

بناء وتقييم أداء متحسس أزاحة تلامسي لقياس مقاطع عرضية مختلفة

د.شاكر سكران حسن* و قصي علي صباح**

تاريخ التقديم: 2008/7/23

تاريخ القبول: 2008/12/31

الخلاصة

يهدف هذا البحث الى بناء وتقييم أداء متحسس أزاحة تلامسي لقياس جانبية محاور ذات مقاطع عرضية مختلفة الشكل وأعتقاد هذا المتحسس لتقييم أمكانيته في قياس أشكال الأجزاء الهندسية. يتكون نظام التحسس المصنع من ثلاثة أجزاء رئيسية هي المتحسس ومحول الأشارة التماثلية الى رقمية والجزء الثالث الحاسوب الذي يقوم بدوره بمعالجة البيانات المستحصلة وقد تم في هذا البحث استخدام ثلاثة متحسسات تلامسية تعمل ضمن أزاحة مقدارها (0-14 ملم). وتعتمد في مبدأ عملها على تغير في قيمة المقاومة الكهربائية المتغيرة بتغير موقع المجس بالأعتقاد على شكل المقطع العرضي المراد تقييس جانبيته. أجريت العديد من التجارب العملية الأولية لمعايرة نظام التحسس المصنع وأستعملت عدة مقاومات كهربائية متغيرة وكذلك عدة أجزاء هندسية مختلفة الشكل. قام الباحث بأختيار دالة الترابط المتقاطع (Cross Correlation Function CCF) وتطبيق هذه الدالة على المقاطع العرضية المستحصلة. ولمعرفة مدى التطابق بين كافة المقاطع العرضية المستحصلة والمقطع العرضي القياسي تم احتساب الخطأ لكل المقاطع العرضية قبل وبعد عملية التدوير التي تعطي أفضل تطابق. أظهرت النتائج العملية الأولية مايلي: وجود أنحرافات في القيم المستحصلة من النظام عن المستقيم الأفضل (Best Fitting Line) عند قياس الأزاحات الخطية (Liner Displacement). اتباع طريقة المعايرة التقليدية أي بأستغلال كامل المدى الشغال والبالغ مقداره 14 ملم كحد أقصى وعليه أقتراح إجراء معايرة أخرى وذلك بأيجاد المستقيم الأفضل لمديات فرعية مشتقة عن مدى القياس الكلي مقدارها 3 ملم لكل مدى فرعي وتداخل 2 ملم. أتبعنا طريقتا المعايرة أعلاه على كل المتحسسات الازاحات الثلاثة للتأكد من صحة النتائج التي تعطيها كل طريقة. كما لاحظنا وجود تشتت حاد نسبيا في قيم النقاط المستحصلة على المستقيم الأفضل في نهاية المدى الشغال لكل متحسس وعليه أقتراح قطع وتحديد للمدى الشغال وأختيار أفضل مدى شغال كما وتبين بأن المتحسسات الثلاثة المطورة ونظام التقييس يعاني من بعض المحددات وعليه فإن المقاطع العرضية المستحصلة تكون ذات دقة محددة لايمكن تجاوزها ولزيادة دقة تلك المتحسسات لابد من تحسين تصميمها والأهتمام أكثر بعملية تصنيعها

Manufacturing And Assessment Of A Tactile Displacement Sensor For Measuring Of Different Profiles

Abstract

The aim of this research is to construct and evaluate the performance of the Potentiometric tactile displacement sensor to measure different cross-sectional shafts and to use this sensor in a developed computer system to assess its capability to measure different cross-sections of engineering parts. The manufactured sensing system is made of three major parts the sensor, analog to digital converter and the computer which analysis the obtained data. In this research three Potentiometric tactile displacement sensors were implemented used with working range of (0-14)mm. The principle of operation depends on the variation of the value of the electrical resistance by changing the location of the sensor depending on the shape of

*قسم هندسة المكنان و المعدات، الجامعة التكنولوجية/بغداد
** الكلية التقنية المسيب/بابل

the cross-section required to measure its cross-section. A lot number of primary experimental have been carried out to calibrate the manufactured system and many electrical resistances were used to many different engineering parts also the cross correlation function was applied on the cross-sections. obtained, to learn more on the range of the fitting between all the produced cross-section obtained and standard cross-section over calculation have been done for all the cross-section before and after turning which gives the best fitting. Initial experimental work showed the following .A deviation in the values obtained by the system of the best fitting line at the linear displacement. Using the classical calibration method which means using all the working range which equal to 14 mm (maximum) the researcher suggest to use other calibration method by finding the best fitting line for a differential partial range of the total measured displacement which equal to 3 mm for each sub range with inter furring of 2 mm. Both calibration methods were used on all three Potentiometric tactile displacement sensors to be sure of the results given by each method. In this study high appearance of discrepancy of the results obtained on the best fitting line at the end of the work in displacement sensor. A limitation a of cutting for the working range and chose the best working range. Also it appears that the developed system suffering from some limitation therefore the cross-section obtained has a specific accuracy and this can not be over taking so to increase the accuracy of the system it must be improved its design and more care should be adopted on producing process.

القياس لتحديد المكسب وخطية المقياس (The Gain and Linearity of the Gauge) . إن نوعية المعايرة اليدوي مهم أيضاً لان وجود أي أخطاء في ذلك قد ينعكس على نتائج القياس الذي يتم على الأنموذج.

يجب ان يتم وضع الآلة بمعزل عن العوامل الطبيعية التي تؤثر في القياس ، العوامل الأكثر وضوحاً هي الاهتزاز وتغير درجة الحرارة. إن جعل الآلة في وضع مباشر من خلال النافذة التي تواجه الطريق المشغول ليس تدريباً أو عملاً جيداً. وحركة الهواء ممكن أن تؤخذ في نظر الاعتبار كعامل مؤثر في نتائج القياس. هنالك آلات خاصة يجب أن لا يتم وضعها قرب أنابيب التبريد أو المدخل. ويجب أن يتم أستغلال حجرة بيئية مناسبة لغرض الحصول على نتائج أدق قدر الأمكان.

يجب التأكد من الآلة في وضع جاهز للعمل ويجب الانتباه لترتيب منظومة القياس. فعلى سبيل المثال من المهم أن يرتفع المكون (منظومة القياس) ويكون في مستوى صحيح (في المكان المناسب) والقياس بشكل متمائل حول مركز المقياس (Center Line) قدر الإمكان وذلك ليعطي أفضل قياس بأقل نسبة خطأ لذلك الأنموذج [1].

1-2 نظام القياس : The Measurement System

1- الجانب النظري

1-1 المقدمة

مكونات كثيرة يتم تصنيعها اليوم عن طريق السماحات (Tolerances) في أجزاء من المايكرون. ولا تتطلب السيطرة النوعية على هذه الأجزاء أداة ذات دقة كافية فحسب وإنما تتطلب أيضاً تشغيلاً حذراً في بيئة مسيطر عليها. وتضم المجالات التي يتم أخذها في نظر الاعتبار:

- قدرة عدة القياس Capability of the Instrument
- المحيط أو الطبيعة الفيزيائية المراد قياسها The Measurement Environment
- منظومة القياس وتركيبها The Component and its Set-up
- بيانات الأكتساب والتحليل Data Acquisition and Analysis

يعتمد أداء عدة القياس (التي تقيس المقطع العرضي) على التوازن المثالي لعدد من السمات التي من أهمها المقياس الخطي وحقيقة الاستقامة ومقياس الوضوحية ومجال الضوضاء. إن الأداء الضعيف لأي من المجالات المذكورة آنفاً يؤدي إلى نتيجة ضعيفة. للحصول على التقييم الجيد للآلة هو قياس لوح زجاجي مائل بزواوية مع الأفق (An Inclined Flat Glass Sheet) يكون تماس مع نهاية المجس. من المهم أن يتم أنجاز معايرة قبل

على وفق زاوية المخروط وتباعد الأجزاء غير المتناسقة [2].

