

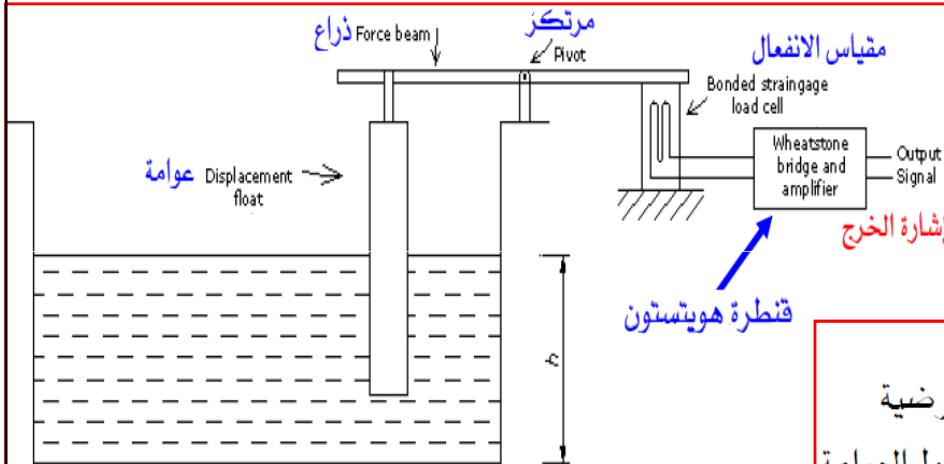
٢- ٣ عناصر قياس مستوى سائل:

قياس مستوى سائل في خزان تجده بكثرة في العمليات الصناعية ، وهناك طرق قياس مباشرة وغير مباشرة. الطرق المباشرة تحتوي على خزانات شفافة وعوامات مع مؤشرات خارجية ، بينما الطرق غير المباشرة تزودنا بإشارات تحكم. عدة طرق قياس غير مباشرة تستخدم قوانين الهيدروستاتيكا والتي تستند إلى القانون الذي يعطي العلاقة بين الضغط ومستوى السائل كالتالي:

$$P = \rho g h$$

حيث: P : الضغط الإستاتي (Pascal) ، ρ : كثافة السائل (kg/m^3) ، h : مستوى السائل بالمتر (m) ، g : تسارع الجاذبية الأرضية (m/sec^2) ($g=9.81\text{m/sec}^2$)

٢- ٣- ١ قياس مستوى سائل في خزان باستخدام العوامة:



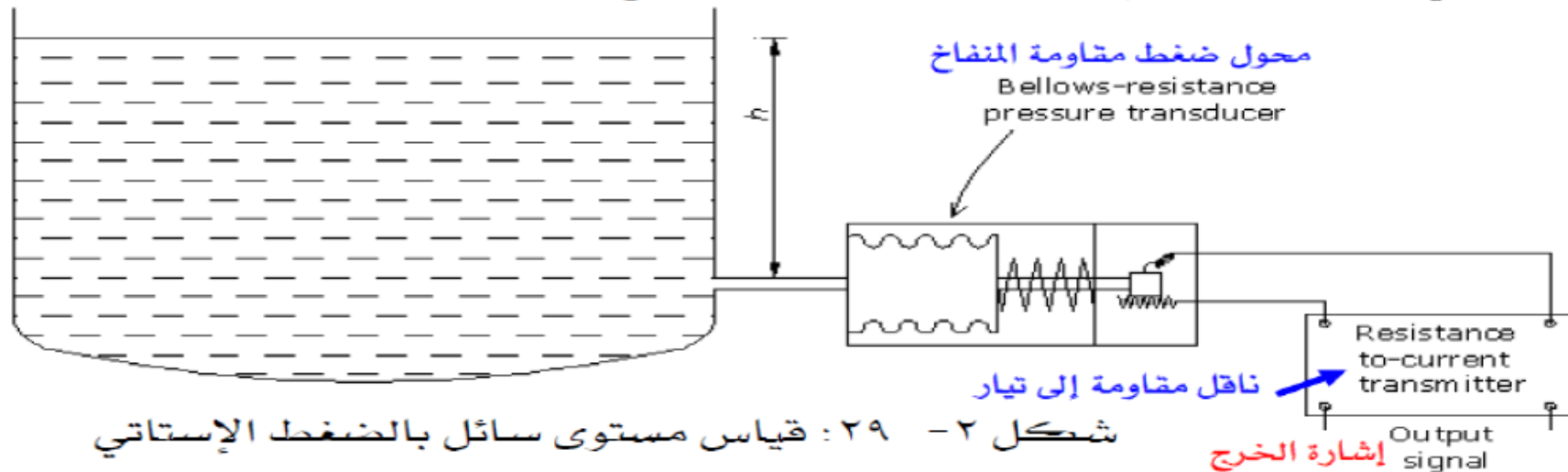
نلاحظ كما هو مبين في الشكل التالي أنه كلما ازداد مستوى السائل في الخزان ازدادت القوة التي تدفع العوامة إلى أعلى مما يولد عزمًا يحاول إدارة الذراع حول المرتكز وينتج عن ذلك قوة ضغط على مستوى الجسم الذي يحمل مقياس الانفعال مما ينتج عنه عدم توازن لقنطرة هويتستون وبذلك تكون هناك إشارة كهربائية عند الخرج تتناسب مع مستوى السائل في الخزان.

