

حسابات ومجسات

المحاضرة الثانية

د.م. خولة حموي

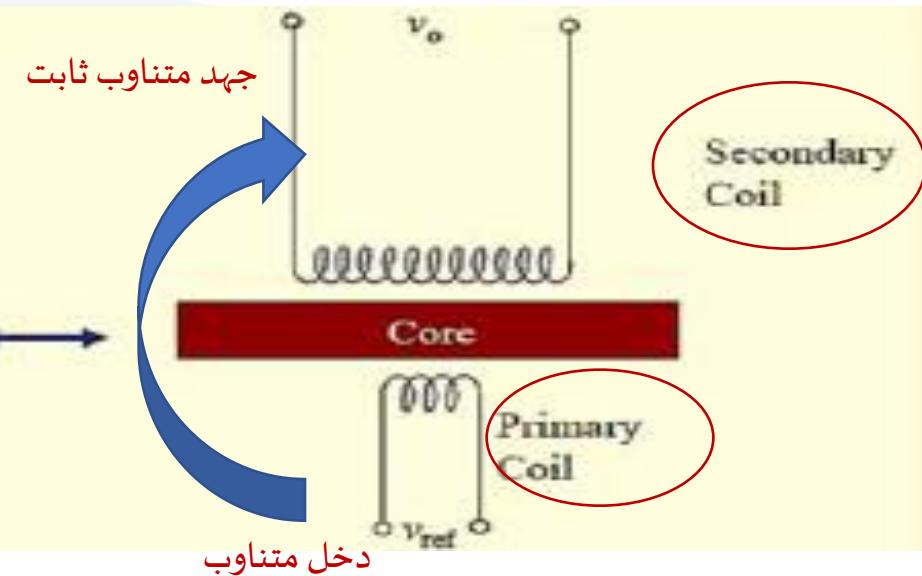
khawla.hamwi@gmail.com

العام الدراسي: ٢٠٢٤-٢٠٢٣

عناوين المحاضرة

- الحساسات ثنائية الحثية
- المحول التفاضلي الخطي المتغير (LVDT)
 - البنية
 - مبدأ العمل
 - الدارة المكافئة
 - ملاءمة الإشارة
 - فوائد ومساوئ وتطبيقات
 - مثال
- المحول التفاضلي الدوراني المتغير (RVDT)
- حساس التقارب ثنائي الحثية

الحساسات ثنائية الحثية



- تكون هذه الحساسات من وشيعتين (أولية وثانوية)

- يُطبق على الوسعة الأولية جهد دخل متناوب يولد في الوسعة الثانوية جهدًا متناوبًا ثابتاً.

- تعتمد قيمة (مطال) هذا الجهد على الحقل المغناطيسي المتبادل بين الوشيعتين.

LVDT, RVDT, mutual induction proximity probe

تحريك القلب المغناطيسي

يتم تغيير قيمة الحقل
المغناطيسي بين الوشيعتين

resolver, synchro transformer

تحريك الوسعة

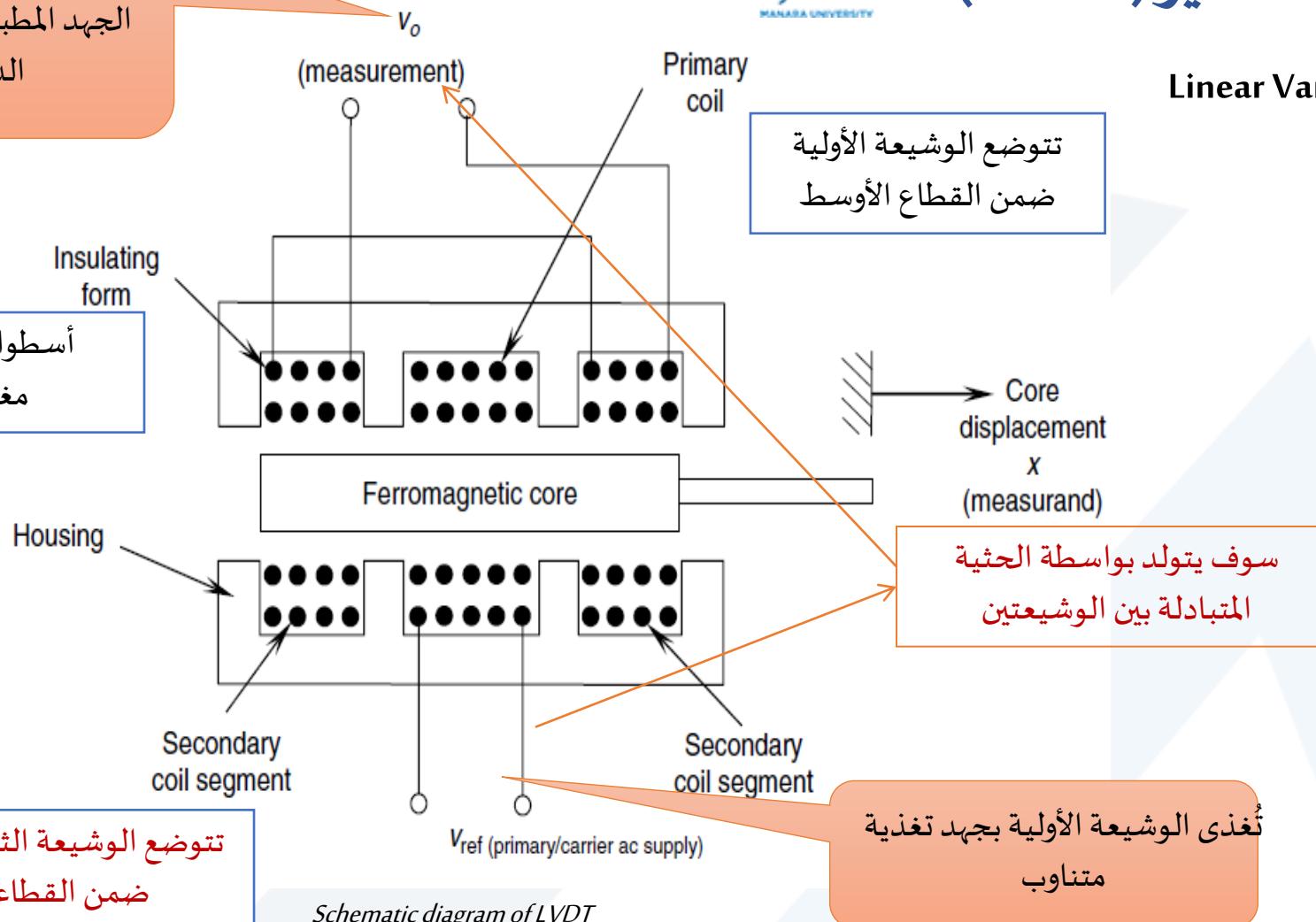
المحول التفاضلي الخطي المتغير (LVDT)