1-2-3 طريقة الحقيقة التدويرية:

Rotational Datum Method

وهي الطريقة الأكثر دقة في تحديد دائرية الأنموذج أو القطعة وذلك بقياس الأختلاف في نصف القطر خلال حقيقة تدويرية دقيقة بأستعمال مجس الفحص (الذي يبقى بتماس مع السطح ويقوم

بجمع كثافة عالية من نقاط البيانات) وكما مبين في الشكل (1-2). ويمكن أن توضع الدائرة بشكل مناسب للبيانات ويتم حساب الدائرية من معرفة مركز الأنموذج. هنالك الكثير من الآلات الخاصة بقياس الدائرية. سيعتلي المقياس على الذراع نصف القطري والذي تم تعديله ليجعل المقياس يلامس الأنموذج. ويعتلي الذراع ذاته على العمود الذي يسمح بارتفاع القياس المستوي ليتم تعديله. تكون المحاور الخطية لآلات ممكنة وذات دقة عالية تمكن الآلة من قياس المؤشرات الأخرى مثل الأستقامة والأسطوانية (Straightness and Cylindricity) [2].

1-2-4 ماكينة القياس ألتنسيقي: Coordinate

Measuring Machine

وهي طريقة أخرى لقياس الدائرية أو الإزاحة بأستعمال ثلاثة محاور دقيقة ومتعامدة مجهزة بمجس زناد تلامسي. ويتم جعل المجس يلامس الأنموذج الذي يتم قياسه وتسجيل موقعه. ويتم أخذ نقاط حول الأنموذج ويتم ربطها بجهاز لحساب دائرية الأنموذج. ويكون عدد نقاط البيانات القليلة جداً نمطياً وذلك لقلة الوقت المطلوب لجمعها. ويتم اعتبار الدقة في نتائج القياسات كمعيار للجودة [2].

1-3 أنواع المتحسسات

من الممكن أستعمال أنواع مختلفة من المتحسسات لقياس كثير من السطوح القياسية والغير القياسية أو الأشكال الهندسية (الدائرية و الإزاحة... الخ). يوضح التصنيف أدناه الأنواع الرئيسية لمتحسسات الإزاحة [2].

- § متحسسات الإزاحة المقاومة.
- § متحسسات الإزاحة الحثية.
- § متحسسات الإزاحة السعوية.
- § متحسسات كهروانضغاطية (كهربائية) أجهادية).
- § متحسسات الإزاحة الفوق الصوتية.
- § متحسسات إزاحة مقياس تداخل الليزر.

يعد القسم المتقاطع الدائري واحداً من الأشكال الأساسية المهمة جداً للمكونات الهندسية. فقد برز أستعمال الأشكال الدائرية في مجالات عدة خصوصاً في سطوح المحامل مثل الأعمدة الدوارة ومحامل الكريات (Rotating Shafts and Ball Bearings). يعد القياس الخارج من

الدوران (عادة ما يسمى شكلاً "بسيط الدوران") تقيماً مهماً جداً. فعلى سبيل المثال يمتلك المحمل الدائري ذو مقطع غير منتظم دائريته (Not Accurately Round) مشاكل أثناء أداء وظيفته

مما يسبب فشل هذا المحمل بسرعة كبيرة في فترة زمنية قصيرة. يعد القياس المضبوط للدائرية عاملاً حيوياً للتأكد من الوظيفة الصحيحة للأجزاء. إن قياس الدائرية أو الإزاحة موضوع واسع. وقد تم تقديم خطوط عامة لعدد من الطرائق الشائعة لقياس الدائرية أو الإزاحة في هذه الدراسة وقد تم إبراز بعض من تقييدها [2].

1-2-1 قياس القطر (طريقة النقطتين): Two Points Method

ربما تكون الطريقة الأولى والأبسط لقياس الدائرية أو الإزاحة للأنموذج أو القطعة بقياس تناسق قطره في عدة زوايا مختلفة. ويتم هذا في طريقة فحص تركيب الآلة ويكون كافياً لتقييم الأنموذج إذ تكون الدائرية مطلوبة لتحقيق شكل جيد للقطعة أكثر مما هي متطلبات وظيفية [2].

1-2-2 طريقة العائق المخروطي (طريقة النقاط الثلاث): Vee-Block Method

وهي طريقة أخرى تتبع عادة لوضع الجزء أو الأنموذج في العائق المخروطي (vee-block) وتدويره في تماس مع المقياس الدوار أو بمحدد مماثل. وهي بشكل أساس طريقة نقاط ثلاث أكثر من كونها طريقة النقطتين في المقدمة أعلاه. إذا كان الجزء دائرياً ويحتوي على نسبة لاتذكر من عدم التماس فإن مؤشر المقياس لن يتحرك. إن وجود الانحرافات في المقطع العرضي للقطعة (عدم انتظام نصف القطر في مختلف الاتجاهات) يسبب حركة في مؤشر المقياس وهذه بدورها تعتبر أخطاء قياس. وهذا يعني إن الأجزاء غير المتناسقة للقطعة المراد قياسها على طولها سيؤثر في قراءة محدد الدوران. وعلى أية حال فإن طريقة الثلاث نقاط يتم تطبيقها والتي ستعاني دائماً من التقييد الذي يسبب الأختلاف

لغرض تحليل النتائج المتحصلة يجب علينا أولاً تعريف التعابير الآتية والتي تستعمل في التحديد النهائي للمنظومة.

– دقة المعالج (Accuracy) هي قياس كيفية غلق المعالج الذي يأتي كنقطة تم إعطاؤها في نطاق عمله الفراغي أو القدرة على المضي الى نفس النقطة التي تم وصفها في الفراغ المعرف بمصطلحات (X-Y-Z) أو بعض من منظومة إحداثية أخرى. إن الدقة لنقطة معينة من الاهتمام في فراغ ثلاثي الإبعاد هي الاختلاف بين الموقع

الحقيقي في الفراغ والموقع كما تم قياسه عن طريق أداة قياس [4].

– التكرارية (Repeatability) هي قياس كيفية جعل معالجا" يستطيع العودة للنقطة المدروسة أو محددة سابقاً أو القدرة على العودة لذات النقطة مرة أخرى وأخرى بعد تلك النقطة التي تم دراستها في وقت سابق. ويتم تعريف التكرارية بأنها مدى المواقع المنجزة عندما يتم الإيعاز للمنظومة بالتكرار إلى موقع بموجب شروط تحديدية. يتم قياس التكرارية (الأحادية الاتجاه) عن طريق تقارب النقطة من اتجاه واحد وتجاهل مؤثرات رد الفعل أو التخلفية للمنظومة. تكون المعالجات متكررة بشكل عال معظم الوقت الحاضر مع ذلك فإنها غير دقيقة. تتأثر التكرارية بشكل أولي عن طريق وضوحية جهاز السيطرة [4].

– إن وضوحية جهاز السيطرة يعني أقل زيادة في الحركة والتي يستطيع جهاز السيطرة تحسسها [4].

– يتم تعريف التكرارية بأنها القدرة لمتحسس على أنجاز الوظيفة المطلوبة بموجب الشروط الموضوعية لفترة محددة [5]. ويمكن للمتحسس أن تكون مميزة كاحتمال أو كنسبة نجاح.

– الخطية: (Linearity) ويمكن تعريفها بالمقدار الأعلى الذي يتم عن طريقه حرف وظيفة الناتج الحقيقي من خط الانسجام الأفضل (Best Fitting Line) [3].

2- الجانب العملي

1-2 المقدمة : Introduction

تعطي عملية التحسس انطباعاً أو تبييناً" للأشارة الخارجة والتي تكون على هيئة إشارة متماثلة (Analogue Signal) للأشارة الداخلة وعليه في بعض الأحيان قد تكون بهيئة موجة ذات تردد يتناسب مع قيمة الدخل أو سلسلة نبضات حاوية على المعلومات.

