الفصل التاسع 9

مبدلات الطاقة (الحساسات)

Transducers

9-1 مقدمة

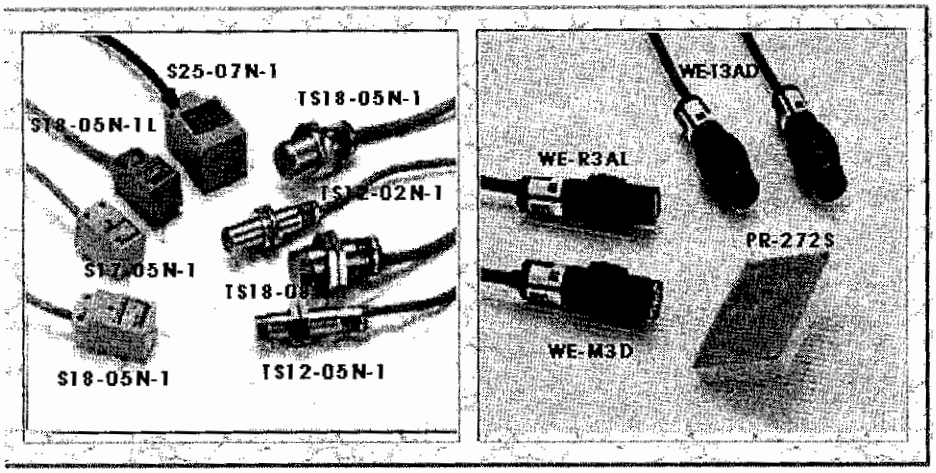
الغرض من التقابل مع الحاسب فى هذا المقرر هو التعامل مع الإشارات التى تمثل متغيرات طبيعية نتعامل معها فى شتى المجالات ، مثل مفتاح بسيط نضعه على باب أو شباك نحس عن طريقه باقتحام المنزل أو دخول غير مرغوب فيه ، أو حساس لدرجة الحرارة نضعه فى أحد الأفران ليحول درجة الحرارة إلى جهد أو تيار يتناسب معها فنقرأها بالحاسب ونقارنها بقيمة مرجعية لنقرر إذا كانت الحرارة مرتفعة فنوقف السخانات وهل يحتاج الأمر لتشغيل مبردات أم لا ، أم أن الحرارة منخفضة فتظل السخانات مستمرة . وهكذا هناك الكثير من المتغيرات الطبيعية التى نريد أن نرى كيف يتم تحويلها إلى جهد أو تيار حتى نستطيع قراءتها بالحاسب ، وهذا ما سنراه فى هذا الفصل .

9-2 المبدلات المفتاحية

هذه الحساسات تكون طبيعتها مفتاحية ، أى أنها تعمل كمفتاح ، وهى فى الأصل مفتاح ، يكون مفتوحا ON أو مقفلا OFF بحيث أن الإشارة التى يتعامل معها هذا المفتاح ستكون موجودة أو غير موجودة ، وهناك الكثير من هذه المفاتيح المتعددة الوظائف والمتعددة الأسماء والمتعددة الأشكال والمتعددة الأحجام . سنذكر هنا على سبيل المثال لا الحصر بعضا من هذه المفاتيح :

مفاتيح التقارب Proximity switches

هذه المفاتيح تفتح أو تقفل ، أى تغير حالتها ، عند اقتراب هدف منها على مسافات معينة تتوقف على نوع المفتاح ونظرية عمله ونوع مادة هذا الهدف . من هذه الأنواع المفاتيح الكهرومغناطيسية التى تنشر حولها مجالا كهرومغناطيسيا بحيث عند دخول الهدف فى منطقة هذا المجال فإن المفتاح يغير من حالته . بالطبع فإن الهدف لابد أن يكون معدنيا . هناك المفاتيح السعوية ، وهى عبارة عن مكثف عند مرور الهدف قريبا منه أو بين لوحيه فإنه يغير من طبيعة الوسط العازل بين اللوحين فيغير المفتاح من وضعه . من هذه المفاتيح ما يعمل بالموجات فوق الصوتية ، بمعنى أن المفتاح يصدر هذا النوع من الموجات التى ترتد من الهدف على بعد معين فيحس بها المفتاح ويغير من وضعه عند اقتراب الهدف . نلاحظ أن كل هذه المفاتيح لا تعتمد على التلامس مع الهدف ، ولكن يكفى اقتراب الهدف منها . شكل (9-1) يبين بعض أمثلة على هذه المفاتيح المتاحة فى الأسواق .



شكل (9-1) بعض أمثلة على مفاتيح التقارب المتاحة

فى شكل (9-1) مجموعة المفاتيح اليسرى تمثل مفاتيح تقاربية حثية inductive switches . بينما المجموعة اليمنى فتمثل مفاتيح ضوئية photo switches تعمل بنظرية قطع شعاع ضوئى يسقط على المفتاح من عاكس ضوئى كالمبين فى نفس الصورة .

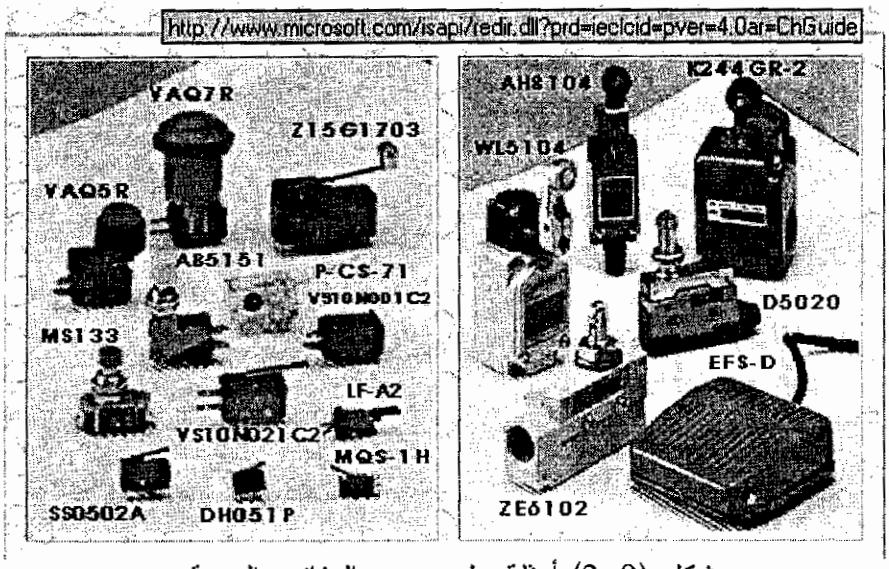
المفاتيح الحدية Limit switches

تستخدم هذه المفاتيح لبيان أن الماكينة أو النظام تحت التحكم قد وصل حد أو وضع نهائى معين . معظم هذه المفاتيح من النوع الميكانيكى ، أى أنها تغير حالتها نتيجة تغير فى وضعها الميكانيكى . هنا لابد أن يتم اتصال ميكانيكى بين الهدف أو نظام التحكم والمفتاح نفسه . لذلك لابد من اختيار المكان المناسب لتركيب هذه المفاتيح لأنها من الممكن أن تتلقى صدمات أثناء التشغيل كما أنها فى الغالب تكون عرضة للتلوث من الوسط المحيط بها مما قد يؤثر على أدائها . شكل (9-2) يبين صورا لبعض أشكال هذا النوع من المفاتيح . نلاحظ من هذا الشكل أن بعض هذه المفاتيح عبارة عن مفاتيح ضغط عادية ، وبعضها له ذراع عزم قليل low torque switches بحيث يمكن التأثير على هذا المفتاح بأقل قوة .

