جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

حساسات ومجسات

المحاضرة الثالثة

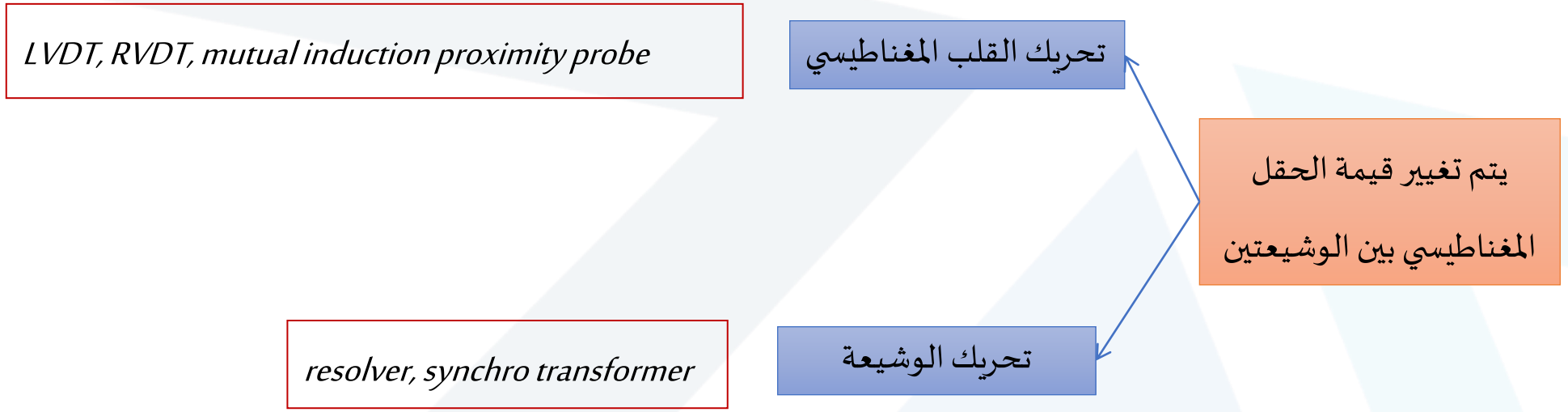
د.م. خولة حموي
khawla.hamwi@gmail.com

العام الدراسي: ٢٠٢٣-٢٠٢٤

عناوين المحاضرة

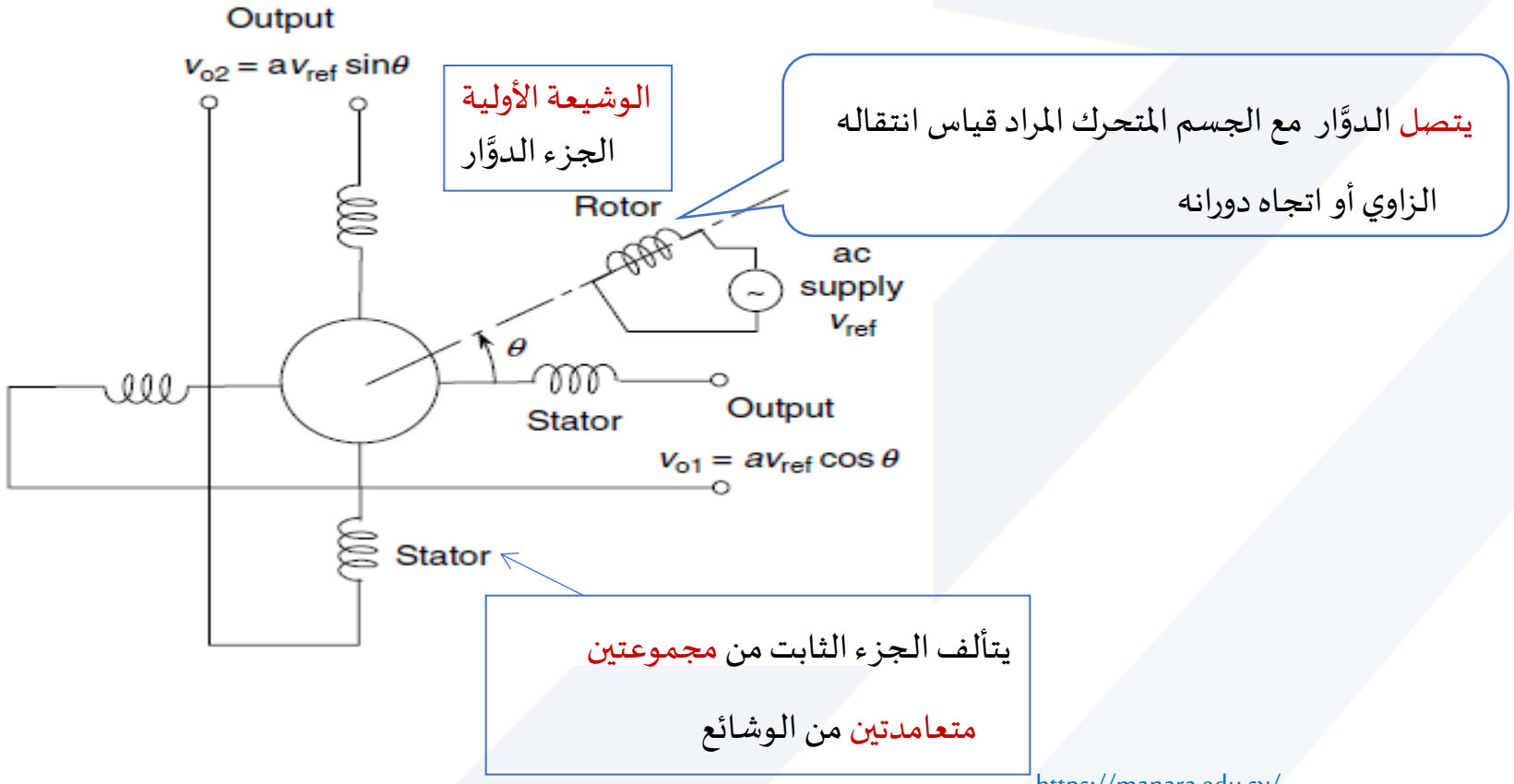
- المجسات ثنائية الحثية Mutual induction transducers
  - المحلل Resolver
  - المحول المتزامن Synchro transformer
- مجسات المغناطيس الدائم Permanent-Magnet Transducers
  - مجس السرعة المستقيم Rectilinear velocity transducer
  - مقياس سرعة الدوران المستمر DC Tachometer
  - مقياس سرعة الدوران المتناوب AC Tachometer
  - مقياس سرعة الدوران الحثي المتناوب AC Induction Tachometer
  - مجسات تيار إدي Eddy Current Transducers

المجسات ثنائية الحثية



المحلل Resolver

- هو مجس ثنائي الحثية يستخدم لقياس الانتقال الزاوي