1-3-1 متحسسات الإزاحة المقاومة: Resistivity Displacement Sensors

من الممكن تعريف هذا النوع من المتحسسات على أنه ذراع التوصيل الموصل الذي ينزلق مقابل العنصر المقاوم الثابت. إن مخرج (Out put) النتائج المحصل عليها من هذه النوعية من المتحسسات هو عبارة عن فولتية تماثلية (وهي دالة الموقع الماسح) (Wiper) جاهزة للمعالجة أو عملية التقطيع وتتوفر أنواع عديدة من

المجاهدات أهمها هي الدوارة والخطية وذات السلك المشدود انظر الشكل (1) [2].

1-3-1-1 الخصائص الكهربائية: Electrical Characteristics

هنالك بعض الخصائص الكهربائية التي يجب أن يتم أخذها بالاعتبار قبل اختيار مقياس الفولتية وربطه بنظام القياس. وهذه العوامل: الأشرطة والأطراف (Terminals and Taps) وتوصيل الحمل والحمل الكهربائي.

4-1 عملية القياس:

إن قياس الكمية هو العمل أو النتيجة المترتبة على المقارنة الكمية بين معيار معروف ومقدار غير معروف (متغير).

تكون المقاييس ضرورية وذلك للأمور التالية :

- لتقييم الأداء لمنظومة.
 - لدراسة استجابتها لعمل مدخل معين.
 - لدراسة بعض من قانون الطبيعة الأساس [3].
- يبين الشكل (2) بوضوح مخطط منظومة القياس العامة والتي تتكون من مجموعة دلائل يكمل بعضها البعض لأتمام عملية القياس بدقة متناهية وتلك الدلائل هي :

- 1= الوسط المقاس.
- 2= كمية مقاسة (متغير فيزيائي).
- 3= عنصر متحسس أولي وهو الذي يحدد المتغير الفيزيائي المقاس ويحول الإشارة إلى شكل صالح للاستعمال أكثر. عادة ما يتحول المتغير الفيزيائي بالممارسة إلى إشارات كهربائية أو ميكانيكية.
- 4= مرحلة وسطية: والتي تصحح الإشارة من الناقل لكي يتوفر الناتج المرغوب. فعلى سبيل المثال: قد يتطلب القيام بتضخيم أو ترشيح قبل تحديد الإشارة.

5= مرحلة تحديدية: (مراقبة والسيطرة أو التحليل).

6= أستلام البيانات عن طريق مراقب (7). إن الكميات التي تم قياسها والمحددة بشكل تلك المتغيرات التي غالباً ما يتم تحديدها كمتغيرات قياس أو متغيرات آلة القياس أو متغيرات طريقة.

الأخرى بالحركة الى الخلف مما يغير قيمة المقاومة المتغيرة تبعاً لقيمة الأزاحة الداخلة وعند رفع الحمل الأزاحي يرجع المكبس الى وضعه الأول بواسطة النابض الثاني الذي يقوم بدفع المتحسس الى الأمام.

2-2-2 معايرة المتحسس

أضافة لعمل المتحسس المشار اليه أعلاه تم تصنيع جزء ثان لمعايرة (Calibration) المتحسسات في البداية تم أستعمال مايكرومتر خاص يستعمل لقياس الأقطار الخارجية ولمدى (0-25 ملم) وبأجراء التعامل الميكانيكي عليه (تحويل) وذلك بأزلة المقدمة المعدنية للمايكرومتر ذات التشكيل المقوس وعمل لولب خارجي في بداية القطعة هذه القطعة تربط بأسطوانة معدنية ذات أبعاد مناسبة أحد طرفيها مغلق والطرف الأخر عمل له لولب داخلي ربط بالمايكرومتر، كذلك تم عمل شق بعرض 1.6 ملم وطول 50 ملم لغرض ربط المقاومات وكما مبين في الشكل (6).

وأستعمل أيضاً نوابض وتوصيلات وأجزاء هندسية ميكانيكية مساعدة أخرى لتسهيل عملية ربط وتبديل المقاومات المتغيرة الثلاثة المستعملة في البحث .

2-3 محول الأشارات (Analogue to ADC) (Digital Converter)

لتسهيل عمل منظومة التحسس والمعتمدة على متحسسات الأزاحة التلامسية فلا بد من اعتماد نظام لأستحصال البيانات وبالاعتماد على محول الأشارة التماثلية الى رقمية (Analogue to Digital Converter). أن المتحسسات التلامسية المصنعة الثلاثة المستعملة في هذا البحث (R1,R2,R3) هي أجهزة تماثلية أي بمعنى أن الأشارة الخارجة منها هي إشارة تماثلية (Signal Analogue) (فرق جهد كهربائي) ولغرض معالجة تلك الأشارات التماثلية المستحصل عليها من المتحسسات الثلاثة فلا بد من استعمال محول الأشارة التماثلية الى الرقمية (ADC) وتكون تلك المحولات بهيئة دوائر الكترونية متكاملة أذ يعمل هذا المحول المستعمل في هذا البحث بتطبيق طريقة التقريب المتتابع (Successive Approximation) يتم تحويل الأشارات التماثلية الى الرقمية بعدة طرائق، من أشهرها طريقة التقريب المتتابع (Successive Approximation).

2-3-1 مواصفات محول الأشارة التماثلي الى رقمي المستعمل في هذا البحث

شكل (3-8) أدناه يمثل صورة فوتوغرافية لنظام أستحصال البيانات المطور والمعتمد أساساً

الهدف من هذا البحث هو تصميم وتصنيع وتقييم متحسس أزاحة تلامسي (Potentiometric Tactile Displacement Sensor) وعليه قرر الباحث أن يختار ثلاثة متحسسات تلامسية تعتمد في عملها على أساس تغير في قيمة المقاومة الكهربائية المتغيرة مع تغير الأزاحة (الأشارة الداخلة) وتتكون بصورة رئيسة من ثلاثة أجزاء رئيسة جمعت سوية لتعطي خرجاً مقبولاً (فرق جهد كهربائي على وفق الدخل الذي يمثل الأزاحة) وتلك المكونات هي:

- 1- المتحسس (Sensor) .
- 2- محول الأشارة (Analogue to Digital Converter) .
- 3- الحاسوب (Computer) .

شكل (3) يبين صورة فوتوغرافية للمعدات والأدوات المستعملة في نظام التحسس المطور والمصنع وكل المكونات تظهر بوضوح في هذه المنظومة قسم فيها مصنع خصيصاً لهذا البحث والقسم الأخر يعمل كأجزاء سائدة .

2-2 المتحسس المصنع

2-2-1 Manufactured Potentiometric Displacement Sensor

وهو عبارة عن عدة خاصة تم تصنيعها بأبعاد مناسبة من خلال تحويل مخمد هيدروليكي (Piston-Cylinder Device) وكما مبين في الشكل (4) حيث كانت أبعاد الأسطوانة بطول 157ملم وقطر خارجي 19ملم والقطر الداخلي 16ملم وعمل شق بعرض 2ملم وموقعه 70ملم من بداية الأسطوانة وطول الشق 50ملم ويثبت فوق فتحة الشق مقاومة متغيرة (Resistance) بوساطة لولبين وبمادة الأيوكسي وتم أستعمال نابضين الأول يوضع أمام المكبس والثاني يوضع بعده (لغرض الحصول على موقع صفري للمتحسس عند عدم وجود أي مؤثر خارجي) ثم تغلق الأسطوانة للحصول على المتحسس الجاهز للعمل.

كما يحتوي المتحسس المصنع على مكبس بسمك 5 ملم وقطر المكبس 15ملم وطول الذراع 127ملم وفي قمة الذراع كرة مصلدة بقطر 2.38ملم مثبتة بلولب مع الذراع وكما مبين في الشكل (5).