القوة المسلطة على الذراع بفعل العوامة، معطاة بالمعادلة التالية: $f = Mg - \rho g h \cdot A$

حيث: f : القوة التي تدفع العوامة إلى الأعلى (N) ، M : كتلة العوامة ، g : تسارع الجاذبية الأرضية ($g=9.81\text{m/sec}^2$) ، ρ : كثافة السائل (kg/m^3) ، A : مساحة مقطع العوامة (m^2) ، h : طول العوامة تحت السائل بالمتر (m).

٢- ٣- ٢ قياس مستوى سائل بالضغط الإستاتي:

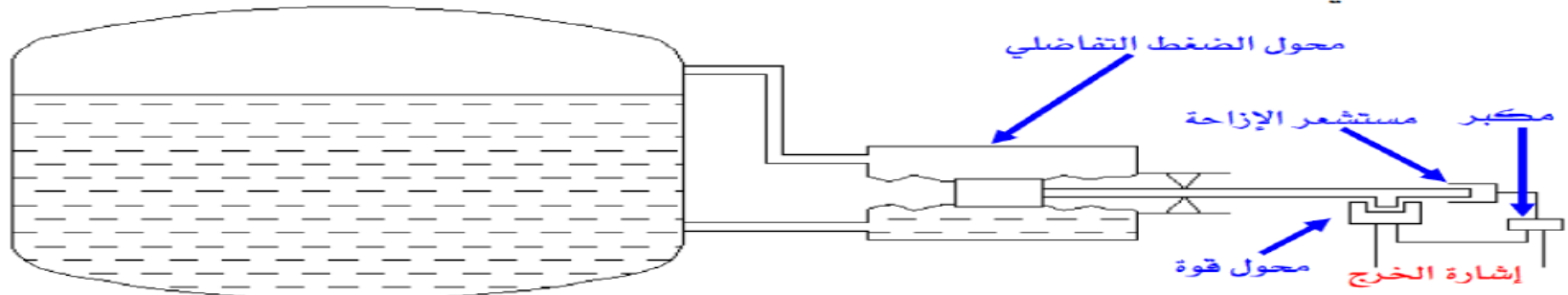
العلاقة بين الضغط والمستوى هي: $P = \rho \cdot g \cdot h$. إذا كان أعلى الخزان مفتوح للضغط الجوي يمكن استخدام عنصر حس ضغط لقياس الضغط في نقطة معينة. هناك عدة طرق لقياس الضغط إحداها مبين في الشكل التالي، حيث نستخدم محول ضغط مقاومة المنفاخ و ناقل لقياس المستوى.



شكل ٢- ٢٩: قياس مستوى سائل بالضغط الإستاتي

خرج الناقل من 4 إلى 20mA يقابله نطاق مستوى من 0% إلى 100%.