- يستخدم هذا المجس الحركة بين الوشيعتين الأولية والثانوية لتوليد تغير في حقل الترابط بينهما وبالتالي تغير الجهد المقاس على الخرج الذي يتناسب بدوره مع الانتقال الدوراني



يتصل الدوَّار مع الجسم المتحرك المراد قياس انتقاله الزاوي أو اتجاه دورانه

يتألف الجزء الثابت من مجموعتين متعامدتين من الوشائع

المحلل Resolver

بفرض إشارة الحامل الأولية (الإشارة المرجعية) $v_{ref} = v_a \sin \omega t.$ إذا كان التموضع الزاوي للدوار بالنسبة لجزء واحد من الجزء الثابت هو θ

تكون الجهود المولدة ⟸ $v_{o2} = a v_{ref} \sin \theta.$ $v_{o1} = a v_{ref} \cos \theta.$

بالتعويض ⟸ $v_{o2} = a v_a \sin \theta \sin \omega t.$ $v_{o1} = a v_a \cos \theta \sin \omega t,$

بالضرب بالقيمة Vref نحصل على:

$$v_{m1} = v_{o1} v_{ref} = a v_a^2 \cos \theta \sin^2 \omega t = \frac{1}{2} a v_a^2 \cos \theta [1 - \cos 2\omega t],$$

$$v_{m2} = v_{o2} v_{ref} = a v_a^2 \sin \theta \sin^2 \omega t = \frac{1}{2} a v_a^2 \sin \theta [1 - \cos 2\omega t].$$