أن عمل المتحسس بصورة مبسطة هو عند تعرض المتحسس لأي أزاحة عن طريق ملامسة الكرة المصلدة في رأس المتحسس بأي مقطع عرضي خارجي يقوم المكبس بأزاحة المتحسس المحصور بين المكبس من جهة والنابض من جهة

تعتمد في أساس عملها على عناصر التحسس
(Sensing Elements).

تم تصنيع أنواع مختلفة من متحسسات
الأزاحة التلامسية وبالاعتماد على ثلاث مقاومات
كهربائية متغيرة بنفس المقدار 10 كيلو أوم ثبتت
على منظومة ميكانيكية محورة للحصول على ثلاثة
متحسسات تلامسية للأزاحة .

صنعت تلك المتحسسات على وفق تصميم ميكانيكي
مناسب بحيث تمتلك مجسا" قابلة للحركة باتجاهين
متعاكسين على نفس خط التأثير ضمن مدى شغال
يحكمه نوع المقاومات المتغيرة المستعملة من
خلال تماس نهاية المجس الكروي مع أي مقطع
عرضي سوف يحقق تغير في قيمة المقاومة
الكهربائية المتغيرة تبعاً لمقدار الأزاحة الخطية
التي يقطعها المجس وبالتالي تم الحصول على
علاقة رياضية تربط بين الإشارة الداخلة (أزاحة
خطية للمجس Displacement) بوحددة ملم
والإشارة الخارجة (تغير في قيمة المقاومة
الكهربائية المتغيرة Resistance) بوحددة الأوم
أي تغير في فرق الجهد الكهربائي عبر طرفي
تلك المقاومة الكهربائية المتغيرة.

Channel

2-3 المتحسس Potentiometric Sensor

يمتلك هذا المتحسس تصميمًا ميكانيكيًا
بسيطًا وسهل الحصول والنصب والاستخدام
وصغير الحجم نسبيًا، إلا أنه يعاني إلى حد ما من
مشاكل الاحتكاك والتآكل في أجزائه المتلامسة
ميكانيكيًا من عمره الافتراضي النتائج العملية
الأولية أظهرت خصائص (تحسسية) جيدة من
حيث الحصول على معدل خطأ قليل مقداره 4 أوم
أو بنسبة (0, 19) % (Low Mean Error)
ووضوحية عالية مقداره 1 أوم لأزاحة 5, 2
مايكرون (High Resolution) وتكرارية مقبولة
(Accepted Repeatability) الخ...

وكانت الخصائص العامة لذلك المتحسس التلامسي
المصنع هي كما يأتي :

§ يمتلك هذا المتحسس مدى شغالا"
مقداره 20 ملم.

§ يمتلك وضوحية (Resolution) مقاسة
مقدارها 5, 2 مايكرون ولا يمكن الحصول
على وضوحية أقل من ذلك المقدار بسبب
عدم إمكانية الحصول على أزاحة أقل من
ذلك المقدار عمليًا .

3-3 النتائج العملية Practical Results

لغرض الحصول على نتائج دقيقة فلا بد من
معايرة كل الاجزاء المستعملة في منظومة التحسس
التلامسي المصنعة أذ تمت التجارب الأولى
باستعمال متعدد القياس (Multimeter) ورأسمة

على محول إشارة تماثلية إلى رقمية (ADC) وفيما
يأتي مواصفات المحول:

- 1- ADC number of bits (n) = 12 bits.
- 2- ADC number of steps = 4096 steps.
- 3- ADC input span = $\pm 5V$
- 4- Resolution (ADC span)/(ADC number of steps) = 2.44mV/step.
- 5- Variable Sampling rate up to 3000 Sample/sec.
- 6- Single channel input.
- 7- Input voltage range (span) of the channel is $\pm 5V$
- 8- Variable gain (10).
- 9- Internal power supply.
- 10- Connected with the computer via the Enhanced Parallel Port (EPP) to ease connection and it is a low cost method.

يخضع محول الإشارة التماثلية إلى الرقمية
للمعادلة الرياضية الآتية والتي تصف سلوكه أو
العلاقة بين الفولتية التماثلية الداخلة والخرج
الرقمي بالاعتماد على الفرضيات النظرية

عند (+5V) Digit = (4095)

عند (-5V) Digit = (0)

شكل (7) يمثل المعادلة النظرية لمحول إشارة
تماثلي إلى رقمي المستعمل (ADC) والتي تربط
بين الفولتية التماثلية الداخلة والفولتية الرقمية
المكافئة لها (الخارجة) ومن المفيد احتساب ميل ذلك
الخط المستقيم والذي يمثل (Resolution) ذلك
المحول .

Slope = (ADC span)/(ADC number of steps)

$$= 10 / 4096 = 0.00244 \text{ V/s}$$

3- النتائج العملية والمناقشة

1-3 المقدمة

يعمد الباحثون في الحياة العملية إلى تطبيق
طرائق مختلفة لقياس أو للتحقق من الدورانية
(Roundness Profile) أو الأزاحات
(Displacements) ومن هذه الطرق

(المؤشر الميكانيكي) (Dial Gauge Indicator)
(مقياس للأقطار) (Vernier)

وكل ذلك يتم يدويًا علاوة على ذلك فإن تلك
الطرائق تستغرق وقتًا طويلاً مع جهد بشري كبير
والذي بلاشك يسبب مقداراً من الخطأ كبيراً نسبياً
[2] ولتقليل تلك المشاكل والأخطاء تم تطوير أنواع
مختلفة من عدد القياس (Measuring Tools)

(range) الذي يتراوح بين (0-14) ملم وتم احتساب معدل الخطأ وميل المستقيم الأفضل للمحاولات الثلاثة إذ كان نسبة معدل الخطأ يتراوح بين (0,25-0,31)% ولقد لوحظ ان معدل الخطأ اقل مقارنة بالنتائج الاولى إذ تتقارب النقاط المستحصلة من خط المستقيم الافضل في بداية المدى الشغال للمتחסسات ومن الواضح ايضا ان قيمة معدل الخطأ لا تتغير بمقدار كبير نسبيا عند اعادة التجربة عدة مرات ولنفس المديات الشغالة أي يمكن الحكم بان معدل الخطأ مستقر إذ كان الفرق بين اعلى قيمة واقل قيمة لمعدل الخطأ هو (2,87) أوم وهذا يؤكد أفضلية إجراء تقطيع على المدى الشغال وكذلك يؤكد بان هذا المتحسس (المقاومة الكهربائية الاولى R1) تحقق التكرارية (Repeatability) بمقدار عالي ويعزى هذا الفرق البسيط في معدل الخطأ الى وجود عدة عوامل مؤثرة في عملية التقييم مثل وجود الاحتكاك بين الاجزاء المتحركة والتربيب الميكانيكي او الفيزيائية للمتحسس.

لغرض الوصول الى حالة مثالية في عملية التحسس قدر المستطاع اي تقليل نسبة الخطأ اكثر ما يمكن فقد قام الباحث باجراء تقطيع موقعي تداخلي على المدى الشغال (0-14) ملم والحصول على مديات شغالة فرعية (Sub.Ranges) بزيادة مقدارها 3 ملم ويتداخل مقداره 2 ملم واعداد نفس عملية التقييم ولكن على وفق هذه المديات الفرعية واحتساب ميل المستقيم الافضل ومعدل الخطأ لكل حالة كما في الشكل الوارد (10) وللمدى (0-7) ملم ان العلاقة بين الازاحة الداخلة بالملم والاستجابة الناتجة من المقاومة للمتحسس المصنع باليوم للمدى (0-7) ملم وتم تكرار العملية ثلاث مرات لنفس المدى الشغال ولنفس المتحسس وتم احتساب معدل الخطأ وميل المستقيم الافضل حيث كان نسبة معدل الخطأ يتراوح بين (0,39-0,80)% وتبين من النتائج بمثالية تقريبا "و سبب قلة الاحتكاك واحتمالية عدم وجود (Back lash) والظروف البيئية الجيدة والتربيب الفيزيائية الجيدة.