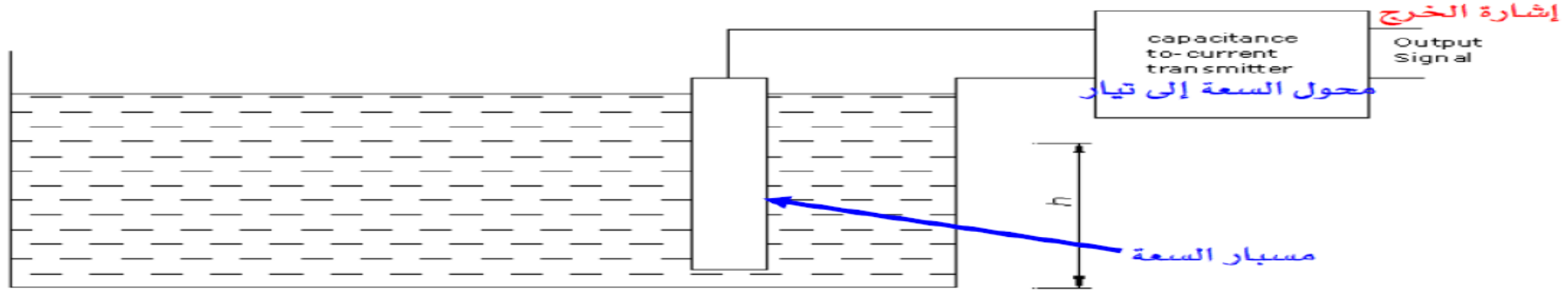
إذا كان أعلى الخزان مغلوق يزداد الضغط الموجود داخل الخزان عند سطح السائل. ارتفاع السائل فوق نقطة القياس تكون له علاقة تناسبية مع فرق الضغط بين الضغط الاستاتي والضغط عند سطح السائل. وعليه فمن المستحسن في هذه الحالة استخدام مقياس الضغط التفاضلي كما هو مبين في الشكل التالي.



شكل ٢-٣٠: قياس مستوى سائل في خزان مغلوق باستخدام مقياس الضغط التفاضلي

٢-٣-٣ قياس مستوى سائل باستخدام مسبار السعة capacitance probe

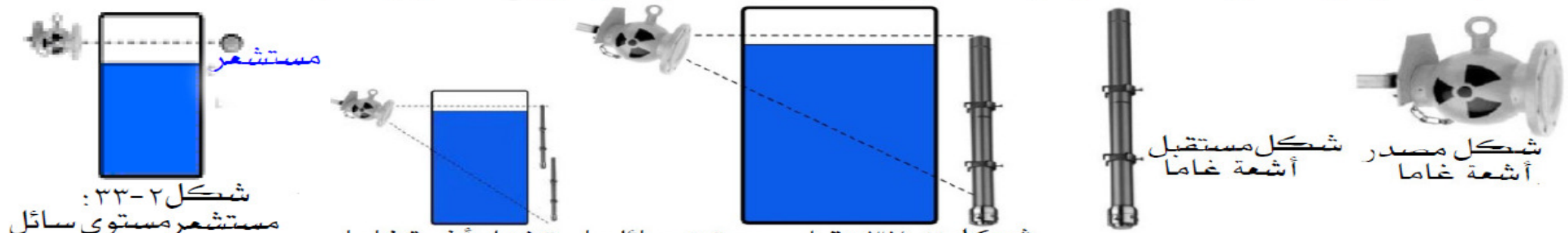
الشكل التالي يبين مسبار السعة لقياس مستوى سائل في خزان، المعدن العازل يكون من جانب المكثف وجدار الخزان يكون من الجانب الآخر. تتغير سعة المكثف حسب تغير مستوى السائل المحيط بالمسبار.



شكل ٢-٣١: قياس مستوى سائل باستخدام مسبار السعة (حتى 70 متر)

٢-٣-٤ قياس مستوى سائل باستخدام أشعة غاما Gamma radiation

يتم وضع المصدر والمستقبل في الخارج في ناحيتي الخزان كما هو مبين في الشكل، وهذه الوضعية تناسب السوائل المسببة للتآكل أو عند وجود ضغوط عالية أو درجات حرارة مرتفعة.