باستخدام مرشح تمرير منخفض يمكن حذف المركبة (2w) وبكلام آخر نقوم بفك التعديل والحصول على جهدي الخرج Vf1, Vf2

$$v_{f1} = \frac{1}{2} a v_a^2 \cos \theta, \qquad v_{f2} = \frac{1}{2} a v_a^2 \sin \theta.$$

المحلل Resolver

فـــوائـــد

١. دقة عالية وحساسية جيدة
٢. ممانعة خرج منخفضة وبالتالي لا حاجة لمرحلة تضخيم على خرج الحساس
٣. حجم صغير (قطره حوالي ١٠ ملم)
٤. قياس مباشر لقيم توابع الـ (sine, cosine) للزاوية المقاسة

محدوديـــات

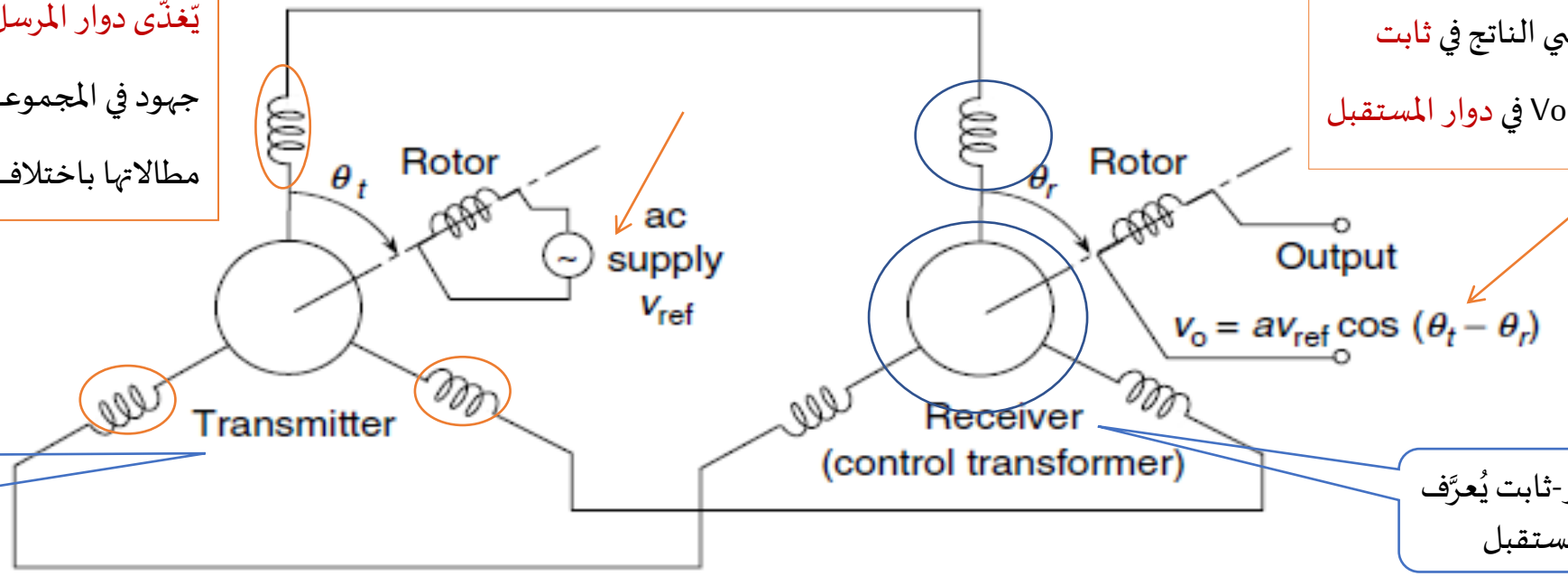
١. عدم خطية إشارات الخرج
٢. عرض حزمة إشارة الخرج محدود ويتعلق بتردد إشارة التغذية
٣. أحمال ميكانيكية ناتجة عن الاحتكاك بالإضافة إلى مشاكل تتعلق بارتفاع الحرارة والضجيج...