9-3 المبدلات (الحساسات) Transducers

الحساس هو جهاز يقوم بتحويل الطاقة من شكل لشكل آخر . هذا هو التعريف العام للحساس ، وأقرب مثال لذلك الترمومتر الذى يحول درجة الحرارة إلى

تغير فى ارتفاع عمود من الزئبق ، وكلنا يعرف التطبيقات الكثيرة لهذا الترمومتر . التعريف الذى يهمنا هنا والخاص بنا فى هذا المجال هو كالتالى : الحساس هو جهاز يحول الطاقة من أى صورة إلى الصورة الكهربية (فى صورة تيار أو جهد) بحيث يمكن قياسها بأى جهاز قياس كهربى ، أو يمكن إدخالها على الحاسب للتحكم فيها .

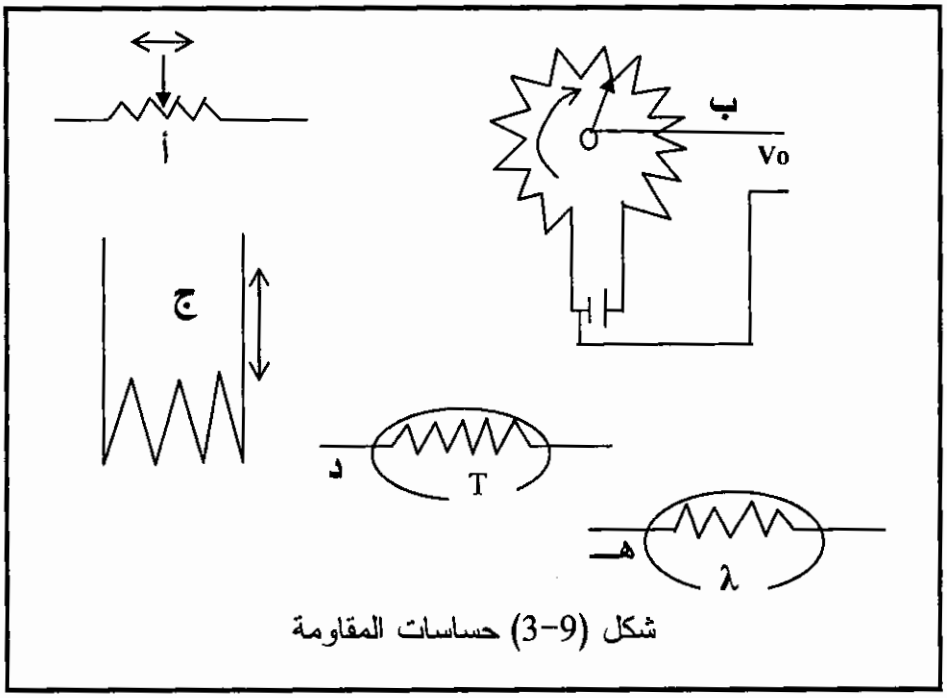


شكل (9-2) أمثلة على بعض المفاتيح الحدية

خرج هذه المبدلات يكون تزايدى ، بمعنى أن جهد أو تيار الخرج يتناسب مع طبيعة المتغير الذى تتم مراقبته . فمثلا مبدل درجة الحرارة يعطى جهدا يزداد بزيادة درجة الحرارة . لذلك فإن خرج هذه المبدلات يتم إدخاله للحاسب من خلال محول انسيابى رقمى بعد تكبير الإشارة وتهيئتها .

هناك العديد من هذه المبدلات والتى تختلف باختلاف طبيعة المتغير الذى نتعامل معه ولكن كلها تقريبا تحتوى عنصرا خاملا passive تتغير قيمته بتغير المتغير الذى نقوم بقياسه . هذا العنصر الخامل قد يكون مقاومة أو مكثف أو ملف . شكل (9-3) يبين بعض الصور لمبدلات المقاومة ، وهى المبدلات التى تستخدم مقاومة تتغير بتغير المعامل المراد قياسه . فى شكل (9-3أ) نرى استخدام المقاومة المتغيرة المنزلقة لقياس الإزاحة الخطية ، وفى شكل (9-3ب) نرى استخدام نفس المقاومة المتغيرة الموضوعة فى شكل دائرى لقياس الإزاحات الدائرية ، ثم نرى فى شكل (9-3ج) استخدام المقاومة لقياس الضغط أو الإجهاد باستخدام مقياس الإجهاد strain gage ، كذلك يبين شكل (9-3د) استخدام

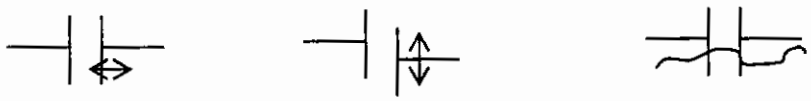
المقاومة كحساس للحـــرارة Thermistor ، وكحســـاس لشـــدة الضـــوء photo resistance كما فى شكل (9-3هـ) .



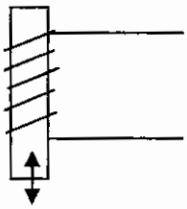
شكل (9-3) حساسات المقاومة

شكل (9-4) يبين الحساسات السعوية التى تعتمد على تغير قيمة مكثف نتيجـــة التغير فى الكمية المقاسة . التغير قد يحدث فى المسافة بين لوحى المكثف حيث يمكن قياس إزاحة خطية فى هذه الحالة ومن أهم تطبيقاتها الميكروفونات السعوية ، وقد يحدث هذا التغير فى المساحة الفعالة لكل من اللوحين ، وقد يحـــدث هـــذا التغير فى الوسط بين اللوحين فيمكن فى هذه الحالة قياس مستويات لســـوائل أو موائع .