Linear Variable Differential Transformer (LVDT)

البنية

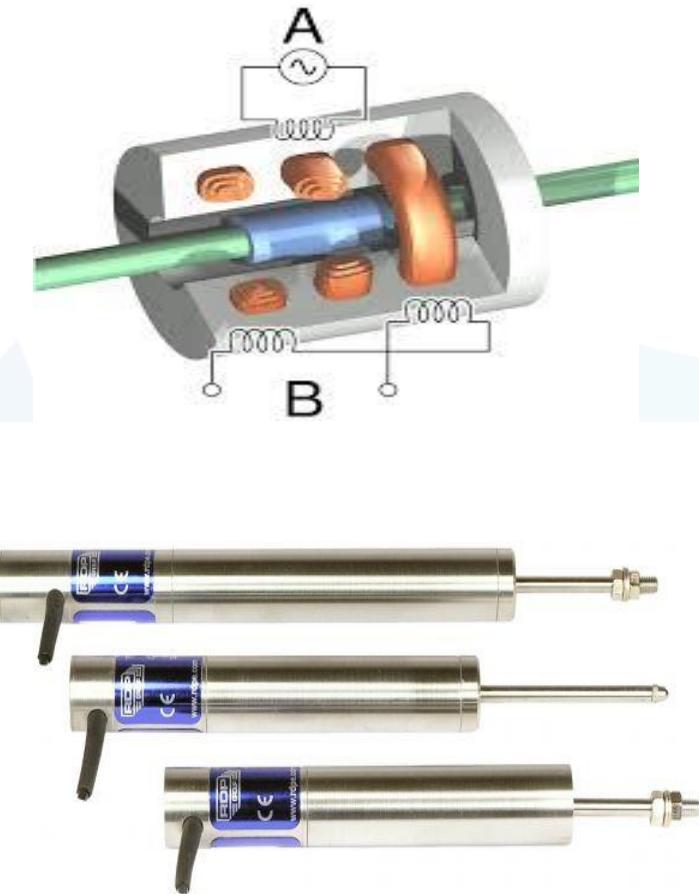
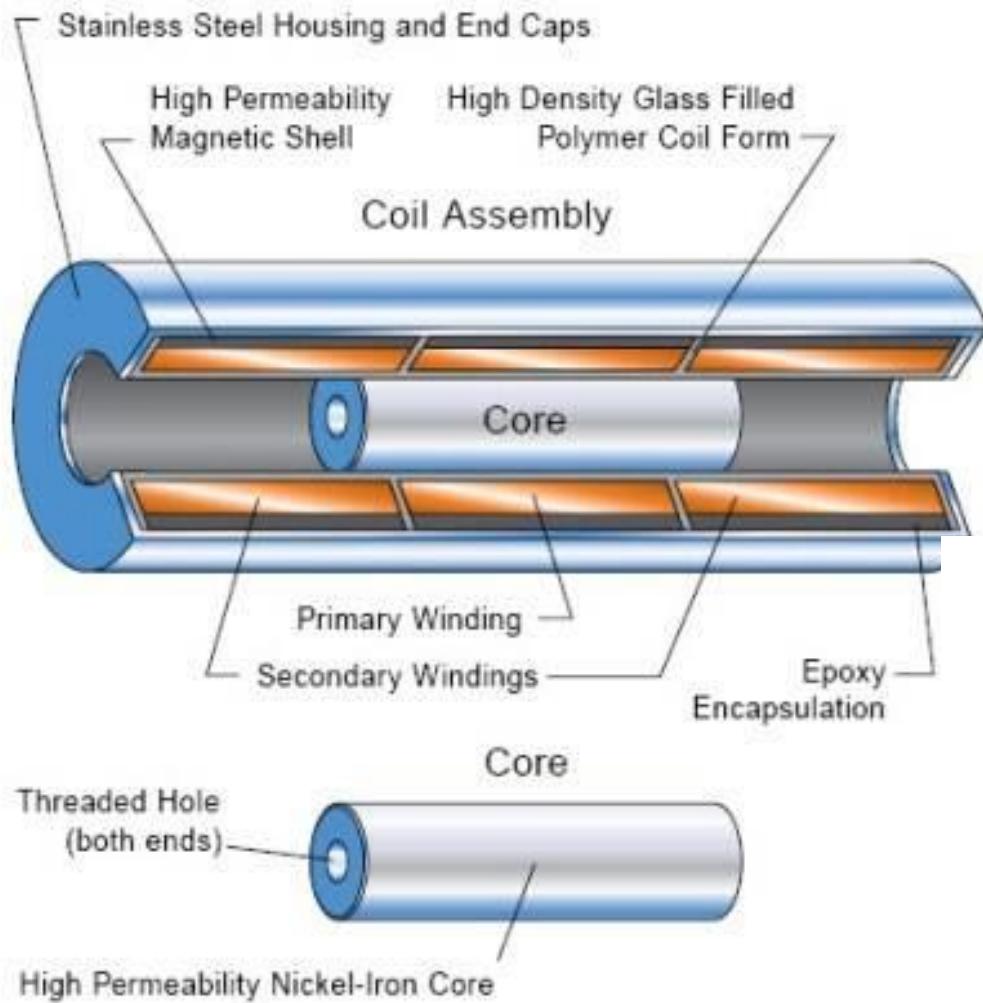
جهد متناوب يمتلك نفس تردد
الجهد المطبق على وشيعة
الدخل