المحول المتزامن Synchro transformer

- يشبه إلى حد ما في مبدأ عمله المحلل
- يتكون من زوجين دوار-ثابت (مرسل، مستقبل)، يملك الجزء الثابت ثلاث مجموعات متوضعة بحيث تكون الزاوية بين كل مجموعتين تساوي 120°
- تستخدم المحولات المتزامنة لقياس الانتقال النسبي بين جسمين دوارين

يغذَّى دوار المرسل بجهد متناوب Vref وهذا يولد جهود في المجموعات الثلاث للجزء الثابت تختلف مطالاتها باختلاف التموضع الزاوي للدوار

يولد الحقل المغناطيسي الناتج في ثابت المستقبل جهد الخرج Vo في دوار المستقبل



زوج دوار-ثابت يُعرَّف كمرسل

زوج دوار-ثابت يُعرَّف كمستقبل

المحول المتزامن Synchro transformer

- يعطى جهد الخرج بالعلاقة : $v_o = a v_{ref} \cos(\theta_t - \theta_r).$

حيث: θ_t هي الزاوية بين دوار المرسل وواحدة من مجموعات ثابته

θ_r هي الزاوية بين دوار المستقبل وواحدة من مجموعات ثابته

- يمكن تمييز حالتين:

١. $\theta_t = \theta_r$ يكون دواري المرسل والمستقبل متوازيان وبالتالي جهد الخرج أعظمي

٢. $\theta_r = \theta_t + 90°$ يكون دوار المستقبل متعامد مع الحقل الناتج وبالتالي جهد الخرج يكون معدوم **(حالة التزامن)**

- بفرض زاوية جديدة θ تحقق العلاقة:

$$\theta_r = \theta_t + 90° - \theta.$$

$$v_o = a v_{ref} \cos(\theta_t - \theta_r).$$
$$\theta_r = \theta_t + 90° - \theta.$$

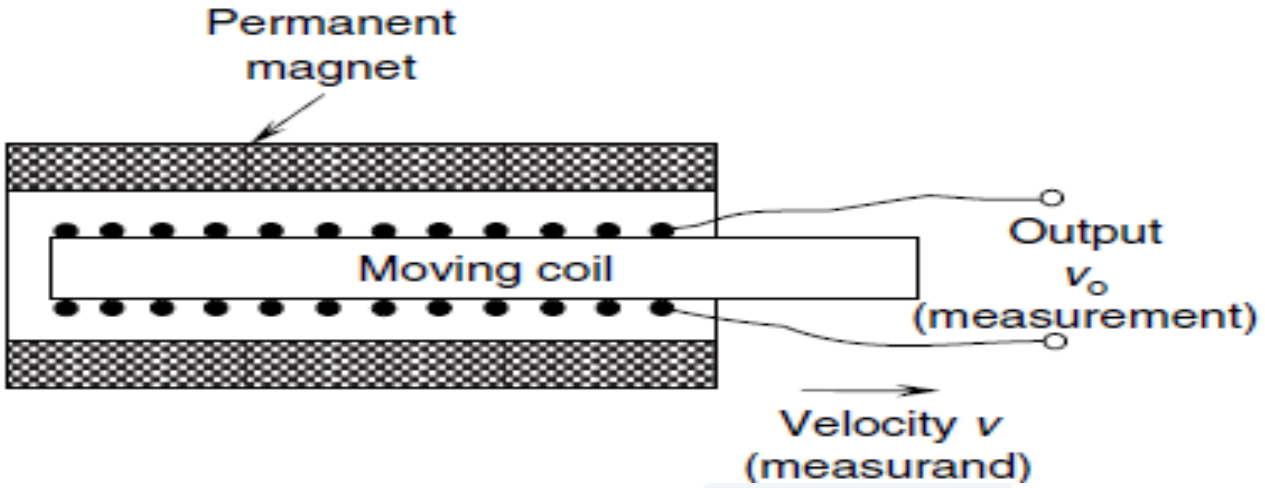
$$\Leftarrow \quad v_o = a v_{ref} \sin\theta.$$

مجسات المغناطيس الدائم

- تمتلك هذه المجسات مغناطيساً دائماً يولّد حقل مغناطيسي ثابت ومنتظم
- الحركة النسبية بين الحقل المغناطيسي وناقل كهربائي تولّد جهداً يتناسب مع السرعة التي يتحرك فيها هذا الناقل ضمن الحقل المغناطيسي
- في بعض التصاميم، يُستخدَم حقل مغناطيسي أحادي الاتجاه مولَّد بواسطة منبع مستمر (كهرومغناطيسي) بدلاً من المغناطيس الدائم