الحساسات الحثية من الحساسات التى تستخدم بكثرة وبالذات فى قياس الإزاحـــة الصغيرة . تعتمد الحساسات الحثية على التغير فى الحث الناتج عن ملف ســـواء نتيجة الإزاحة الحادثة على قلب هذا الملف . شكل (9-5) يبين هذا النوع مـــن الحساسات .



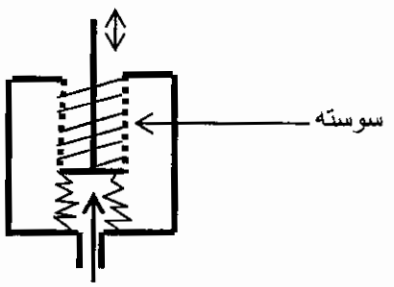
شكل (9-4) الحساسات السعوية



شكل (9-5) الحساسات الحثية

9-4 حساسات الضغط Pressure Transducers

فى العادة يتم تحويل الضغط إلى قوة تؤثر على أى نوع من أنواع الحساسات سواء حساسات المقاومة أو الحساسات الحثية أو الحساسات السعوية كما سنرى فيما يلى . شكل (9-6) يبين تركيبة ميكانيكية لتهيئة الضغط حتى يمكن استخدامه كقوة مؤثرة على أحد الحساسات السابقة .



شكل (9-6) تهيئة الضغط ليناسب الحساس المستخدم

1- استخدام حساس الإجهاد Strain gage

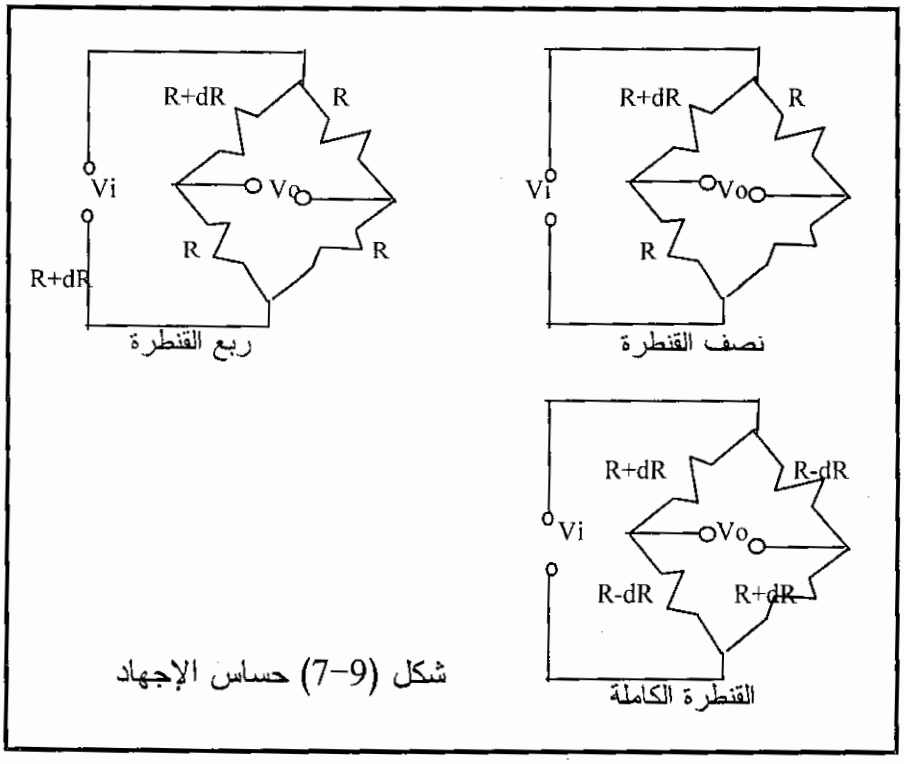
حساس الإجهاد عبارة عن مقاومة تتغير قيمتها نتيجة تغير الضغط الواقع عليها . حيث بتوقيع ضغط على هذه المقاومة يحدث تغير فى شكلها (استطالة فى سلك المقاومة أو قصر فيه) وبالتالى تغير فى قيمة المقاومة يتناسب مع هذا الضغط الواقع ويمكن قياس هذا التغير . التغير الحادث فى المقاومة يعطى بالعلاقة التالية:

$$dR = GREa$$

حيث dR هو قيمة التغير الحادث فى قيمة مقاومة الحساس R ، و G تسمى معامل الحساس gage factor وهذا يعتبر خاصية طبيعية من خواص الحساس تتوقف على المادة المصنوع منها وتتحدد من المصنع ، و Ea هو الإجهاد العمودى الواقع على الحساس . قيمة المعامل G لمادة مثل النيكل كروم Nickel Chrome هى 2 بينما تكون قيمته لبعض أشباه الموصلات 150 . يستخدم هذا الحساس فى قياس الضغط فى الكثير من التطبيقات مثل الكبارى وأعمدة الخرسانة وفى خلايا الوزن . فى العادة يستخدم هذا الحساس كأحد أزرع قنطرة مقاومات كما فى شكل (9-7) حتى يمكن قياس فرق جهد يتناسب مع التغير فى قيمة المقاومة . هناك ثلاثة أشكال لهذه القنطرة وهى ربع القنطرة ونصف القنطرة والقنطرة الكاملة كما فى شكل (9-7) .

بالنسبة لدائرة ربع القنطرة التى يكون واحد فقط من أزرعها (R+dR) هو الحساس والثلاثة أزرع الأخرى كل منهم عبارة عن مقاومة مساوية لمقاومة الحساس . فى هذه الحالة يمكن إيجاد علاقة بين خرج القنطرة Vo ودخلها Vi كما يلى :

$$Vo = Vi\ G\ Ea/2(2+GEa)$$



شكل (9-7) حساس الإجهاد

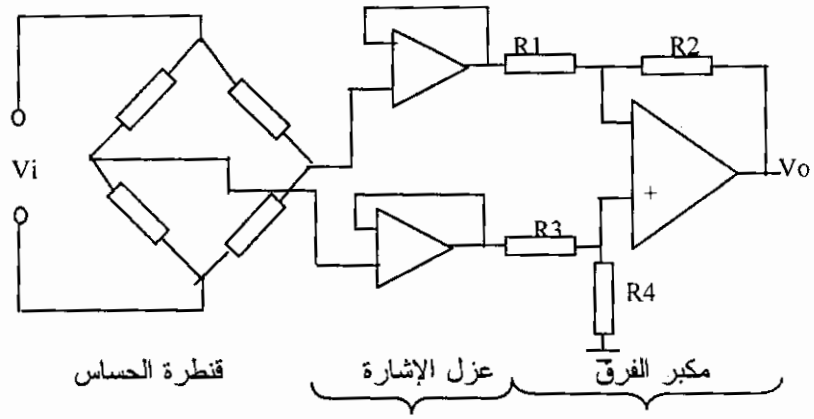
بالنسبة لدائرة نصف القنطرة التى تحتوى حساس فى اثنين من ذراعيها ، والحساسان متطابقان تماما ، والذراعان الآخران كل منهما عبارة عن مقاومة مساوية لمقاومة الحساس . فى هذه الحالة يمكن حساب قيمة الخرج كما يلى :