شكل ٢-٣٣: مستشعر مستوى سائل

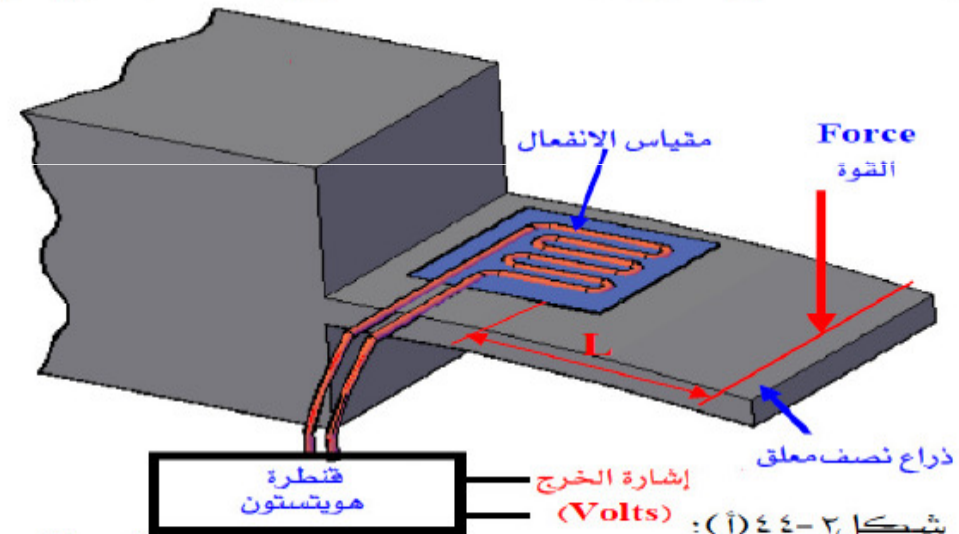
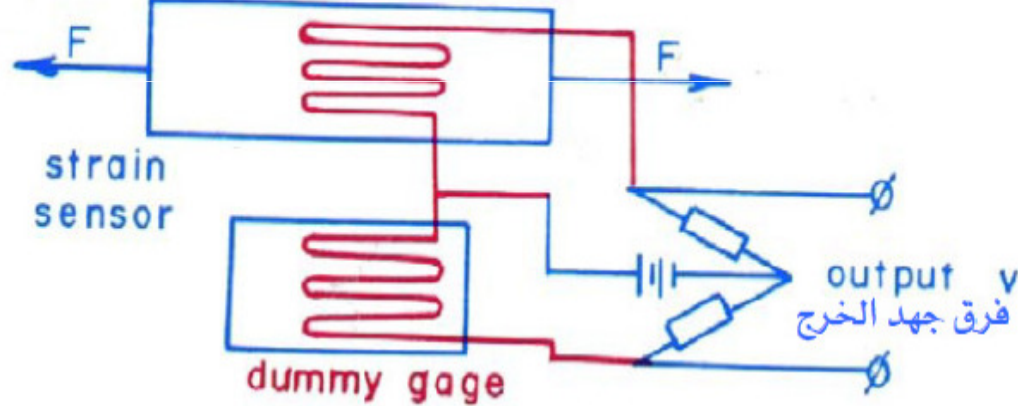
شكل ٢-٣٢: قياس مستوى سائل باستخدام أشعة غاما

المصدر يصدر أشعة غاما . المستشعر عبارة عن غرفة تأيين أو عدة أنابيب Geiger-Muller. القياس دقيق وبدون ملامسة ولا يتأثر بأي عوامل مثل درجة الحرارة، الضغط، اللزوجة، التآكل. المصدر له شعاع ذات زاوية تغطي الارتفاع الكلي للخزان. في الارتفاعات الكبيرة يمكن استخدام أكثر من مستقبل. لاستشعار مستوى سائل نضع المصدر والمستشعر في نفس المستوى عند المستوى المرغوب.