مجس السرعة الخطية

- هو مجس سرعة يُستخدَم فيه مبدأ الحثية الكهرومغناطيسية لوشيعة ناقلة الناتج عن التغيرات في المجال المغناطيسي للمغناطيس الدائم

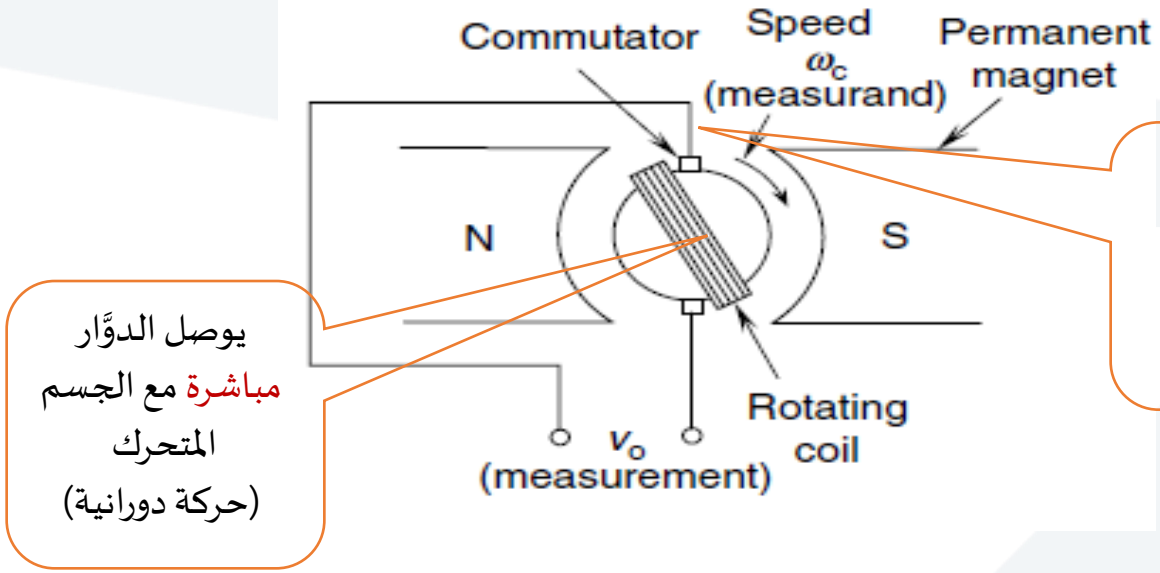


لا وجود حاجة لأي احتكاك مباشر بين الجسم المتحرك والمجس

تخفيض خطأ الحمل الميكانيكي

- تُلَف الوشيعة الناقلة على قلب (نواة core) وتوضع في المركز بين قطبي المغناطيس الذي يولد الحقل المغناطيسي
- يوصل هذا القلب مع الجسم المتحرك المراد قياس سرعته V والتي تتناسب مع الجهد المولَّد (جهد الخرج) Vo

مقياس سرعة الدوران المستمر DC Tachometer

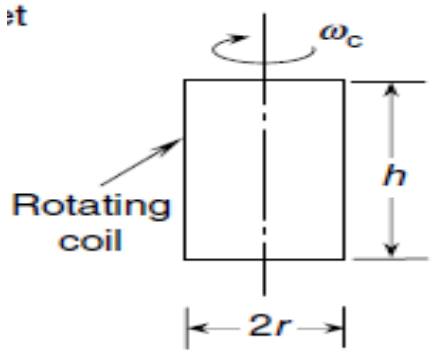


يوصل الدوَّار مباشرة مع الجسم المتحرك (حركة دورانية)

تؤخذ إشارة الخرج المولَّدة في الوشيعة الدوارة على شكل جهد مستمر Vo وذلك باستخدام أجهزة مناسبة