$$Vo = Vi\ G\ Ea/(2 + G\ Ea)$$

ونلاحظ هنا أن قيمة الخرج ضعف قيمته فى حالة ربع القنطرة .
فى حالة القنطرة الكاملة يتم وضع حساس فى كل ذراع من أذرع القنطرة ، وكل الحساسات متطابقة ، ويتم وضع الحساسات بحيث يكون اثنان منهم تحت ضغط والاثنان الآخران تحت شد كما فى شكل (9-7) . ويمكن حساب خرج القنطرة فى هذه الحالة كما يلى :

$$Vo = Vi\ G\ Ea$$

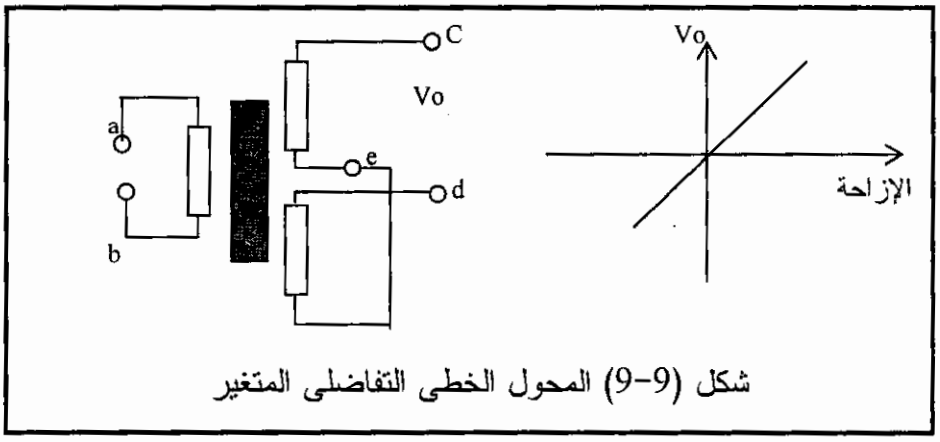
فى كل القناطر السابقة يكون خرج القنطرة صغير وغير مناسب للإدخال على الحاسب لأن خرج القنطرة لا يحتوى الطرف الأرضى للدائرة ، أى أن الخرج يكون عائم floating كما فى شكل (9-7) . لذلك لابد من تكبير خرج أى واحدة من هذه القناطر باستخدام مكبر الفرق كما فى شكل (9-8) . لاحظ استخدام عازل لكل دخل من أطراف مكبر الفرق حتى نوفر مقاومة عالية عند دخل هذا المكبر . بذلك تكون هذه الإشارة جاهزة للدخول على محول انسيابى رقمى قبل إدخالها على الحاسب .



شكل (9-8) تكبير إشارة قنطرة الحساس وتهيئتها للدخول على محول انسيابى رقمى

2- باستخدام المحول الخطى التفاضلى المتغير
Linear Variable Differential Transformer, LVDT

هذا المحول هو أحد الحساسات الشائعة الاستخدام والتى تحول القوة أو الضغط إلى إزاحة على قلب المحول فيتغير خرجه تبعا لتغير الضغط أو القوة . شكل (9-9أ) يبين رسما تخطيطيا لهذا المحول . كما نلاحظ من هذا الشكل فإن المحول يتكون من ملف ابتدائى a-b تتم تغذيته من إشارة ترددية ذات تردد وجهد مناسبين ، وملفين ثانويين c-e و d-e موصلين على التوالى بحيث يلاشى الجهد الناتج على أحد الملفين الجهد الناتج على الملف الآخر بحيث يكون الجهد الكلى بين النقطتين c-d يساوى صفر فى وضع الاستقرار الذى يكون فيه القلب المغناطيسى فى المنتصف بالضبط . عند حدوث إزاحة للقلب فى أى اتجاه يكون فرق الجهد على أحد الملفين الثانويين أكثر من الآخر وينشأ فرق جهد بين النقطتين c-d تتوقف قيمته وإشارته على مقدار الإزاحة التى حدثت واتجاهها . العلاقة بين فرق الجهد الناتج والإزاحة وبالتالى القوة أو الضغط علاقة خطية كما فى شكل (9-9ب) . خرج هذا المحول يمكن إدخاله على مكبر فرق كما فى شكل (9-8) تمهيدا لتوصيله على محول انسيابى رقمى ثم الحاسب . حساسية هذا المحول حوالى نصف إلى اثنين مللى فولت لكل إزاحة مقدارها 0.01 مللى متر .



شكل (9-9) المحول الخطى التفاضلى المتغير

9-5 حساسات الحرارة Temperature Transducers

تعتبر درجة الحرارة ، قياسها والتحكم فيها من أكثر المتغيرات الطبيعية استخداما فى العمليات الصناعية . يوجد ثلاثة أنظمة لقياس درجة الحرارة ، وهى النظام

المئوى ، والكلفن ، والفهرنهيت ، والعلاقة بين هذه الأنظمة الثلاثة تعطى بالعلاقات التالية :

$F = 9(C + 32)/5$	degree Fahrenheit
$C = (5F/4 - 32)$	degree centigrade
$K = C + 273$	degree Kelvin

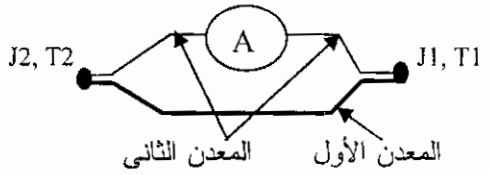
9-5-1 الازدواج الحرارى Thermocouple

تتكون وصلة الازدواج الحرارى عند اتصال معدنين مختلفين فى نقطة واحدة . عند تسخين هذه الوصلة يتولد بين المعدنين فرق جهد معين يتناسب مع درجة الحرارة . هذه الظاهرة اكتشفها العالم Thomas Seebeck فى سنة 1821 وتعرف بتأثير سيبيك Seebeck effect . شكل (9-10) يبين هذه الوصلة حيث نلاحظ عمل وصلتين J1 و J2 بحيث يتم تسخين أحد الوصلتين وتوضع الوصلة الأخرى عند درجة حرارة تكون مرجعا للأخرى . يمكن كتابة الجهد الناتج كما يلى :