من عملية التقييم (المعايرة) لمديات شغالة مقطعة اخرى تتراوح بين (5-12) ملم ولنفس المتحسس الاول يلاحظ وجود اختلاف بسيط عند الحالة السابقة إذ بلغ نسبة معدل الخطأ بين (0,36-1,60)% وهذا الاختلاف قد يعود الى ان المتحسس او المقاومة الكهربائية المقاسة المستعملة في هذا المدى متأثرة بدرجات الحرارة او الرطوبة المختلفة في موقع العمل التي تصادف خلال التجارب [7] في اختلاف تلك القيم ومن المعروف وجود علاقة رياضية تربط بين درجة الحرارة من جهة

كاثودية (Calibrated Storage oscilloscope) معايرة مسبقا" وذلك لقياس استجابة (Response) المتחסسات التلامسية المصنعة وتحديد العلاقة بين المدخل (Displacement) والمخرج (تغير في قيمة المقاومة الكهربائية المتغيرة).
3-4 معايرة محول الاشارة التماثلية الى رقمية (Calibration of ADC)

لغرض معايرة محول الاشارة التماثلية الى رقمية وتحديد مقدار الخطأ المتوقع وجوده اثناء عمله فقد قام الباحث بتهيئة فولتية مستمرة (DC-Voltage) مقدارها 3 فولت (V) (ماخوذة من مصدر فولتية مستمرة (DC-Power Supply) معاير مسبقا" وادخلت تلك الاشارة (الفولتية المستمرة) الى قناة محول الاشارة (Input channel) فكانت قيمة (Digit) العملية المستحصلة من محول الاشارة تساوي (3277) اما القيمة النظرية المكافئة لتلك الفولتية فكانت (3283) وهذا يعني ان الفرق بين القيمتين هو (6) وتساوي (0,183)% ويمكن اعتبار هذه النسبة كنسبة خطأ مقبولة لمحول الاشارة المستعمل في هذا البحث [6].

3-5 المناقشة

الشكل (4-1) تبين العلاقة بين الازاحة بوحدات ملم وقيم المقاومة الكهربائية بوحدات الأوم المقابلة لها للمتחסسات (المقاومات الكهربائية المتغيرة الثلاثة R1,R2,R3) إذ تم اعادة التجربة ثلاث مرات لكل مقاومة من المقاومات المذكورة انفا" وفي كل مرة تم احتساب معدل الخطأ (Mean Error) وميل المستقيم الأفضل (Best Fitting Line) إذ كان نسبة معدل الخطأ يتراوح بين (0,19-0,76)% ألا انه لوحظ وجود تقارب جيد للنقاط من المستقيم الأفضل من بداية المدى الشغال (Working Range) للمتחסسات في حين تتباعد أو تتشتت النقاط المستحصلة مبتعدة عن المستقيم الأفضل وتحدث هذه الظاهرة في جميع المقاومات الكهربائية المستعملة وللمدى بعد 14 ملم صعودا" (تقريبا) مما حدا بالباحث الى أن يقطع الجزء المتشتت من الرسم وتعيين المدى من (0-14) ملم كأفضل مدى شغال وعليه قام الباحث بأعادة التجربة ولكل المتחסسات الثلاثة المستعملة ولكن على وفق المدى الشغال المعدل وهو (0-14) ملم.

تم اعادة التجارب لكل متحسس من المتחסسات الثلاثة المصنعة وللمدى (0-14) ملم كما في الشكل (9) إذ أجريت ثلاث محاولات لها ولقد تم اعتماد المدى الشغال الجديد (Working

§ كامة رقم 2 أو كامة ذات ثلاث حذب المقطع الاول المقطع العرضي الدائري وهو ذو قطر 15,7 ملم وبطول 30ملم ومصنوع من معدن فولاذ ومدى انتظام هذا المقطع الدائري حول المحيط الخارجي له وبما ان السطح الخارجي للمحور أعلاه ذو أنهاء سطحي جيد أي يمتلك نعومة عالية نسبياً أي ان خشونة ذلك السطح لا تدخل بنظر الاعتبار عند اجراء عملية التقييس (المتحسس التلامسي) وبكلام آخر فان المتحسسات المصنعة لاتتحسس للتضاريس الدقيقة جداً" على سطح المحور ومن المعروف ان ماكينة الخراطة (1k62) والتي استخدمت في تصنيع العينة تطعي نعومة سطحية مقدارها (0.5) مايكرون وهذه النعومة تعتبر جيدة بالنسبة لظروف عمل البحث .

يتم تقييس هذه الاشكال بصورة ميكانيكية بحتة بوساطة مؤشر ميكانيكي أذ تم تثبيت المؤشر الميكانيكي على ماكينة الخراطة وتم تثبيت العينة لكي تضمن حصول تماس مباشر بين المؤشر والعينة المراد قياسها ومن ثم اخذ قراءة المؤشر بتدوير العينة كل 10 درجات باتجاه عكس عقرب الساعة بالنسبة للعينة للحصول على الشكل الحقيقي للعينة واعيدت هذه العملية على الشكلين الاخرين . شكل(12) يبين الاشكال الهندسية للمقطع الدائري والمستحصل عليها من المتحسسات الثلاثة بطريقة القياس المباشر ومن خلال الحاسوب باستعمال محول الاشارة ADC أذ يبين من الشكل فقرة 1,2,3 المقاطع العرضية للشكل الدائري باستعمال المقاومات الكهربائية R1,R2,R3 على التوالي وقام الباحث باحتساب معدل الخطأ وكان يتراوح بين (0,0028-0,018) ملم أو بنسبة (0,035-0,229)% ويتضح جلياً افضل مقطع مستحصل هو الناتج من R1 اما فقرة C من الشكل فيمثل المقطع المستحصل من خلال الحاسوب وكان معدل الخطأ (0,037) ملم أو بنسبة (0,47)% ويلاحظ ان نسبة الخطأ اعلى من الحالات المماثلة له وذلك يعود لعدة اسباب الخطأ المتراكم من محول الاشارة والتيار الكهربائي المستعمل والتغير من قيمة المقاومة الكهربائية وقد تم قياس الشكلين الاخرين بنفس الطريقة وظهرت النتائج حسب الشكل الهندسي للمقطع المقاس .

3-7 تقييم الخطأ في المقطع العرضي

تم اتباع اسلوب آخر لتحليل المقاطع العرضية المستحصل عليها من المتحسسات التلامسية المستعملة في هذا البحث وذلك باحتساب خطأ المقطع العرضي (Profile Error) حيث أن

الخطأ = القيمة المطلقة (القياس الميكانيكي للمقطع العرضي - التقييس للمقطع العرضي بأستعمال

والمقاومة R من جهة أخرى حيث ان درجة الحرارة يؤدي الى اكتساب الموصل طاقة إضافية تعمل على زيادة في سرعة حركة الذرات (العشوائية) مما يعيق حركة الالكترونات باتجاه واحد .

أما في المدى الشغال (10-18) ملم نلاحظ في المدى ان النقاط تبدأ تتباعد عن خط المستقيم الافضل بشكل كبير نسبياً وخصوصاً بعد الازاحة 14 ملم وذلك ما يؤكد ضرورة القيام بعملية قطع المدى الشغال لغاية 14ملم وذلك ضماناً للحصول على اقل معدل خطأ وافضل تطابق للنقاط المستحصلة مع المستقيم الافضل وفي المدى (10-13) ملم و (11-14) ملم قد تم احتساب نسبة معدل الخطأ الذي يتراوح بين (0,56-0,60) % .

في حين وصل نسبة معدل الخطأ في المدى (10-18) ملم الذي تتراوح بين (0,56-0,71)% قبل القطع ويعزى ذلك لوجود التآكل او ملامسة الفرشاة النحاسية Wiper للقاعدة الكربونية حين تكون متذبذبة وكذلك لوجود بعض الملوثات او زيوت التشحيم Grease وتكون أكاسيد من مواد شائبة على السطح الماسح ذات مقاومة كهربائية مختلفة عن قيمة المقاومة الأصلية ويمكن احتسابها كمقاومة إضافية وعليه تسبب ذلك في تشوه الشكل الهندسي العرضي المستحصل عليه من عملية التقييس عن الشكل القياسي , هذه العملية فقط للمتحسس الأول وقد تم إعادة قياسات المعايير على كل من المتحسسات الثلاثة .