- هو حساس يُستخدَم عادةً لقياس السرعات الزاوية

- حسب قانون فاراداي: يتناسب الجهد المولَّد مع معدل تغير حقل الترابط المغناطيسي

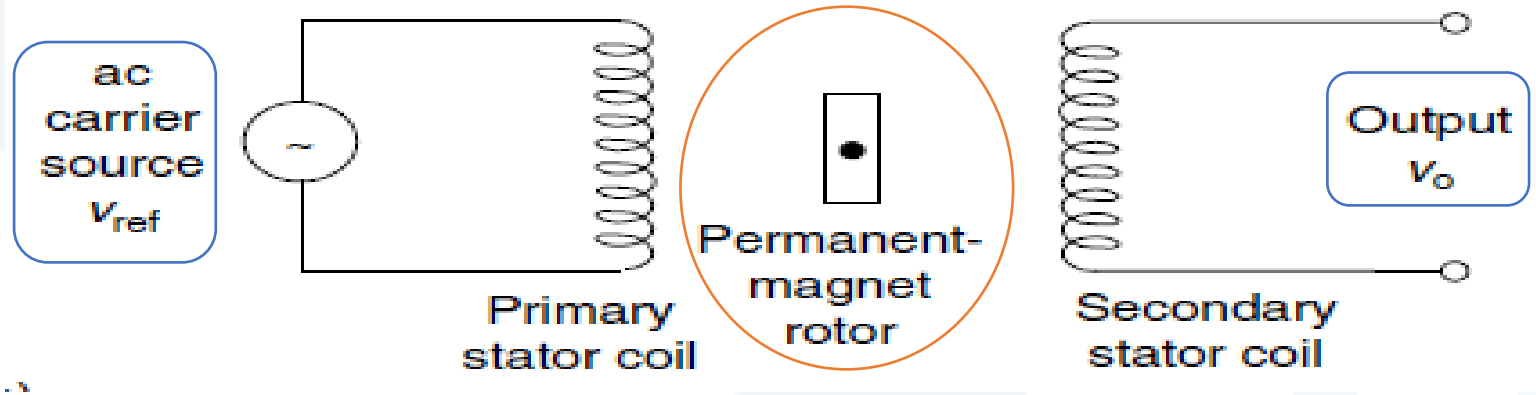


- من أجل وشيعة ارتفاعها h وعرضها 2rوعدد لفاتها يساوي n لفة تتحرك بسرعة زاوية تساوي wc في حقل مغناطيسي منتظم كثافته تساوي β ← يعطى الجهد المولَّد بالعلاقة:

$$v_o = (2nhr\ \beta)\omega_c = k\omega_c$$

حيث يُعرَّف k بثابت الجهد

مقياس سرعة الدوران المتناوب AC Tachometer



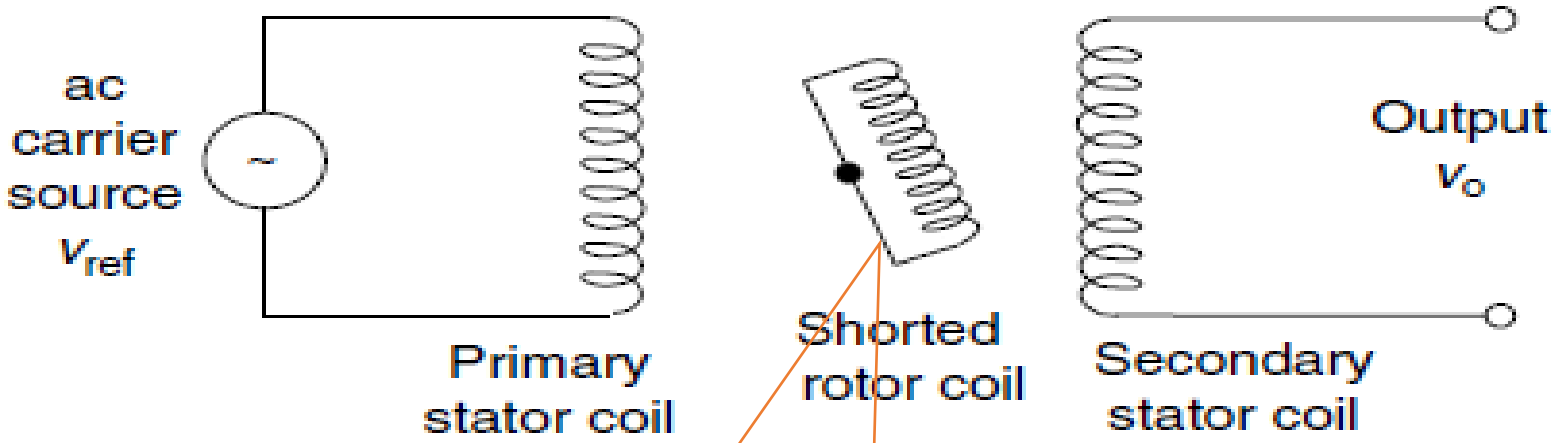
- يتألف هذا الحساس من جزأين أساسيين: (١) الجزء الدوَّار وهو عبارة عن مغناطيس دائم (٢) الجزء الثابت والذي يتكون بدوره من وشيعتين أولية وثانوية
- تُغذَّى الوشيعة الأولية بجهد متناوب مرجعي في حين نحصل على إشارة الخرج من الوشيعة الثانوية