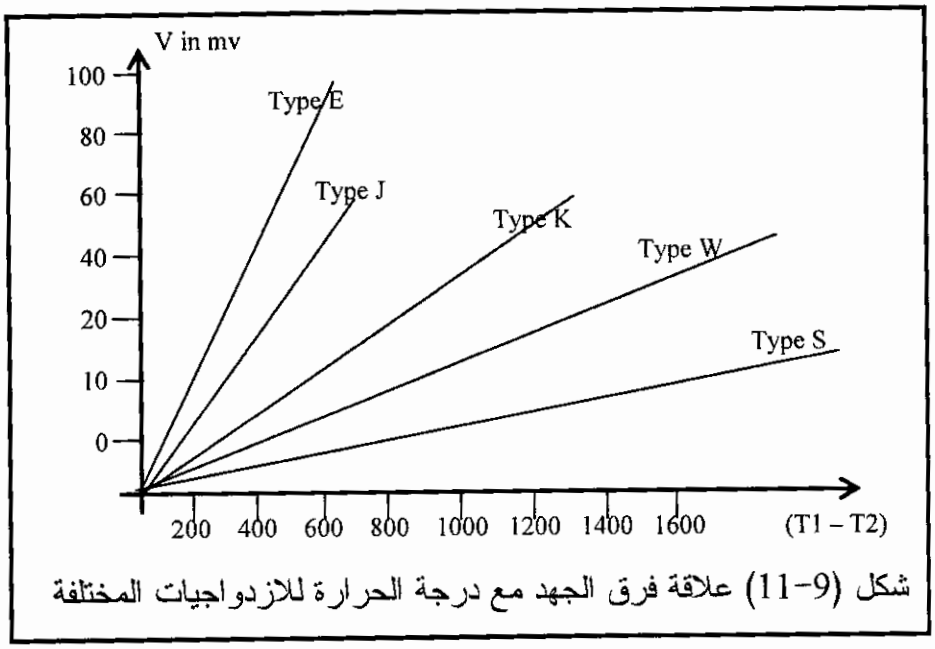
$$V = \alpha (T1 - T2)$$

حيث α تسمى معامل سيبيك وهى مقياس لحساسية الازدواج الحرارى وتتراوح قيمتها ما بين 6.5 إلى 80 ميكروفولت لكل درجة مئوية .

يمكن توصيل أكثر من ازدواج حرارى على التوالى لزيادة حساسية الازدواج حيث سيكون الجهد الناتج مساوى لمجموع الجهدين الناتجين عن الوصلتين على التتابع . بالرغم من أن علاقة فرق الجهد مع درجة الحرارة تظهر خطية تماما إلا أنها عمليا تحيد قليلا عن هذه الخطية . شكل (9-11) يبين العلاقة بين درجة الحرارة وفرق الجهد الناتج لبعض الازدواجيات الحرارية . جدول 9-1 يبين مقارنة بين بعض الازدواجيات من حيث درجة الحرارة عند 100 درجة مئوية وكذلك المدى الحرارى الذى يعمل عنده كل ازدواج .



شكل (9-10) الازدواج الحرارى



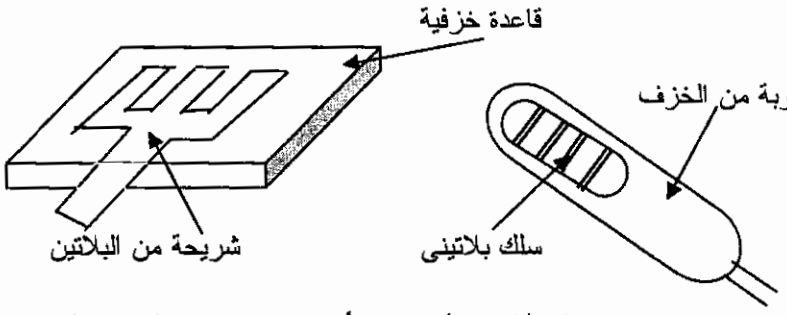
شكل (9–11) علاقة فرق الجهد مع درجة الحرارة للازدواجيات المختلفة

جدول 9–1 مقارنة بين بعض الازدواجيات

اسم الازدواج	مادة الازدواج	المدى الحرارى بالتدريج المئوى	فرق الجهد الناتج عند 100 درجة مئوى ، مرجع صفر مئوى
J	Iron-(Copper-Nickel)	0 to 750	5.268mv
K	(Nickel-Chrome)-(Nickel-Aluminum)	-200 to 1250	4.095mv
E	(Nickel-Chrome)-(copper-Nickel)	-200 to 900	6.317mv
T	Copper-(Copper-Nickel)	-200 to 350	4.277mv
S	(Platinum10%-Rhodium)-Platinum	0 to 1450	0.645mv
R	(Platinum13%-Rhodium)-Platinum	0 to 1450	0.647mv
B	(Platinum30%-Rhodium)-Platinum6%-Rhodium)	0 to 1700	0.033mv

9-5-2 المقاومة الحرارية Thermistor

يوجد نوعان من المقاومات الحرارية ، الأول تزداد فيه قيمة المقاومة مع زيادة درجة الحرارة ، النوع الثانى تقل فيه قيمة المقاومة مع زيادة درجة الحرارة ، وفى كلا الحالتين يمكن معايرة قيمة المقاومة لتعكس قيمة درجة الحرارة . توجد هذه المقاومات فى أشكال متعددة تناسب التطبيقات المستخدمة فيها . شكل (9-12) يبين شكلين من هذه الأشكال .



شكل (9-12) بعض أشكال المقاومة الحرارية

9-5-3 أشباه الموصلات الحساسة للحرارة

Semiconductor Temperature Sensors

إن جهد الوصلة الثنائية (الدايود) المنحازة أماميا forward bias يكون دالة فى درجة الحرارة . فمثلا بالنسبة للدايود السيليكون نجد أن جهد الوصلة يزداد بمقدار 2.2mV لكل ارتفاع فى درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية . يمكن معايرة هذه الحساسات لقياس درجة الحرارة بدقة معقولة جدا للكثير من التطبيقات . تمتاز هذه الحساسات بأنها رخيصة الثمن ، صغيرة الحجم ويمكنها العمل فى المدى الحرارى من -40 حتى 150 درجة مئوية .

يمكن استخدام قنطرة مع مكبر فرق لتهيئة الإشارة الخارجة من حساسات الحرارة .