من المهم جداً" احتساب (Resolution) لكل المتحسسات المستعملة في هذا البحث أذ قام الباحث بتثبيت منظومة التحسس على ترتيبية مسك خاصة وتوفير ميكانيكية يعني أعطاء أزاحة ثابتة تضمن أعطاء ازاحات متساوية بالمقدار أقل مايمكن ومقدارها 2,5 مايكرون وأختيار مناطق أو نقطة يبدأ منها أي تعتبر نقطة مرجع لكل متحسس والشكل (11) يبين محاولة لكل متحسس في عملية احتساب (Resolution) لمدى محدد مقداره 15 مايكرون أذ بلغ معدل (Resolution) للمتحسس الاول ما بين (1-3) أوم وللمتحسس الثاني يتراوح بين (1-3) أوم وللمتحسس الثالث يتراوح بين (2-3) أوم ويلاحظ أن المتحسس الثالث أقل (Resolution) مقارنة مع المتحسسين الآخرين .

3-6 الجانب التطبيقي للبحث

تم باختيار ثلاثة اشكال ذات مقاطع عرضية مختلفة الاشكال وذات ابعاد خارجية متلائمة مع المدى الشغال للمتحسسات المصنعة وهذه الأشكال :

§ محور ذو مقطع دائري

§ كامة رقم 1 أو كامة ذات حذبتين

الثالث ولم يتسنى للباحث إجراء هذه الطريقة التي تحتاج لقياسات أخرى كثيرة وتعتبر هذه الفقرة من ضمن التوصيات القادمة.

$$\begin{aligned} \left(\Delta A \frac{\partial f}{\partial A}\right)^2 &= \text{مفردة الخطأ الأول} \\ \left(\Delta B \frac{\partial f}{\partial B}\right)^2 &= \text{مفردة الخطأ الثاني} \\ \left(\Delta C \frac{\partial f}{\partial C}\right)^2 &= \text{مفردة الخطأ الثالث} \end{aligned}$$

الخطأ التراكمي - - - -

$$E(rssf) = \left[\left(\Delta A \frac{\partial f}{\partial A}\right)^2 + \left(\Delta B \frac{\partial f}{\partial B}\right)^2 + \left(\Delta C \frac{\partial f}{\partial C}\right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

8-3 تقييم المقاطع العرضية بتطبيق دالة الترابط المتقاطع

Evaluation of the obtained profiles by using Cross Correlation Function

تعد دالة الترابط المتقاطع من الدوال الرياضية المهمة جدا والتي تعتمد في تحليل (التطابق) بين مختلف المقاطع العرضية الهندسية المتشابهة ويعبر عن تلك الدالة رياضياً بالعلاقة الآتي

$$F(t)_{f_1 f_2} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} f_1(n) * f_2(n+t) \quad (2)$$

Where :

$F(t)_{f_1 f_2}$: Cross Correlation Function (CCF).

N : Number of Samples.

$f_1(n)$: First Function Value.

$f_2(n)$: Second Function Value.

t : Shifting Step.

تم اختيار احد الاشكال الهندسية المستخدمة في هذا البحث وهي الكاملة الاولى ذات القطرين وتطبيق دالة الترابط المتقاطع على المقاطع الجانبية المستحصلة من كل المتحسسات ولنفس الكاملة المشار اليها اعلاه وكان الناتج كما يأتي :

الشكل (14) يبين نتائج تطبيق دالة الترابط المتقاطع على الكاملة المشار اليها اعلاه باستعمال المتحسس التلاميقي الاول ويلاحظ من الشكل ان اعظم قيمة هي (62,171) عند زاوية 330 درجة

المتحسسات المصنعة). والقياس الميكانيكي يقاس بالمايكرومتر ذو المؤشر أو على شكل ساعة كما موضح في الشكل (3)

وعليه تم تقييم المقاطع العرضية للأشكال الهندسية المعتمدة في هذا البحث وبأستعمال المتحسسات الثلاثة بالإضافة الى المقطع العرضي المستحصل عليه من خلال الحاسوب وبأستعمال محول الإشارة ADC المطور في البحث.

الشكل (13) يبين رسمين بيانية بالأحداثيات القطبية (Polar Coor.) بين الزاوية بوحدات الدرجة والخطا بوحدات ملم للمقطع الكاملة ذات ثلاث حذب والرسم الاول يقارن بين المقطع العرضي المقياس والمتحسسات الثلاثة 1 و2 و3 تمثل مقدار الخطأ في المقطع العرضي الناتج في المتحسسات الثلاثة إذ تم احتساب قيمة جذر المربع (Root Mean Square) وكانت القيمة الاقل (0,0158) ملم للمتحسس الاول في حين كانت نتيجة الاشكال للمتحسس الثاني والثالث الشكل المستحصل عليه من خلال محول الإشارة C وهي على التوالي (0,0303) ملم و(0,0406) ملم و(0,1010) ملم وهذا يعني ان المتحسس الاول أفضل المتحسسات أداءً من حيث تقييم المقطع العرضي.

يلاحظ ان نسبة الخطأ تختلف من حالة الى أخرى في الأشكال الثلاثة السابقة وذلك يعود لعدة اسباب ومنها الخطأ المتراكم من خطأ ميكانيكي وخطأ محول الإشارة والتيار الكهربائي المستعمل والتغير من قيمة المقاومة الكهربائية والطريقة المهمة التي يجب إجرائها هي إجراء مقارنة أخرى بين المتحسس الاول المستعمل والمتحسسات الأخرى ومن الصعب تحديد الافضل من خلال مفردات المتغيرات الموجودة وعلى سبيل المثال حيث ان المتحسس الاول جيد من ناحية Back lash وغير جيد من ناحية خطأ محول الإشارة والتركيب الكربوني للمقاومة للمتحسس الثاني والمتحسس الثالث والطريقة الواجب أستعمالها لحساب الخطأ الكلي المتراكم (Root Sum Error(Square Formula عن طريق أسعمال معادلة [8]:

$$E(rssf) = \left[\left(\Delta u_1 \frac{\partial f}{\partial u_1}\right)^2 + \left(\Delta u_2 \frac{\partial f}{\partial u_2}\right)^2 + \left(\Delta u_3 \frac{\partial f}{\partial u_3}\right)^2 + \dots + \Delta u_n \left(\frac{\partial f}{\partial u_n}\right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

حيث أن الخطأ الحاصل من المتغير الاول Back lash عن طريق مشتقة المتغير الاول وأيضا المشتقة المستحصلة عن طريق الخطأ محول الإشارة للمتغير الثاني والخطأ الثالث هو التركيب الكربوني للمقاومة المستحصل من مشتقة المتغير

هذه النتائج تبين الشكل 14 ج ك تطبيق للمعادلة الثانية بين الزوايا والناتج التي استخرجت من المعادلة الثانية وعليه فان التطابق بين المقطعين العرضيين بعد التدوير الكاملة الاولى افضل بكثير كما هو عليه قبل التدوير وقد تم قياس بواسطة المتحسسات الاخرى بنفس العملية .