عندما يكون الدوَّار ساكناً أو يتحرك بطريقة شبه ساكنة ← إشارة الخرج هي إشارة ذات مطال ثابت وتشبه إلى حد كبير الإشارة المرجعية

عندما يتحرك الدوَّار بسرعة معينة ← يُولَّد جهد إضافي في الوشيعة الثانوية للجزء الثابت يتناسب مع سرعة الدوَّار

مقياس سرعة الدوران الحثي المتناوب
AC Induction Tachometer

تُغذَّى وشيعة الثابت الأولية بجهد متناوب (جهد مرجعي)



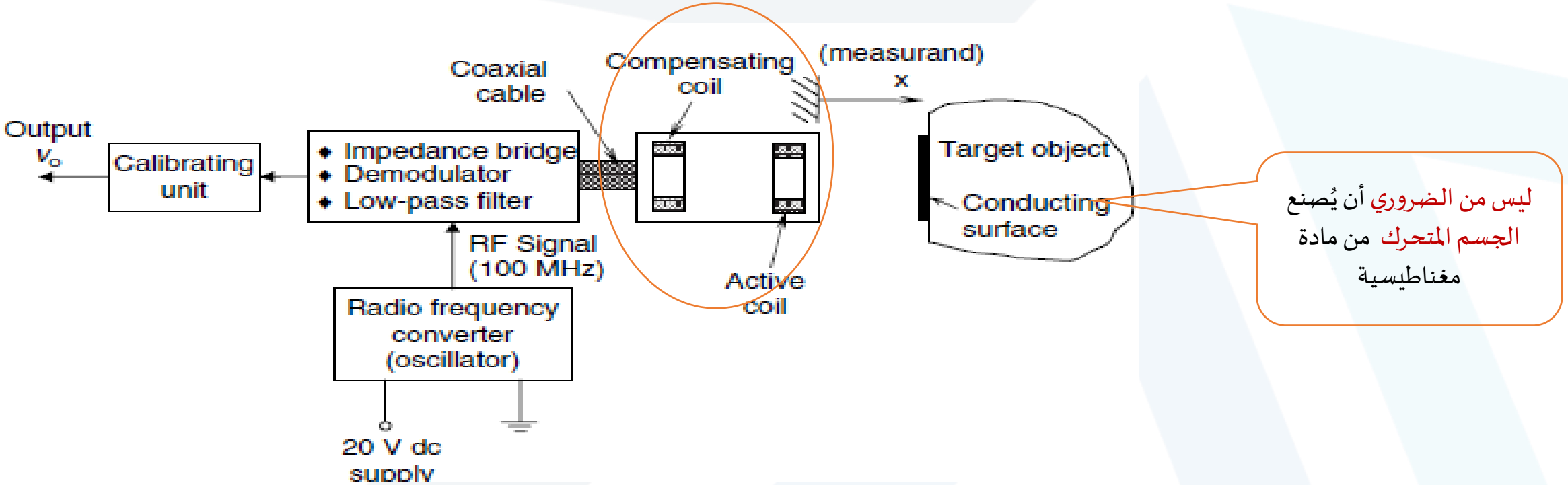
الجهد المولَّد في وشيعة الثابت الثانوية وهو عبارة عن إشارة معدَّلة

الجزء الدوَّار هو عبارة عن وشيعة مقصورة وغير مغذاة بأي جهد خارجي

- في الإشارة المولَّدة، تنتج مركبة الإشارة ذات التردد العالي عن عملية التحويل مع وشيعة الثابت الأولية في حين تنتج المركبة الأخرى (المعدَّلة) بواسطة سرعة الدوران للجزء الدوَّار والتي يتناسب مطالها مع مقدار هذه السرعة.

