيق عمليات معقدة نسبياً.

لغة المخططات الوظيفية التتابعية: sequential function charts (SFC) وهي لغة بيانية تسمح بالتوصيف الوظيفي لعمليات الأتمته وبرمجتها. تسهّل هذه اللغة العمليات التفرعية والمعقدة، وتسمح بمراقبة سير العمليات في الزمن الحقيقي.

كيف تعمل وحدة التحكم المنطقية PLC؟

يمكن فهم عمل وحدة التحكم المنطقية القابلة للبرمجة بسهولة على أنها طريقة مسح دوري تعرف باسم دورة المسح.



مخطط صندوقي لكيفية عمل وحدة التحكم المنطقيةPLC

تتضمن عملية مسح PLC الخطوات التالية:

يبدأ نظام التشغيل في الدوران ومراقبة الوقت.

تبدأ وحدة المعالجة المركزية في قراءة البيانات من وحدة الإدخال وتتحقق من حالة جميع المدخلات.

تبدأ وحدة المعالجة المركزية في تنفيذ برنامج المستخدم أو التطبيق المكتوب بمنطق ريلي ليدر (relay-ladder) أو أي لغة برمجة PLC أخرى.

بعد ذلك، تقوم وحدة المعالجة المركزية بتنفيذ جميع مهام التشخيص والتواصل الداخلي.

وفقاً لنتائج البرنامج، يقوم بكتابة البيانات في وحدة الإخراج بحيث يتم تحديث جميع المخرجات.

تستمر هذه العملية طالما أن PLC في وضع التشغيل.

مكونات وحدة الـ PLC:

يتألف جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة الـ PLC من المكونات الرئيسية التالية ويطلق عليها غالباً الكروت Cards:

وحدة الدخل Input module

وحدة المعالجة المركزية CPU

وحدة الخرج Output module

وحدة مصدر القدرة Power supply unit

وحدة المشغل Operator unit

جهاز البرمجةProgramming Device

وحدة الدخل Input Module :

وحدات إدخال رقمي :Digital Input Cards تؤدي نفس الوظيفة التي تقوم بها الريليهات ومفاتيح التلامس بحيث أنها تشبه حالات التشغيل والإيقاف ولكن بأسلوب منطقي آخر (إشارة جهد دخل ذو مستوى مرتفع أم منخفض).

وحدات إدخال تماثلي :Analog Input Cards وتشبه إلى حد ما أجهزة الاستشعار أو المجسات حيث يمكن أن تكون لقياس الحرارة، الجهد، أو غير ذلك.

يتم توصيل وحدة الدخل بمجموعة من العناصر الفيزيائية مثل المفاتيح الكهربائية والمجسات ومقاييس الحرارة و الوزنومجسات مستوى السوائل وغيرها حيث تقوم وحدة الدخل باستقبال الإشارات التماثلية والرقمية المرسلة من هذه العناصر وتقوم بتحويلها إلى إشارات منطقية يمكن إن تتعامل معها وحدة المعالجة المركزية.

وحدة المعالجة المركزيةCPU :

عبارة عن معالج دقيق يحتوي على ذاكرة النظام وهي كذلك مركز اتخاذ القرارات وتهتم هذه الوحدة بعملية إدارة وتشغيل نظام التشغيل، البرنامج المخزون ومعالجة البيانات بين الدخل، الذاكرة والخرج.

وتقومCPU بما يلي:

- استقبال ومعالجة الإشارات المنطقية المرسلة من وحدة الدخل.
- اتخاذ القرارات المناسبة حسب التعليمات المخزنة في ذاكرة البرنامج.
- إصدار أوامر التحكم لوحدة الخرج حسب تعليمات البرنامج المخزنة في الذاكرة.
- تقوم وحدة الـ CPU بعديد من العمليات مثل العد، التوقيت، مقارنة البيانات، العمليات المتسلسلة.
- نقل تعليمات البرنامج المخزنة في الذاكرة.

وحدة الذاكرة Memory unit :

يوجد نوعين رئيسيين من الذاكرة في وحدة الـPLC هما :

الذاكرة العشوائية: (RAM) وهي الذاكرة التي يمكن إدخال البيانات (DATA) لها مباشرة من أي عنوان (Address)كما أنه يمكن كتابة وقراءة البيانات من هذه الذاكرة. وهي ذاكرة غير دائمة (مؤقتة) بمعنى أن البيانات المخزنة فيها ستفقد في حالة فقد الطاقة الكهربائية المشغلة لها و لذلك يتم تركيب بطارية لتجنب فقد البيانات في حالة فقد الطاقة الرئيسية المشغلة لها.

2 – **ذاكرة القراءة فقط: (ROM)** وهي الذاكرة التي يمكن قراءة البيانات منها و لكن لا يمكن كتابة البيانات فيها. تستخدم هذه الذاكرة لحماية البيانات أو البرامج المخزنة فيها من المحو، وهي ذاكرة دائمة بمعنى أن البيانات المخزنة فيها لن تفقد في حالة فقد الطاقة الكهربائية.

تنقسم هذه الذاكرة الذاكرة القراءة فقط القابلة للبرمجة والمسح (EPROM) وهي ذاكرة للقراءة فقط ولكن يمكن مسح البيانات منها وذلك بتعريضها للأشعة فوق البنفسجية لتصبح جاهزة لاستقبال بيانات جديدة بواسطة كاتب بيانات خاص بها، وذاكرة القراءة فقط القابلة للمسح والبرمجة إلكترونياً(EEPROM) وهي كذلك ذاكرة للقراءة فقط ولكن يمكن أن يتم مسح البيانات المخزنة بها وذلك بوضعها على صيغة عدم الحماية (Unprotected Mode)(ومن ثم إدخال بيانات جديدة لها.

وحدة الخرج Output Module :

تقوم وحدة الخرج بالوظائف التالية:

استقبال تعليمات التحكم المنطقية المرسلة من وحدة CPU
تحويل هذه التعليمات إلى إشارات رقمية أو تماثلية يمكن استخدامها للتحكم في مجموعة منوعة من المشغلات (Actuators).
يمكن أن تكون أجهزة الإدخال إما أزرار تشغيل وإيقاف، ومفاتيح، وما إلى ذلك، ويمكن أن تكون أجهزة الإخراج عبارة عن سخان كهربائي، وصمامات، وريليهات، وما إلى ذلك.
وحدات إخراج رقمي :Digital Output Cards تؤدي هذه الوحدات عمليات الفتح والقفل مثل المفاتيح العادية ونقاط التلامس المفتوحة والمغلقة في عنصر الريلاي.
وحدات إخراج تماثلي :Analog Output Cards عادة ما يكون خرج هذه الوحدات هو جهد ذا تيار مستمر VDC متغير القيمة ويمكن تشبيهه بمقسم الجهد.

إضافة إلى ماسبق هناك :

وحدة الاتصال :Communication Card الغرض الرئيسي من هذه الوحدة هو تبادل البيانات بين الجهاز ووحدة أخرى مثل الحاسوب الشخصي أو جهاز PLC اخر.

وحدة إمداد القدرة وبطارية الدعم :Power Supply and Battery Backup تهتم وحدة إمداد القدرة باستلام القدرة الكهربائية من مصدر خارجي وتوزيعها بشكل ملائم على جميع الوحدات السابقة بجهد مناسب لعملها وتيار مناسب خاصة في وحدات الإخراج التماثلي. أما بطارية الدعم فتستعمل لحفظ نظام التشغيل والبرنامج عند انقطاع الطاقة الكهربائية لفترة من الوقت.

.....نهاية الفصل السابع.....

.....