9-6 قياس التدفق Flow Measurement

من المعروف تاريخيا أن أول من قاسوا تدفق السوائل هم المصريون القدماء عندما كانوا يقيسون تدفق مياه النيل للتحكم فى عمليات الرى . هناك العديد من الطرق المستخدمة لقياس التدفق سنوجز بعضها فيما يلى :

9-6-1 استخدام الضغط الديناميكى لقياس التدفق

Dynamic Pressure Flow meters

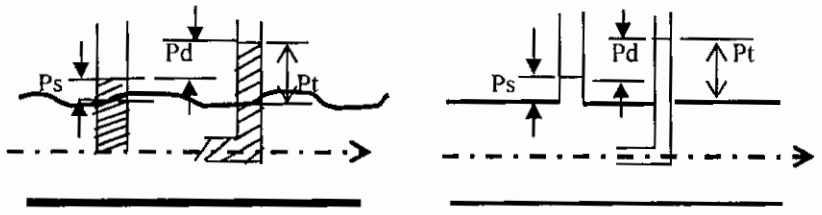
شكل (9-13) يبين استخدام هذه الطريقة لقياس التدفق . كما نرى يتم إدخال أنبوبة A إلى مركز تدفق السائل تقريبا . كما يتم إدخال أنبوبة أخرى B بعد الأنبوبة الأولى بمسافة قصيرة ، وهذه الأنبوبة يكون طرفها الموجود داخل السائل قائم الزاوية بحيث تواجه الزاوية القائمة السائل المتدفق وتكون فى نفس مستوى الأنبوبة الأولى تقريبا . نتيجة لهذا الوضع للأنبوبتين سينشأ ضغط ديناميكى يعطى بالعلاقة التالية :

$$Pd = Pt - Ps$$

حيث Pd هو الضغط الديناميكى dynamic pressure ، و Pt هو الضغط الكلى total pressure فى الأنبوبة B ، و Ps هو الضغط الاستاتيكى static pressure الناشئ عند سكون السائل . سرعة السائل المتدفق كدالة فى الضغط الديناميكى تعطى بالعلاقة التالية :

$$V = \sqrt{\frac{2Pd}{\rho}}$$

حيث V هى سرعة السائل أو الغاز المتدفق ، Ps, Pt, Pd كما ذكرنا سابقا ، ρ هى كثافة السائل أو الغاز المتدفق .



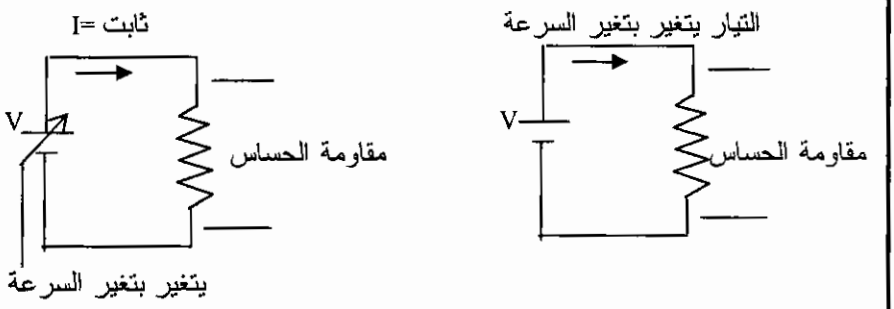
شكل (9-13) استخدام الضغط الديناميكى لقياس التدفق

9-6-2 استخدام السلك الساخن لقياس التدفق

Hot Wire Anemometer

تعتمد فكرة هذا النوع من الأجهزة على تسخين مقاومة سلكية لدرجة أعلى من المائع المراد قياس تدفقه ويتم التسخين بواسطة تيار يمر فيها . بعد ذلك نتيجة تدفق المائع يحدث تبريد للسلك فتتغير مقاومته وبالتالى يزداد التيار المار بها ،

يمكن معايرة هذا التيار ليصبح مقياسا لسرعة تدفق المائع ، وهذه الطريقة تسمى طريقة الجهد الثابت . يمكن تغير قيمة الجهد المطبق على المقاومة للحفاظ على ثبات التيار المار فى المقاومة ، وفى هذه الحالة يمكن معايرة الجهد ليكون مقياسا للتدفق ، وهذه الطريقة تسمى طريقة التيار الثابت . شكل (9-14) يبين هـاتين الطريقتين .



شكل (9-14) معايرة الجهد أو التيار لقياس التدفق

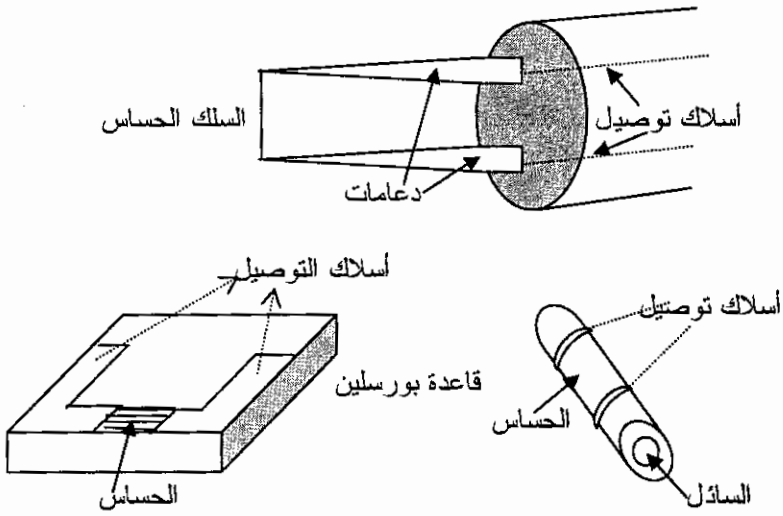
الحرارة المتولدة فى المقاومة تعطى بالعلاقة التالية :

$$i^2 R = (C0 + C1\sqrt{V})A(Tw - Tf)$$

حيث :

V هى سرعة المائع
i التيار المار فى المقاومة
R مقاومة الحساس
A مساحة مقطع سلك الحساس
Tw درجة حرارة الحساس
Tf درجة حرارة المائع
C0, C1 ثوابت

يوجد هذا الجهاز فى أكثر من صورة بعضها موضـح فـى شـكل (9-15) . تستخدم هذه الأجهزة لقياس سرعات من 0.1 متر/ثانية حتى 500 متر/ثانية وفى درجات حرارة تصل حتى 750 درجة مئوية .