أسطوانة عازلة غير
مagnetisية



تتوسع الوشيعة الثانوية بشكل متناقض
ضمن القطاعين الطرفين

المحول التفاضلي الخطي المتغير (LVDT)



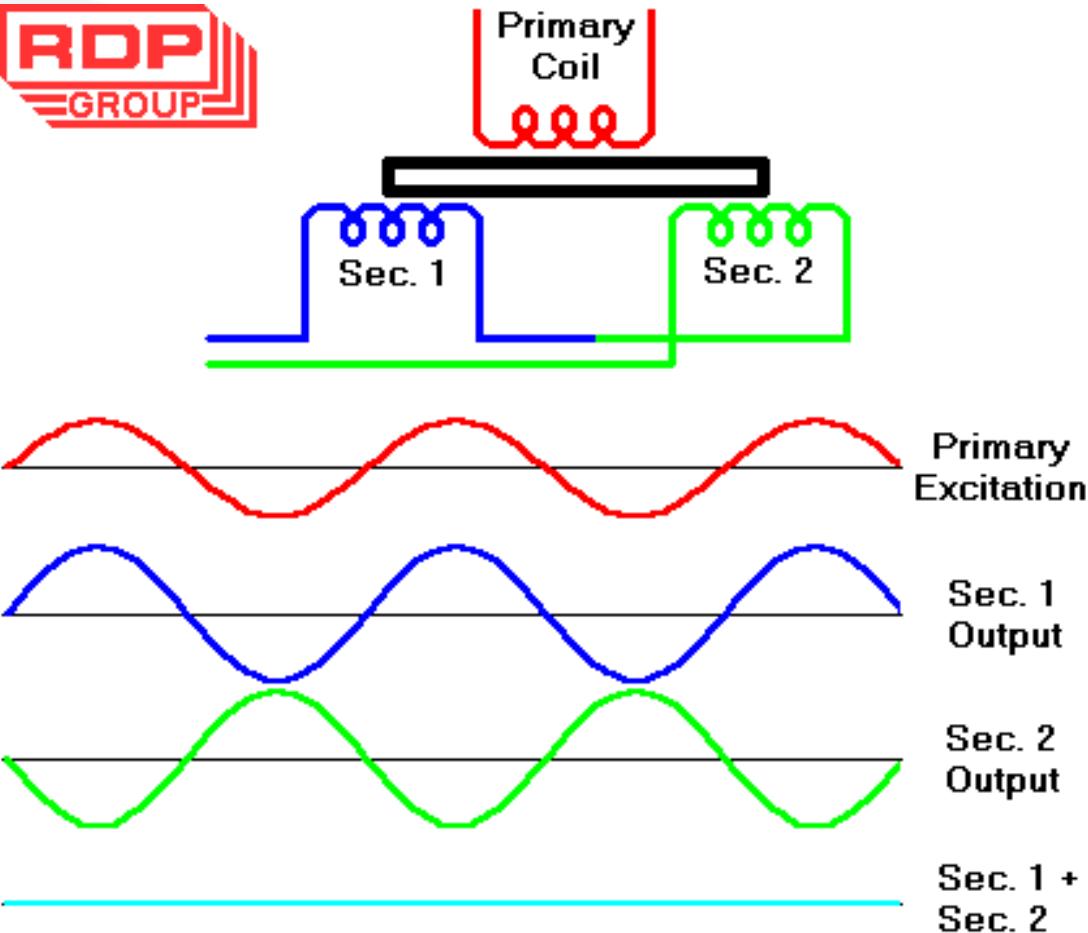
المحول التفاضلي الخطي المتغير (LVDT)

مبدأ العمل

عندما يتحرك القلب تتغير العازلية بين الوشيعتين ويتغير بالتالي الحقل المتبادل

← الجهدان المولدان في جزأى الوشيعة الثانوية سيتغيران بناء على موقع القلب المغناطيسي