أ - مقياس الانفعال Strain gage (يعمل بطريقة الإزاحة):

هو مثال لعنصر حس يعمل بطريقة الإزاحة كما هو مبين في الشكل التالي. العنصر المرن هو ذراع نصف معلق. القوة المجهولة تطبق في نهاية الذراع وينتج عنها إجهاد يمكن قياسه باستخدام مقياس الانفعال الملتصق في أعلى الذراع، مركز مقياس الانفعال يقع على بعد مسافة L من نهاية الذراع. بفعل تأثير القوة فإن الذراع نصف المعلق سوف ينحني في شكل نصف دائرة كما هو مبين في الشكل التالي، وبفعل ذلك تتغير قيمة مقاومة مقياس الانفعال فينتج عن ذلك عدم توازن في قنطرة هويتستون مما يجعلها تخرج فرق جهد عند الخرج يتناسب مع الإزاحة التي حصلت بفعل القوة F .

strain gage مقياس الانفعال



شكل ٢-٤٤ (أ): إشارة الخرج (Volts) مقياس الإزاحة باستخدام مقياس الانفعال Strain gage

شكل ٢-٤٤ (ب): تفاصيل قنطرة هويتستون

الإجهاد عند أي نقطة من سطح الذراع نصف المعلق يعطى بالمعادلة التالية: $S = \frac{6fL}{bh^2}$ حيث: S = الإجهاد (N/m) = F (N) القوة المسلطة على الذراع (N)

L = الطول من النقطة إلى نهاية الذراع (m) = b عرض ذراع نصف معلق (m) = h سمك ذراع نصف معلق (m) وإذا اعتبرنا قيمة مقاومة مقياس الانفعال و ΔR هي قيمة تغيرها بفعل القوة المسلطة على الذراع نجد أن: $\frac{\Delta R}{R} = \left[\frac{6GL}{bh^2E} \right] \cdot f$ المقاومة غير المجهدة لمقياس الانفعال (ohm) ، L : طول مقياس الانفعال.

حيث: ΔR = تغير مقاومة مقياس الانفعال، E = معامل المرونة للذراع نصف المعلق. $G = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L}$: تغير طول مقياس الانفعال، G = معامل الانفعال لمقياس الانفعال في الجدول التالي نبين معامل المرونة E لبعض المعادن:

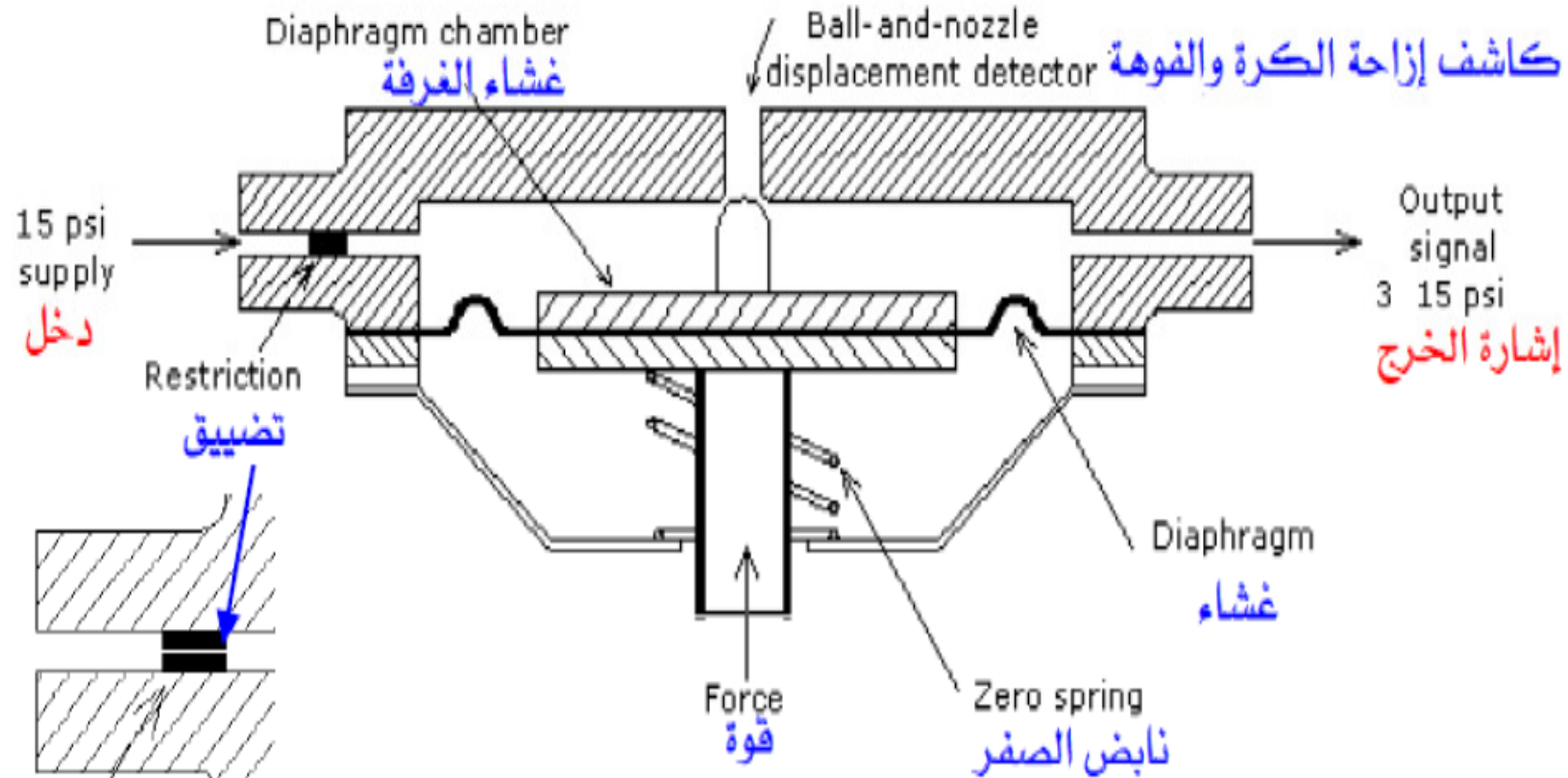
| المعدن | $E(N/m^2)$ | المعدن | $E(N/m^2)$ | المعدن | $E(N/m^2)$ |
|---------|----------------------|----------|----------------------|----------|----------------------|
| ألمنيوم | 6.9×10^{10} | الفولاذ | 2.1×10^{11} | الفضة | 7.7×10^{10} |
| بريليوم | 2.9×10^{11} | الرصاص | 1.8×10^{10} | التنجستن | 4.1×10^{11} |
| النحاس | 1.1×10^{11} | النيكل | 2.1×10^{11} | الزنك | 7.9×10^{10} |
| الذهب | 7.8×10^{10} | السليكون | 7.1×10^{10} | | |

ب- محول قوة نيوماتي :

محول القوة النيوماتي المبين في الشكل التالي، هو عنصر حس يعمل بطريقة تصفير الموازنة. القوة المجهولة f تتوازن مع قوة ضغط الهواء المسلطة على مساحة الغشاء الفعلية. التوازن يكون آليا بالنسبة للككرة والفوهة. مثلاً لنفرض أن القوة f انخفضت في هذه الحالة القضيب سوف يرتفع بحيث يقلص الفتحة بين الككرة والفوهة. الضغط في غرفة الغشاء يزداد وبذلك يعيد الاتزان. ضغط الهواء (p) في غرفة الغشاء يمكن تقييمها بالمعادلة التالية:

$$f = (p - 3)A$$

حيث: f = قوة مجهولة (pound)، p = ضغط الهواء (pound/inch^2)، A = المساحة الفعلية للغشاء (inch^2). ($p - 3$) تعني أن 3psi تناسب القوة صفر. نطاق الإشارة يكون من 3 إلى 15psi.



شكل ٢- ٤٥ : محول قوة نيوماتي