3-9 أيجاد أفضل المقاطع العرضية المستحصلة انطباقاً مع المقطع العرضي القياسي

Finding of the best matching profile in comparison with the standard profile

بعد ان تم أيجاد افضل تطابق بين المقاطع العرضية والمستحصل عليها من المتحسسات المصنعة والمقطع العرضي القياسي للكامة الاولى خلال تطبيق دالة الترابط المتقاطع (CCF) ثم اعادة استعمال الدالة اعلاه مرة اخرى وذلك بمقارنة المقاطع العرضية (ذات التطابق الافضل مع المقطع العرضي القياسي) فيما بينها ويجاد ايهما يحقق افضل تطابق مع المقطع العرضي القياسي الشكل (15) يبين العلاقة البيانية التي تربط المقاومة الكهربائية المستعملة في هذا البحث مع المحور الافقي وقيم دالة الترابط المتقاطع على المحور العمودي ويظهر بوضوح ان اعلى قيمة لدالة الترابط المتقاطع هي (62,171) والخاصة بالمقاومة الكهربائية الاولى (اي عند النقطة 2) على المحور الافقي وهذا يعني ان افضل المتحسسات الاربعة المستعملة في هذا البحث هو المتحسس الاجهادي التلامسي الاول R1 إذ كانت المقاطع العرضية المستحصل عليها من ذلك المتحسس تعطي افضل تطابق مع المقطع العرضي القياسي وكذلك تحقق اقل معدل خطأ وهذا ما أكدته (4) النتائج السابقة .

4-الاستنتاجات

1- يستنتج من هذا البحث أن المتحسس الأول والثالث تحقق التبادلية فيما بينها أثناء التحسس بنفس الازاحات المعطاة اما المتحسس الاخر يعطي فرق في القياس وهذا يعود الى عدة اسباب أهمها طبيعة تكوين وتركيب تلك المقاومات الكهربائية واقتراب خواصها الكهروميكانيكية فيما بينها أي أن كل مقاومة متغيرة كانت لها خصوصية عن باقي المقاومات المستعملة.

2- عند بداية معايرة المنظومة أو أداة القياس لوحظ وجود تشتت في قيم المقاومة الكهربائية (الاستجابة) المرافقة لقيمة الازاحة الميكانيكية الداخلة في نهاية المدى الشغال فوق 14 ملم وعليه أستنتج الباحث ان افضل مدى شغال هو من (0-14) ملم وذلك بقطع المدى ذو التشتت العالي (Scattering) .

ولغرض الحصول على افضل تطابق بين المقطعين العرضيين فانه يجب تدوير الكامة 30 درجة مع عقرب الساعة مجموع الناتج

$$\begin{aligned} 6.09 \times 6.1 &= 37.147 \\ 6.68 \times 6.69 &= 44.689 \\ 10.35 \times 10.36 &= 107.226 \\ 13.52 \times 13.52 &= 182.790 \\ 10.35 \times 10.36 &= 107.226 \\ 6.68 \times 6.69 &= 44.689 \\ 6.09 \times 6.12 &= 37.270 \\ 6.09 \times 6.1 &= 37.147 \\ 6.09 \times 6.06 &= 36.903 \\ 6.09 \times 6.09 &= 37.088 \\ 6.09 \times 6.04 &= 36.783 \\ 6.09 \times 6.09 &= 37.088 \\ 746.054 / 12 &= 62.171 \end{aligned}$$

هذه النتائج تبين في الشكل ان اعلى قيمة في 330 درجة وهو تطبيق واحد على زاوية واحدة كمثال للنتائج المعادلة الاولى ولغرض اجراء المقارنة بين المقاطع العرضية قبل وبعد التدوير (على وفق موارد اعلاه) قام الباحث احتساب دالة الخطأ ومن العلاقة الرياضية الآتية [9] .

$$E(n) = |f_1(n) - f_2(n)| \quad (3)$$

$E(n)$: Error Function.

$f_1(n)$: First Function

Value.

$f_2(n)$: Second Function

Value.[9]

وكانت النتائج كما يأتي :

المساحة تحت المنحني لدالة الخطأ للمقطع العرضي قبل التدوير كما في الشكل (14ب) والمساحة تحت المنحني لدالة الخطأ للمقطع العرضي بعد التدوير 30 درجة مع عقرب الساعة كما في الشكل (14ج).

$$\begin{aligned} 6.09 - 6.1 &= 0.01 \\ 6.68 - 6.69 &= 0.01 \\ 10.35 - 10.36 &= 0.01 \\ 13.52 - 13.52 &= 0 \\ 10.35 - 10.36 &= 0.01 \\ 6.68 - 6.69 &= 0.01 \\ 6.09 - 6.12 &= 0.03 \\ 6.09 - 6.1 &= 0.01 \\ 6.09 - 6.06 &= 0.03 \\ 6.09 - 6.09 &= 0 \\ 6.09 - 6.04 &= 0.05 \\ 6.09 - 6.09 &= 0 \end{aligned}$$

- [2].Mike Mills " Precision News – Tutorial " Taylor Hobson Precision ; Spring 2006. www.tylor-hobson.com .
- [3].M. Idrees, "Introduction to measurement theory lectures " Mechanical Engineering Department, University of Technology, 2006.
- [4].Werner G. Holzbock "Robotic" Technology Principles and Practice " ; van no strand Reinhold company 1986.
- [5].D.T. O'connor "Practical Reliability Engineering" 2nd. Edition, John-Wiley & sons. 2002.
- [6].M. Fredrick Cady " Microcontrollers and Microcomputers – principles of software and hardware engineering " , 1989.
- [7].Gitin M. Maitra and L. V. Prasad " Handbook of Mechanical Design " ; second edition ; Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd 1995 .
- [8].Ernest O. Doebelin " measurement System " Application and Design, 1983.
- [9]." The digital processing data book " , 1st. edition, inmost 1989.

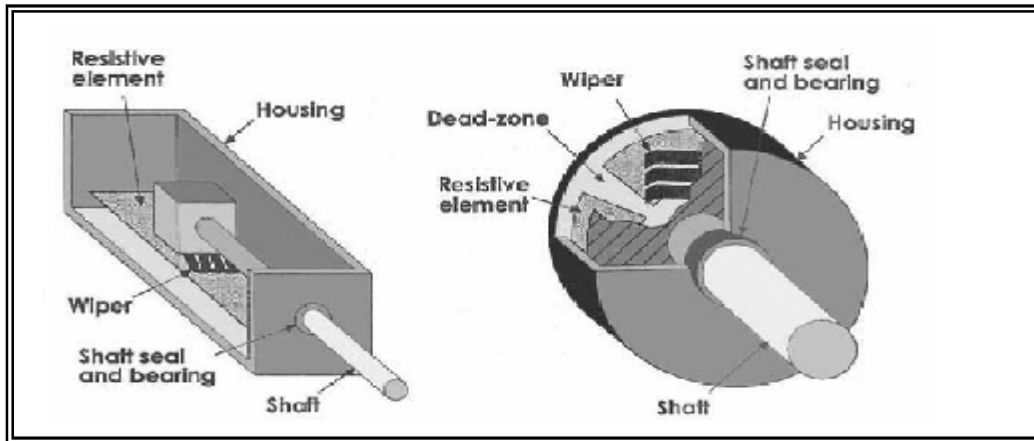
3- لوحظ في المقاطع المستحصل عليها من خلال متحسس الأزرحة التلامسي والمربوط عبر (ADC) يعطي معدل خطأ (Mean Error) أعلى من بقية الحالات (بدون ADC) وسبب ذلك يعود الى تراكم الخطأ (خطأ ميكانيكي ناتج عن الأجزاء الميكانيكية كافة وخطأ إلكتروني ناتج عن الأجزاء الإلكترونية من المنظومة المطورة) .

4- من خلال تقييم العديد من جانبيات الأشكال الهندسية (Profile Signal) بنجاح فعليه يمكن أستعمال تلك المتحسسات في تقييم جانبيات أشكال هندسية مختلفة أخرى ضمن المدى الشغال لأفضل المتحسسات المستعملة في هذا البحث.