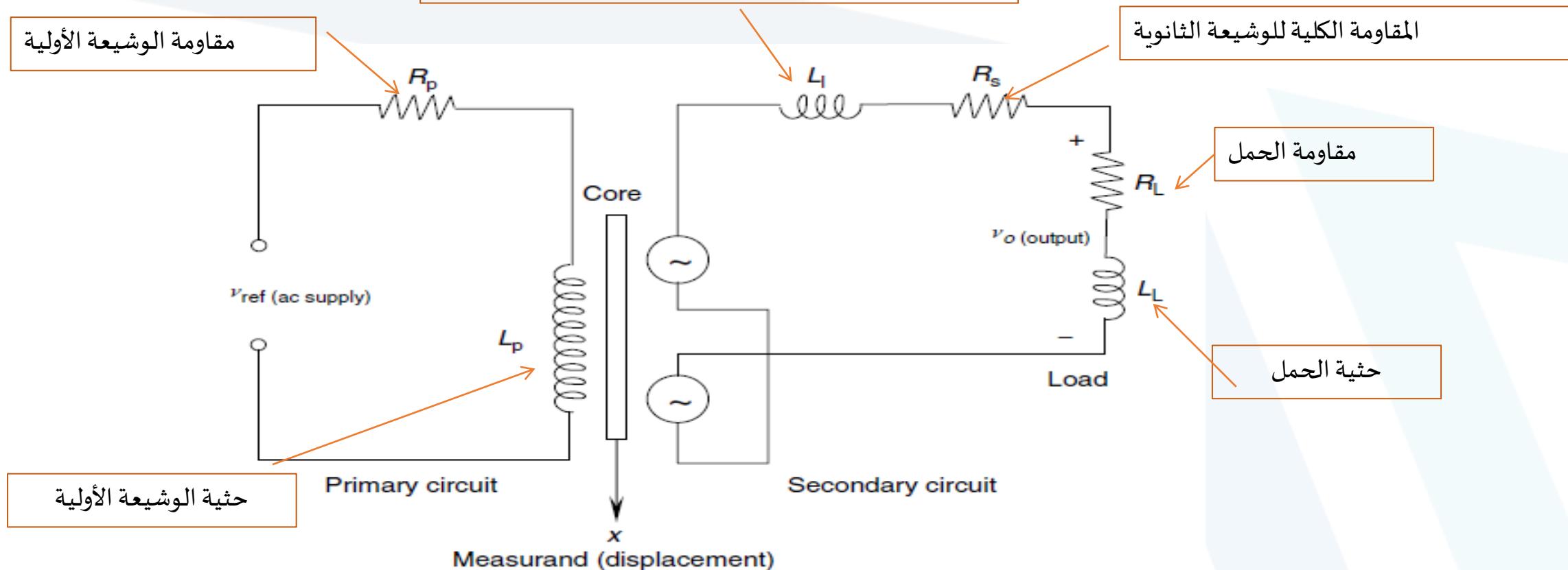
- بما أن الوسيعة الثانوية مقسومة إلى قسمين موصولين على التسلسل وبشكل متعاكسي
 - ← عندما يكون القلب المغناطيسي في المركز يكون جهد الخرج معدوم (الموضع الصفرى)
 - في مجال العمل الخطي، يتاسب جهد الخرج مع موضع (حركة) القلب المغناطيسي
 - يعطي الـ LVDT معلومات عن مطال إشارة الخرج واتجاه الحركة. يمكن تحديد اتجاه الحركة من خلال:
 - فك تعديل الإشارة
 - زاوية الطور بين جهد الدخل وجهد الخرج



المحول التفاضلي الخطي المتغير (LVDT)

الدارة المكافئة

الحثية المتبادلة الناتجة عن الحقل المغناطيسي المتبادل بين
قطاعات (وشائع) الـ LVDT



An equivalent circuit for a differential transformer

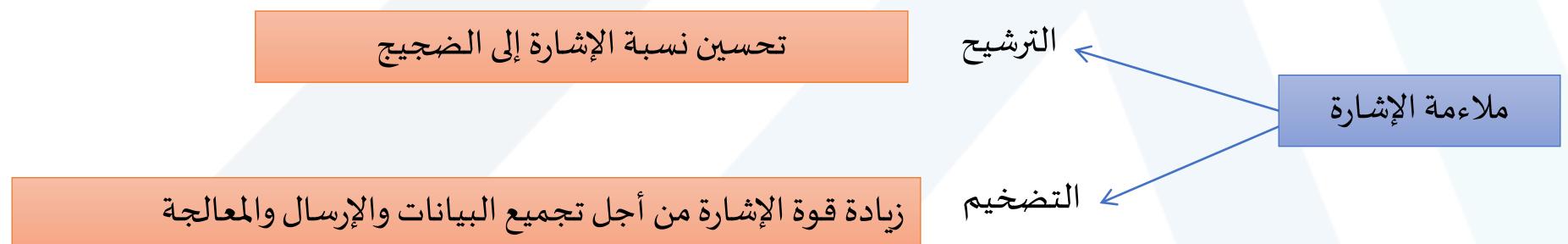
المحول التفاضلي الخطي المتغير (LVDT)

ملاءمة الإشارة

مما سبق، نجد أن تردد الحامل سيكون موجوداً في إشارة الخرج وبالتالي من الضروري العمل على إلغاء تأثير هذا التردد وذلك بغية جعل إشارة الخرج تتناسب فقط مع الانتقال



لتتنفيذ هاتين الطريقتين نحتاج إلى مجموعة من دارات الملاءمة وأهمها:

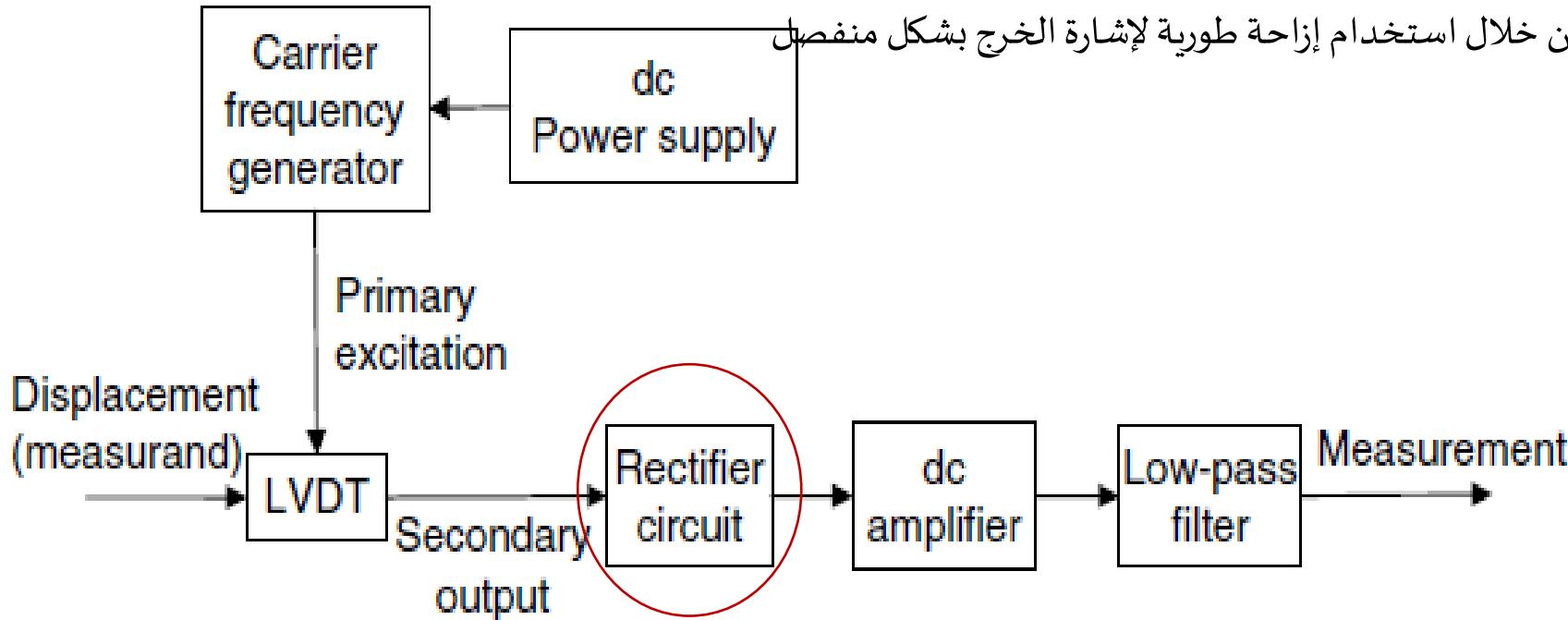


المحول التفاضلي الخطي المتغير (LVDT)

ملاعة الإشارة

التقويم

- تُقوم إشارة الخرج المتناوبة للحصول على إشارة مستمرة
- تُضخّم هذه الإشارة ثم تُرشّح بمرشح منخفض بغية حذف مركبات الضجيج ذات الترددات العالية
- يمكن تحديد اتجاه الحركة من خلال استخدام إزاحة طورية لإشارة الخرج بشكل منفصل



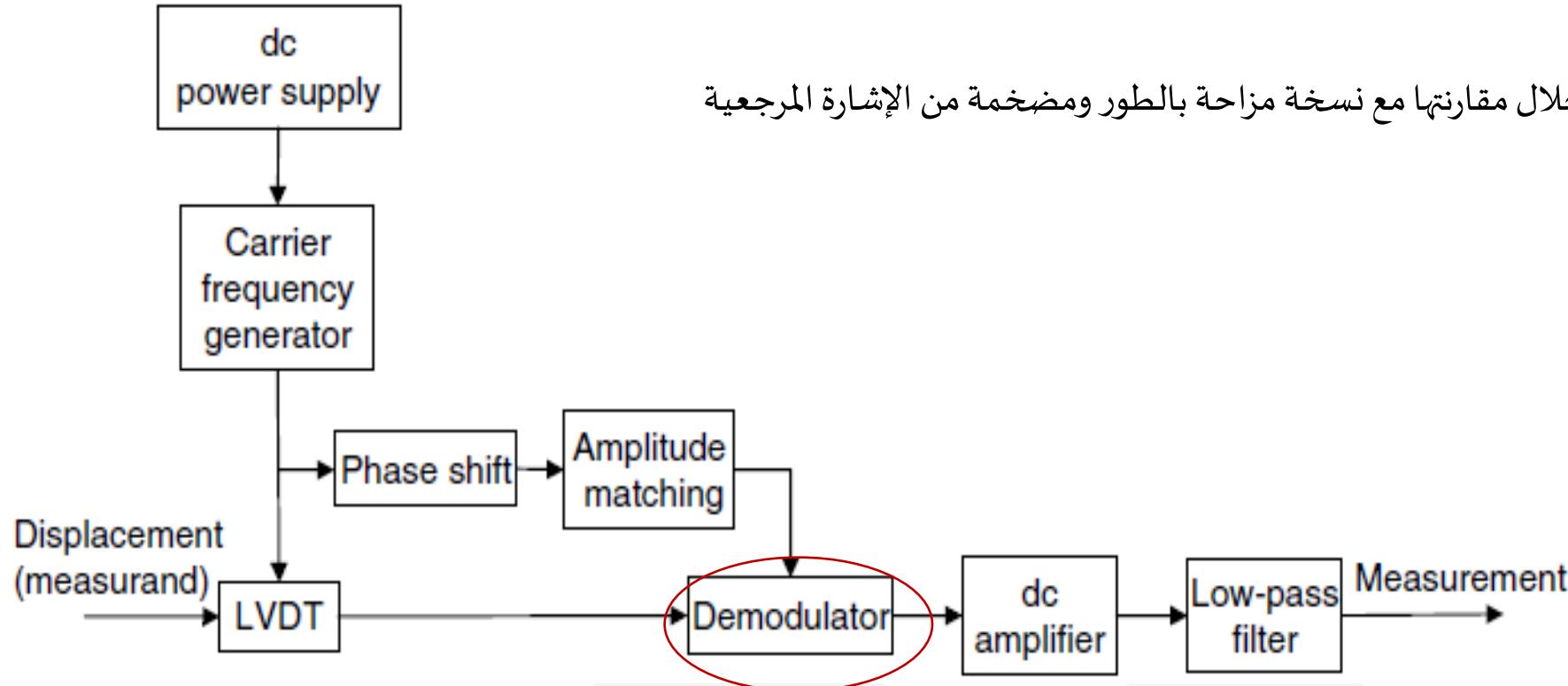
Signal-conditioning methods for a differential transformer. Rectification

المحول التفاضلي الخطي المتغير (LVDT)

ملاءمة الإشارة

فك التعديل

- يُحدَّف تردد الحامل من إشارة الخرج من خلال مقارنتها مع نسخة مزاحة بالطور ومضخمة من الإشارة المرجعية



Signal-conditioning methods for a differential transformer. Demodulation.