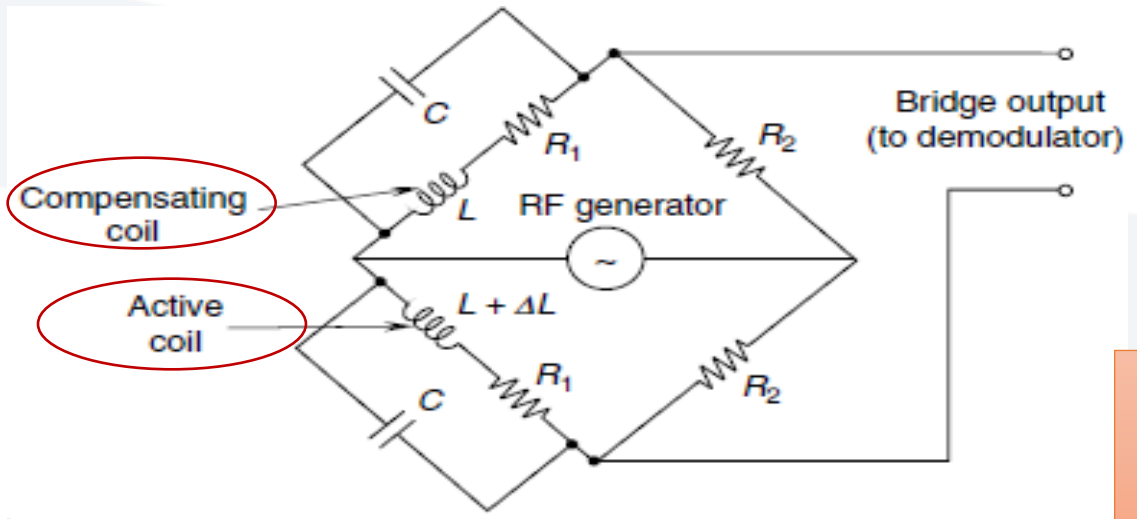
مجسات تيارإدي
Eddy Current Transducers

- إذا تعرض وسط ناقل (ذو مقاومة منخفضة) لمجال مغناطيسي متغير، سيتم توليد تيارات إدي
- تزداد قوة تيارات إدي بزيادة قوة الحقل المغناطيسي وزيادة تردد التدفق المغناطيسي
- تُستخدَم هذه المجسات إما كأجهزة قياس الأبعاد أو كمجسات انتقال (مجسات تقارب)



- يتكون رأس المجس من وشيعتين: وشيعة فعالة ووهي الوشيعة القريبة من من الجسم المتحرك ووشيعة تعويض. تقوم بتعويض التغيرات المحيطة وخاصة التأثيرات الحرارية.

مجسات تيارإدي
Eddy Current Transducers



- يُغذى الجسر بجهد تغذية بتردد راديوي يتراوح بين ١ إلى ١٠٠ MHz والذي نحصل عليه من محول ترددات راديوية (هزاز) مُغذَّى بجهد مستمر مقداره ٢٠ V

- عند غياب الجسم المتحرك، خرج جسر الممانعة يساوي الصفر وهو ما يُطابق **شرط توازن الجسر**

- عندما يتحرك الجسم الهدف مقترباً من الحساس، تتولد تيارات إدي في الوسط الناقل بسبب حقل التدفق المغناطيسي ذو التردد الراديوي المولَّد من الوشيعة الفعالة

- تزداد حثية الوشيعة الفعالة مسببة **عدم توازن الجسر** وبالتالي إشارة خرج الجسر تكون إشارة مُعدَّلة بالمطال تحتوي على حامل بتردد راديوي

- يمكن حذف مركبة التردد الراديوي ومركبات الضجيج باستخدام فك التعديل لإشارة الخرج ومرشح ترددات منخفضة