شكل (9-15) أشكال مختلفة لأجهزة قياس التدفق

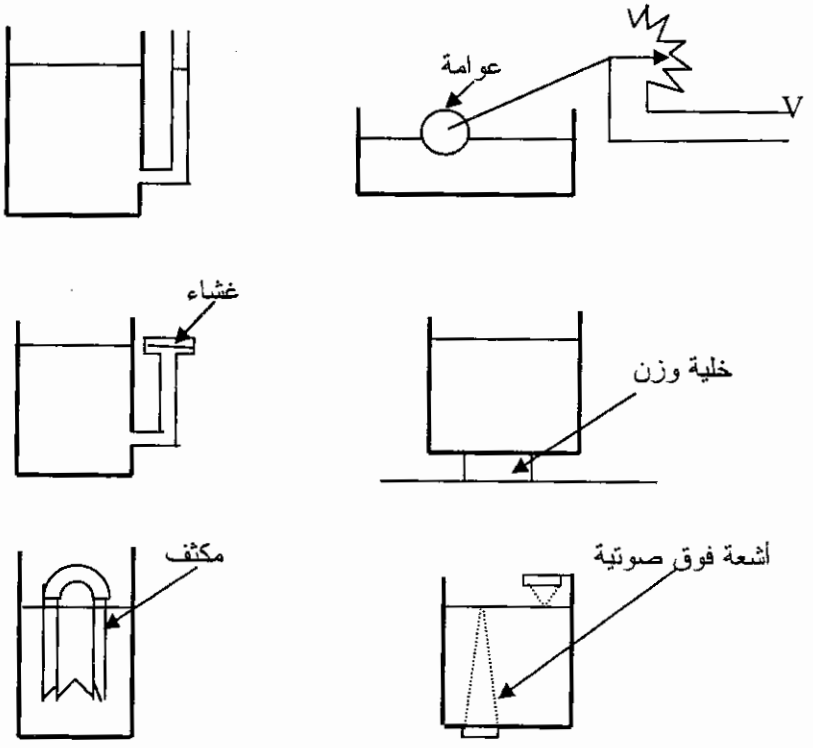
هناك طرق أخرى تستخدم لقياس التدفق ومنها الطرق الكهرومغناطيسية وطرق تستخدم الموجات الفوق صوتية وكل هذه الطرق تستخدم غالبا فـــى الأغـــراض الطبية مثل قياس سرعة الدم فى الأوعية الدموية ، ولن ندخل فى تفاصيل هـــذه الطرق .

9-7 قياس المستوى Level Measurement

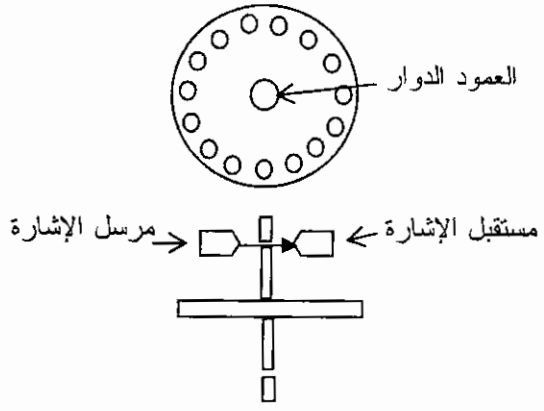
الحساسات التى تحول مستوى المائع إلى إشارة كهربية كثيرة وتختلـــف علـــى حسب التطبيق المستخدم ، بل إن بعضها يمكن تصميمه ليتناســـب مـــع طبيعـــة التطبيق . شكل (9-16) يبين بعض الطرق المستخدمة لذلك .

9-8 قياس السرعة Speed Measurement

يعتبر نظام القرص المثقب أو مشفر العمود الدوار shaft encoder مـــن أشـــهر طرق قياس السرعة الزاوية ، وبتعديل ميكانيكى فى نظام القياس يمكـــن قيـــاس السرعة الخطية أيضا . كما هو موضح فى شكل (9-17) فإن هذا النظام يتكون من قرص مثبت على العمود الدوار ، وعلى حسب طريقة تجهيز هذا القـــرص يمكن الحصول على إشارة تتناسب مع سرعة العمود . يمكن إعداد هذا القرص بثلاثة طرق مختلفة كالتالى :



شكل (9-16) أشكال مختلفة لحساسات المستوى



شكل (9-17) نظام القرص المثقب لقياس السرعة الزاوية

طريقة التلامس : فى هذه الطريقة يوضع نقاط تلامس مكان كل ثقب على القرص وتكون هناك ريشة مثبتة فى مكان ثابت بحيث يتم التلامس بين الريشة وكل نقطة على القرص عند الدوران . هذا التلامس يمكن تحويله إلى نبضة كهربية يمكن قراءتها . من عيوب هذه الطريقة الاحتكاك بين نقاط التلامس والريشة التى تقرأ الإشارة ، وكذلك الشرارة التى يمكن أن تحدث مع بداية ونهاية التلامس ، ولذلك فإن هذه الطريقة تكون غير عملية وهى غير مستخدمة تقريبا إلا فى حالات نادرة .

الطريقة المغناطيسية : فى هذه الطريقة يغطى القرص بمادة مغناطيسية توضع فى صورة عقد مكان الثقوب . تثبت رأس للقراءة المغناطيسية بالقرب من القرص بحيث يتم الحصول على نبضة كهربية كلما مرت عقدة مغناطيسية بالقرب من رأس القراءة . هذه الطريقة تشبه تماما طريقة التسجيل والقراءة من شرائط تسجيل الصوت المغناطيسية .

الطريقة الضوئية : فى هذه الطريقة يتم تثقيب القرص ثقوبا صغيرة قرب المحيط ، ويثبت مصدر ضوئى على أحد أجناب القرص وفى الجانب الآخر يوضع حساس للضوء . عند وجود أى ثقب بين مصدر الضوء وحساس الضوء يتم الحصول على نبضة كهربية عن طريق الحساس . هذه الطريقة هى الأكثر شيوعا من الطريقتين السابقتين .

9-5-1 طريقة قياس السرعة

ابسط طرق قياس السرعة هى عن طريق عمل ثقب واحد على القرص وفى هذه الحالة يتم حساب السرعة بأحد الطريقتين التاليتين :

1- حساب عدد النبضات التى يقرأها الحساس فى وحدة الزمن (ثانية ، أو دقيقة) وفى هذه الحالة فإن كل نبضة تقابل لفة من لفات العمود الدوار .

2- حساب الزمن بين نبضتين متتاليتين ومقلوب هذا الزمن سيكون هو عدد اللفات فى وحدة الزمن .

مثال :

حدد دقة القياس عند استخدام كل من الطريقتين السابقتين فى قياس سرعة عمود دوار سرعته 100 لفة/دقيقة مرة و 10000 لفة/دقيقة مرة أخرى . اعتبر أن القرص يحتوى ثقب واحد فقط .