المحول التفاضلي الخطي المتغير (LVDT)

محاسن ومساوئ وتطبيقات

- توليد جهود عالية يحتاج انتقالات عالية جداً
- حساسية للحقول المغناطيسية
- يتأثر أداء هذا الحساس بالاهتزازات وتغيرات الحرارة

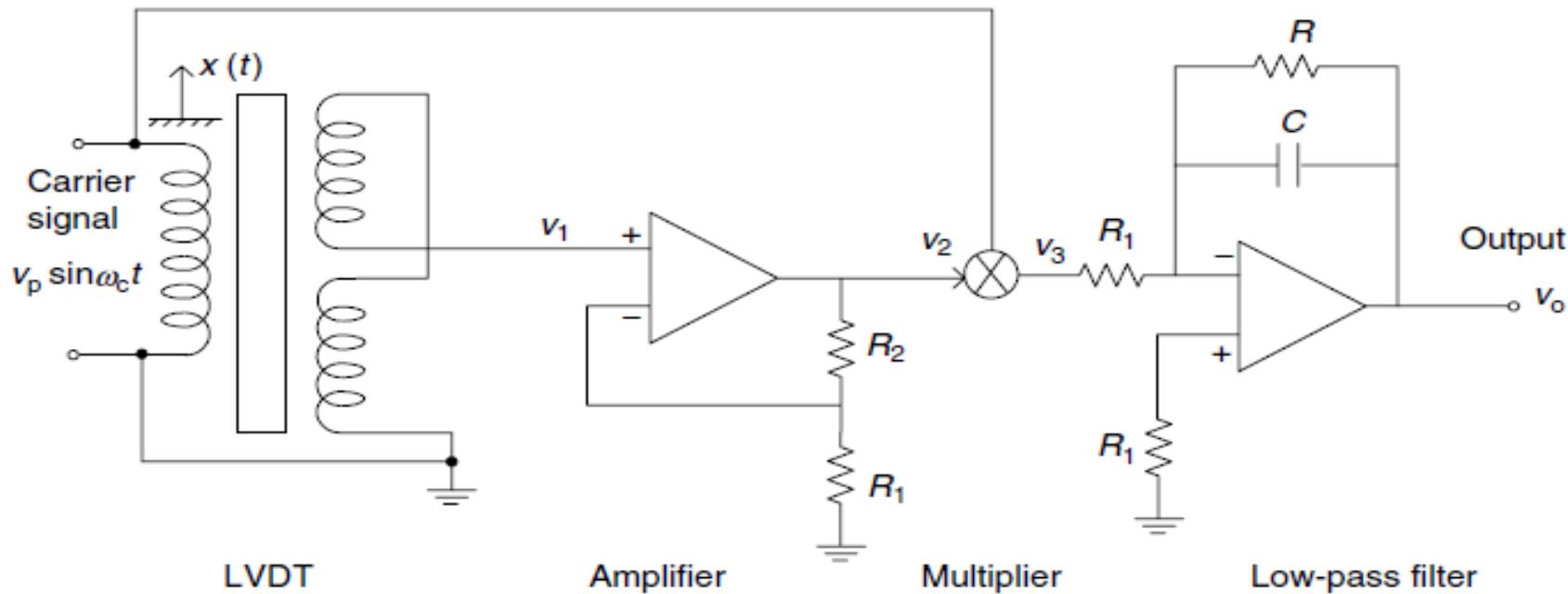
- ممانعة خرج منخفضة $\sim 100 \text{ ohm}$
- لا يوجد فيه مقاومة احتكاك حيث لا يوجد اتصال ملموس بين القلب المتحرك والوشائع
- متوفّر بحجوم صغيرة ورخيصة نسبياً
- دقة عالية بالمقارنة مع مقياس الجهد (Potentiometer)
- استهلاك منخفض للطاقة
- قياس اتجاهية الانتقال (موجب/ سالب)

- يُستخدم الـ LVDT لقياس الانتقال الخطي من أجزاء من الميليمتر إلى السنتيمتر
- يُستخدم كحساس ثانوي في قياس القوة أو الوزن أو الضغط

المحول التفاضلي الخطي المتغير (LVDT)

مثال

يبين الشكل مخطط لنظام ملائمة الإشارة لحسام LVDT. متغيرات النظام وبارامتراته مبينة على الشكل.



Signal-conditioning system for an LVDT.

X: انتقال قلب الحسام (القيمة المقاسة)

Wc: تردد إشارة جهد الحامل

v0: إشارة الخرج للنظام (القياس)

المحول التفاضلي الخطي المتغير (LVDT)

مثال

١. شرح وظائف مكونات النظام المبنية في الشكل

LVDT: يمتلك وشيعة أولية يطبق عليها جهد الدخل $v_p \sin \omega_c t$. يوصل القلب المغناطيسي مع الجسم المتحرك والذي سيقامس انتقاله (x). الوشائع الثانوية موصولة على التسلسل وبشكل متعاكس لذلك يكون خرج ΔV معدوماً عند الوضع الصفرى، يمكن أيضاً تحديد اتجاه الحركة.

دارة المضخم: مضخم غير عاكس، يضخم إشارة خرج ΔV والتي تمثل إشارة حامل متناوبة بتردد ω_c .

دارة الضارب: تولد هذه الدارة جداء الإشارة الأولية (الحامل) مع الإشارة الثانوية (خرج ΔV). تعتبر هذه الخطوة هامة من من أجل فك تعديل خرج ΔV .

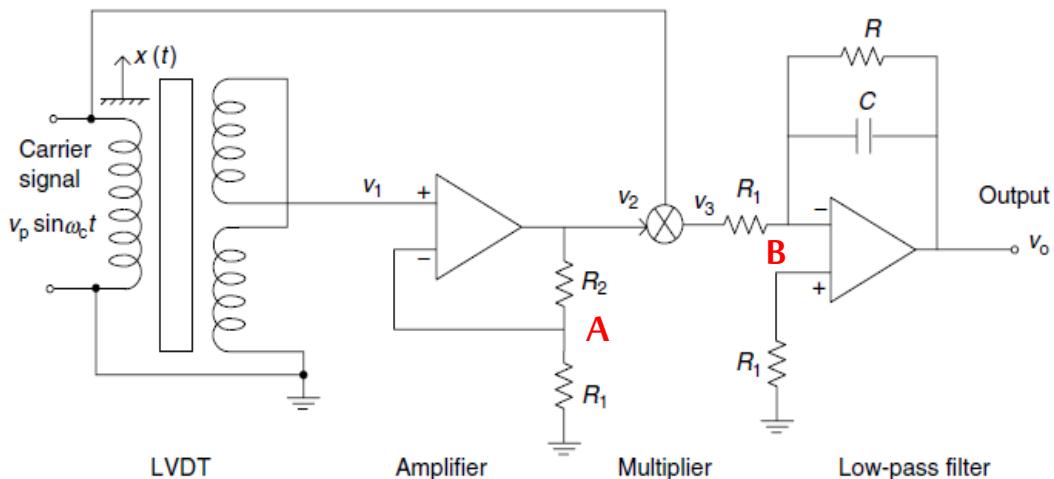
تمتلك إشارة الجداء ترددات عالية (ω_c) تضاف إلى إشارة التعديل (x). يقوم مرشح تمرير ترددات منخفضة بحذف هذه الترددات للحصول على إشارة غير معدلة والتي تتناسب مع انتقال القلب المغناطيسي (x).

المحول التفاضلي الخطي المتغير (LVDT)

مثال

٢. اكتب معادلات المضخم ودارة الترسيخ واستخدم تلك المعادلات في التعبير عن إشارات الجهد

المبنية على الشكل باعتبار إشارة الدخل المطبقة على الوشيعة الأولية $v_p \sin \omega_c t$



باعتبار الجهد على مدخل مكبر العمليات متساوين تقريباً والتيارات على

هذه المدخل معدومة. بتطبيق قانون توازن التيار عند النقطة A:

$$\frac{v_2 - v_1}{R_2} = \frac{v_1}{R_1}.$$

$$k = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = \text{amplifier gain.}$$

وربح المضخم

$$v_2 = kv_1 \quad \text{حيث}$$

بما أن المدخل غير العاكس لمكبر العمليات الثاني مؤرض \leftarrow جهده يساوي الصفر وبالتالي الجهد عند النقطة B أيضاً يساوي الصفر. بتطبيق قانون توازن التيار عند B

$$\frac{v_3}{R_1} + \frac{v_o}{R} + C\dot{v}_o = 0.$$

نحصل على:

المحول التفاضلي الخطي المتغير (LVDT)

مثال

نضرب المعادلة بـ R

$$\frac{v_3}{R_1} + \frac{v_o}{R} + C\dot{v}_o = 0.$$

$$\tau = RC = \text{filter time constant} \quad k_0 = R/R_1.$$

حيث ربح المرشح

$$\frac{v_o}{v_3} = -\frac{k_0}{(1 + \tau s)}$$

تابع التحويل في مستوى لا بلس يعطي بالعلاقة:

$$\frac{v_o}{v_3} = -\frac{k_0}{(1 + \tau j\omega)}.$$

تابع التحويل في مستوى التردد يعطي بالعلاقة:

$$v_1 = v_p r x(t) \sin \omega_c t,$$

$$v_2 = v_p r k x(t) \sin \omega_c t,$$

$$v_3 = v_p^2 r k x(t) \sin^2 \omega_c t$$

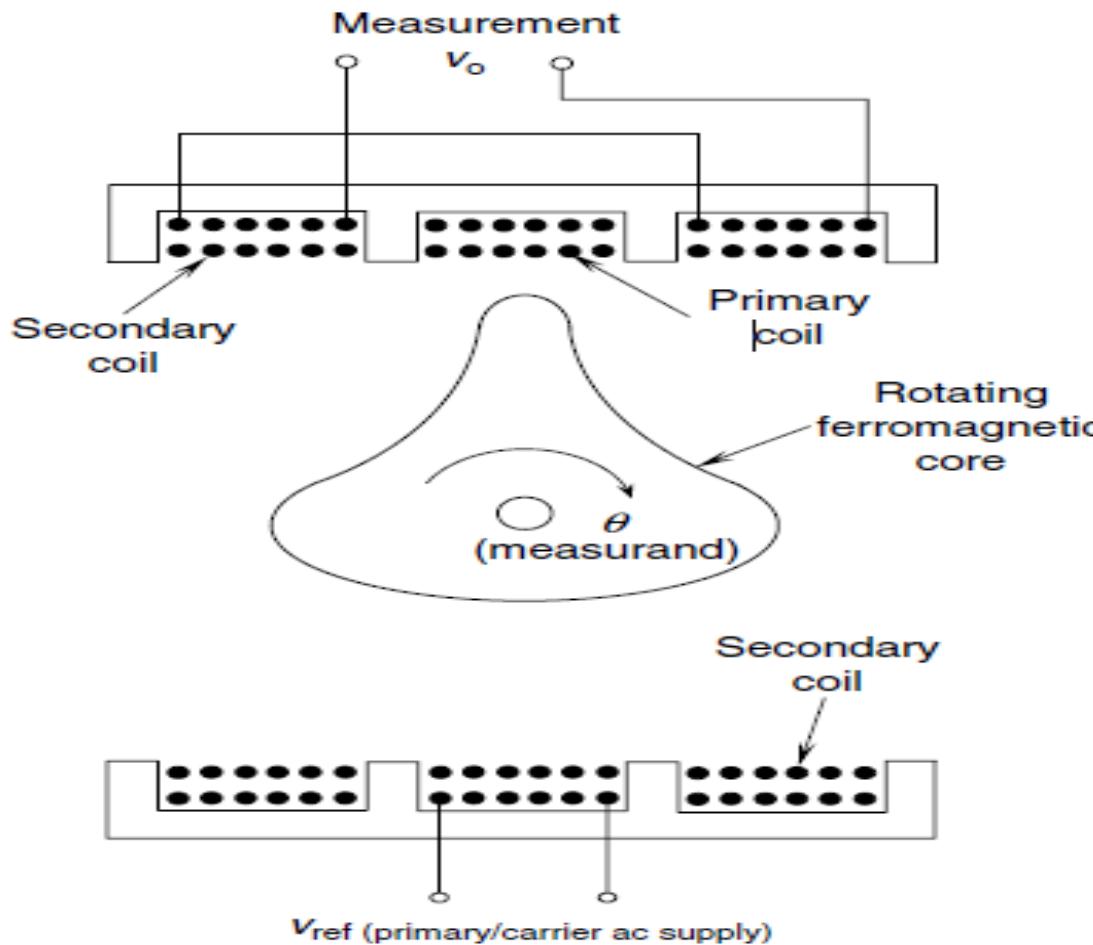
بإهمال الإزاحة الطورية في LVDT يكون لدينا الإشارات كالتالي:

$$v_3 = \frac{v_p^2 r k}{2} x(t) [1 - \cos 2\omega_c t].$$

أو يمكن كتابة v_3 .