أولا باستخدام طريقة عد النبضات :

فى هذه الحالة يكون عدد النبضات الناتجة فى الدقيقة هو :

N = 100 X 1/1
= 100 pulses

حيث 100 تمثل سرعة العمود باللفة فى الدقيقة ، 1 فى البسط يمثل عدد الثقوب فى القرص ، و 1 فى المقام يمثل وحدة الزمن المستخدمة فى القياس (الدقيقة) . مقدار الخطأ فى هذه الحالة سيكون هو نبضة واحدة قد لا يمكن قراءتها عند نهاية القياس نتيجة توقف الدوران فى منتصف ثقب ، أو نبضة واحدة يتم قراءتها قبل بداية القياس نتيجة وقوف النظام فى منتصف ثقب . لذلك فإن نسب الخطأ ستكون :

E = (1/100)100%
= 1%

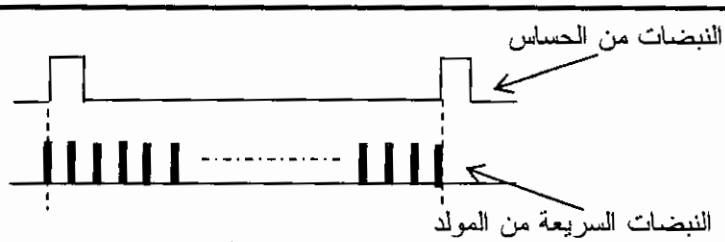
بالنسبة للسرعة الثانية سيكون عدد النبضات ونسبة الخطأ كما يلى :

N = 10000X1/1
= 10000 pulses

E = (1/10000)100%
= 0.01%

ثانيا باستخدام طريقة حساب الزمن :

فى هذه الطريقة يتم حساب الزمن بين نبضتين (أو ثقبين) عن طريق استخدام مولد نبضات بتردد سريع جدا يبدأ تشغيله مع بداية نبضة معينة ويوقف عند بداية النبضة التالية ، وبحساب عدد نبضات المولد ومعرفة تردده يمكن حساب الزمن بين الثقبين وبالتالى سرعة العمود . شكل (9-18) يوضح هذه الطريقة ، ويمكن حساب خطأ القياس فى هذه الحالة كما يلى :



شكل (9-18) قياس السرعة عن طريق قياس الزمن بين نبضتين متتاليتين من نبضات الحساس

الزمن بين نبضتين متتاليتين للسرعة الأولى هو :

T = (1/100) X 60 seconds

بافتراض أن تردد مولد النبضات f كان 10000نبضة/ثانية ، فإن عدد النبضات التى سيتم عدها بين نبضتين من نبضات الحساس سيكون :

$$N = T X f$$
$$= (1/100) X 60 X 10000$$
$$= 6000 \text{ pulses}$$

وسيكون الخطأ كالتالى :

$$E = (16000)100\%$$
$$= (1/60)\%$$

الذى يعتبر نسبة خطأ صغيرة جدا .

بالنسبة للسرعة الثانية :

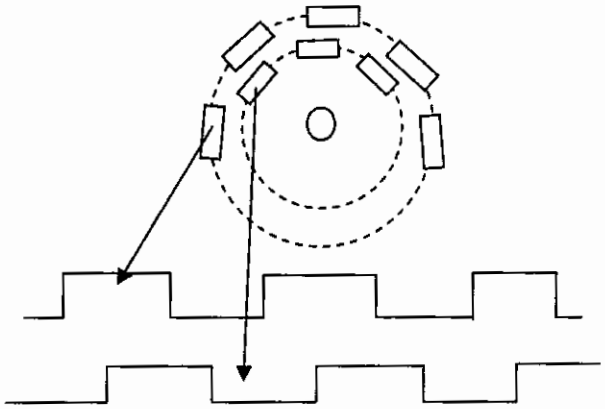
$$T = (1/10000) X 60 \text{ seconds}$$
$$N = (1/10000) X 60 X 10000$$
$$= 60 \text{ pulses}$$
$$E = (1/60) X 100\%$$
$$= (10/6)\%$$

وهذه تعتبر نسبة خطأ أكبر .

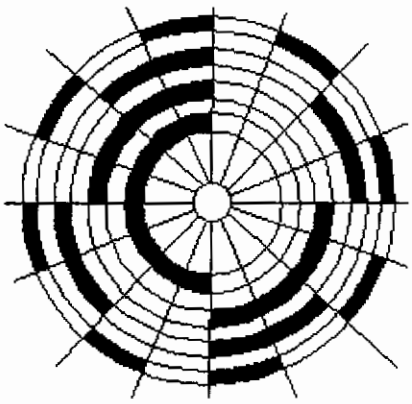
من ذلك نرى أن حساب السرعة عن طريق عد نبضات الحساس فى وحدة الزمن تعطى نسبة خطأ جيدة مع السرعات العالية ، بينما حساب السرعة عن طريق حساب الزمن بين نبضتين متتاليتين تعطى نسبة خطأ أحسن مع السرعات القليلة. بالطبع فإن استخدام عدد أكبر من الثقوب على القرص يمكن أن يحسن من نسبة الخطأ عند السرعات القليلة مع استخدام طريقة عد النبضات .

يمكن تحديد اتجاه الدوران باستخدام مجموعتين من الثقوب على القرص بدلا من مجموعة واحدة ، وفى هذه الحالة يتم وضع الثقوب بحيث يكون هناك زاوية طور مقدارها 90 درجة بين النبضات الناتجة من كل من المجموعتين كما فى شكل (9-19) . حاول التفكير فى دائرة رقمية يمكن بها تحديد اتجاه الدوران من الإشارتين الناتجتين من القرص الموجود فى شكل (9-19) .

يمكن توزيع الثقوب على القرص بحيث يمكن قراءة شفرات ثنائية مباشرة من الثقب تدخل إلى الحاسب مباشرة ، أو يمكن قراءتها بمحول رقمى انسيابى كما فى شكل (9-20) .



شكل (9-19) استخدام مجموعتين من الثقوب لتحديد اتجاه الدوران



شكل (9-20) محول رقمى انسيابى باستعمال القرص المثقب

مثال :

فى نظام تحكم فى مصعد مطلوب أن يقف المصعد على مسافة لا تزيد عن 5 ملليمتر من سطح أى دور من أدوار العمارة التى تبلغ 20 دورا وارتفاع كل دور يبلغ 3,3 متر . كم عدد الثقوب فى قرص يستخدم لهذا الغرض .

المسافة الكلية التى يقطعها المصعد هى :

$d = 20 \times 3.3 \times 1000$
$= 66000$ mm

عدد الخطوات التى يبلغ كل منها 5 ملليمتر :

$N = 66000/5 = 13200$

هذه الخطوات يتم بناؤها فى صورة ثقوب على قرص مثقب يقطع المسافة المطلوبة فى عدد M من اللفات . بافتراض أن هذا العدد يبلغ 100 لفة فإنه فى هذه الحالة سيكون عدد الثقوب على القرص هو :

$N = 13200/100 = 132$ holes