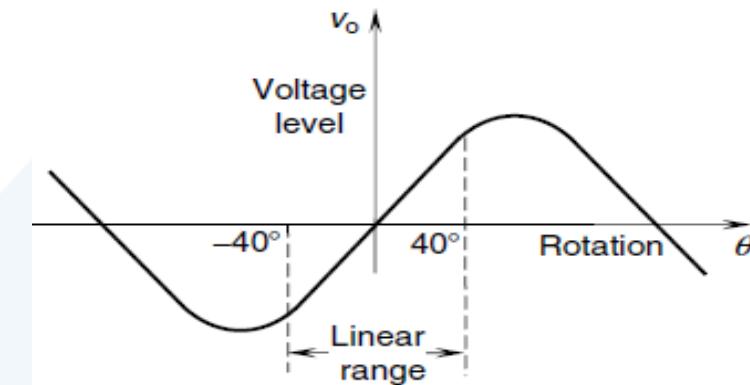
باستخدام مرشح تمرير الترددات المنخفضة سيتم حذف التردد $2\omega_c$ وبالتالي تصبح علاقـة الخـرج:

المحول التفاضلي الدوار المترافق (RVDT)



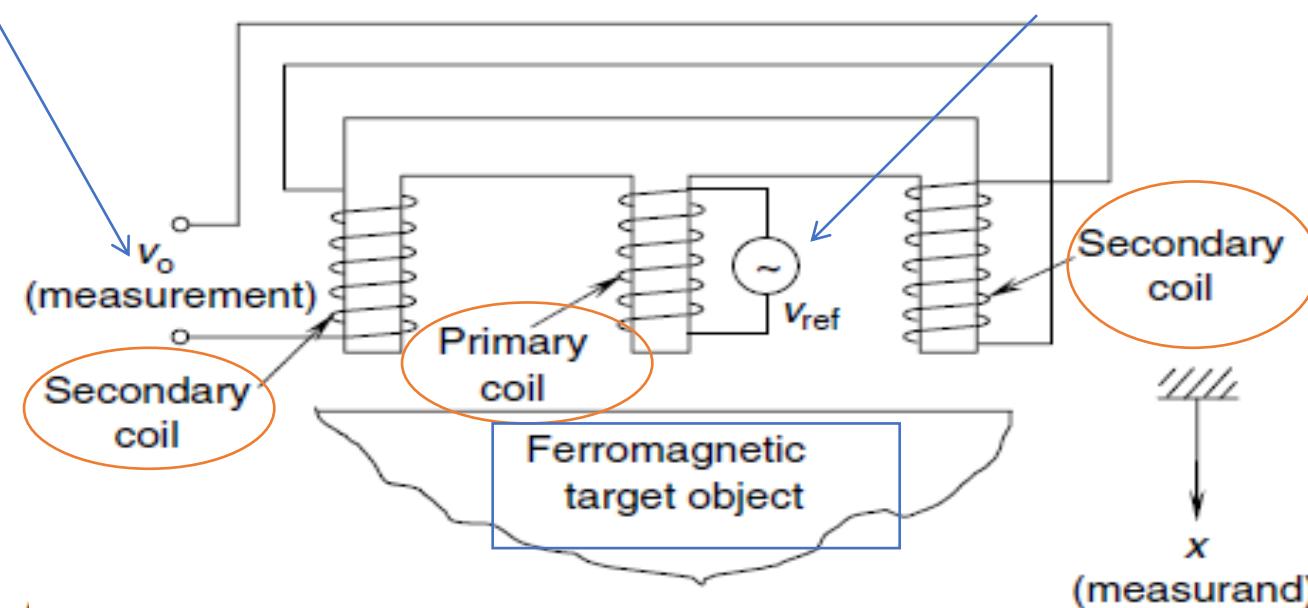
Rotary Variable Differential Transformer (RVDT)

- يعمل بنفس آلية LVDT باستثناء أنه في حالة RVDT يستخدم قلب ممغنط دوار.
- وبالتالي فهو يقيس **الانتقال الزاوي** مباشرة دون الحاجة إلى استخدام محولات لخطية.
- مجال **القياس الخطي** عادة يساوي $40^\circ \pm 40^\circ$ مع خطأ عدم خطية أقل من 1%.



حساس التقارب الثنائي الحثية

Mutual-Induction Proximity Sensor



- على عكس LVDT و RVDT، تُجمع الجهد المولَّد في قسمِي الوشيعة الثانوية في هذا النوع من الحساسات



حساس التقارب ثنائي الحشية

- يستخدم هذا النوع من الحساسات في العديد من التطبيقات التي تقيس الانتقال دون وجود احتكاك مباشر وبالتالي **الحمل الميكانيكي** في هذا النوع من الحساسات مهمٌ
- تطبيقات
 - ١. القياسات المتعلقة بالروبوتات والتحكم بالفجوة بين رأس الروبوت وساحة العمل
 - ٢. قياس السرعة الزاوية للحالة الثابتة وذلك من خلال حساب عدد الدورانات في واحدة الزمن
 - ٣. تحديد المستوى (مثال: مراقبة مستوى السائل أثناء تعبئة عبوات)
 - ٤. قياس الاهتزاز في الآلات الدورانية