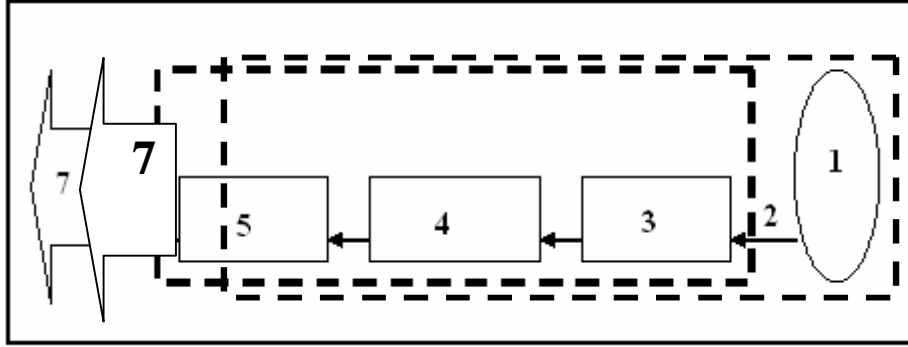
5- من خلال تكرار عملية القياس عدة مرات لوحظ وجود تآكل على قمة المحسس مما يؤثر في دقة القراءات المستحصلة وعليه قام الباحث بربط نهاية كروية مصلدة مسننة ذات أبعاد هندسية مناسبة لطبيعة عمل المتحسس ونستنتج من ذلك ضرورة أستعمال نهايات مصلدة للمتحسسات عند القيام بهذا عملية قياس.

المصادر

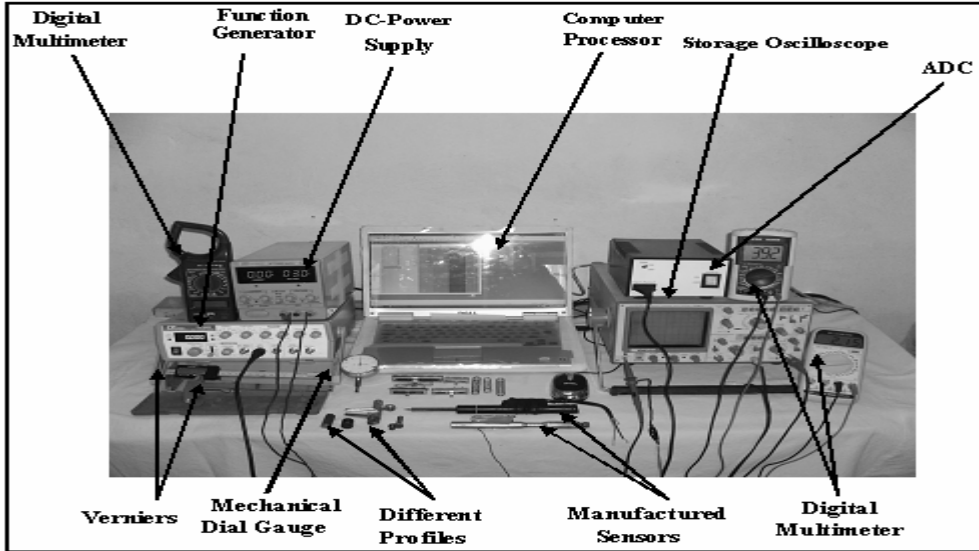
- [1].Mike Mills " Precision News – Tutorial " Taylor Hobson Precision ; Spring 2003, www.tylor-hobson.com .



شكل (1) يبين أنواع مختلفة من المقاومات المتغيرة [2].



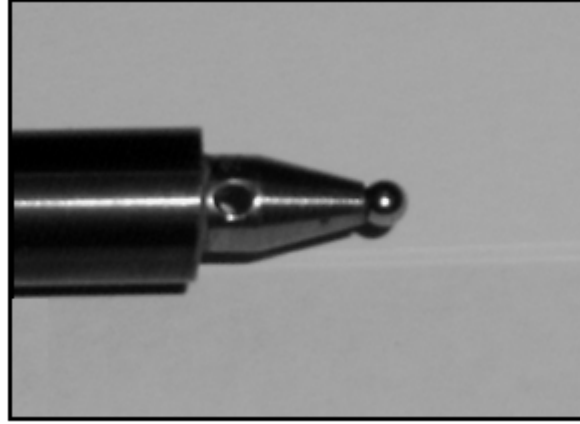
شكل (2) يبين مخطط منظومة القياس العامة [3].



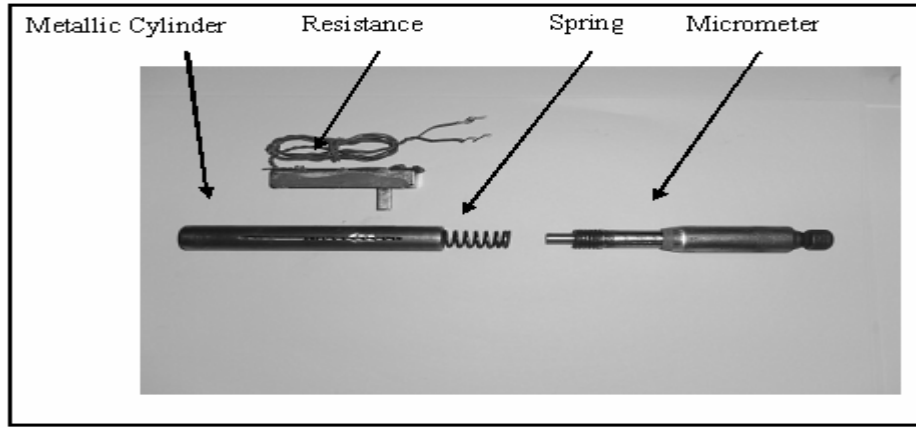
شكل (3) يبين صورة فوتوغرافية لنظام التحسس التلامسي المطور



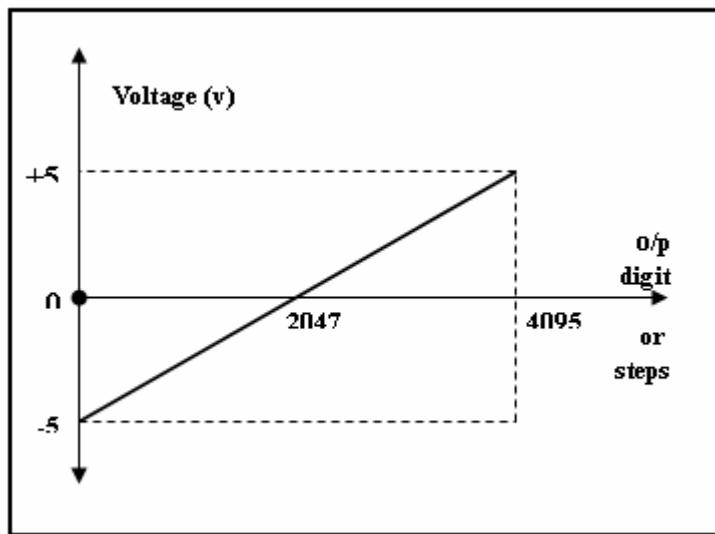
شكل (4) صورة فوتوغرافية لمتحسس التلامسي المصنع



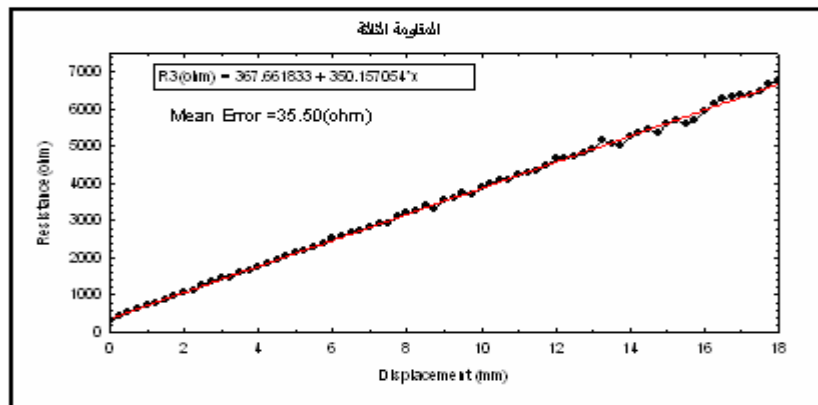
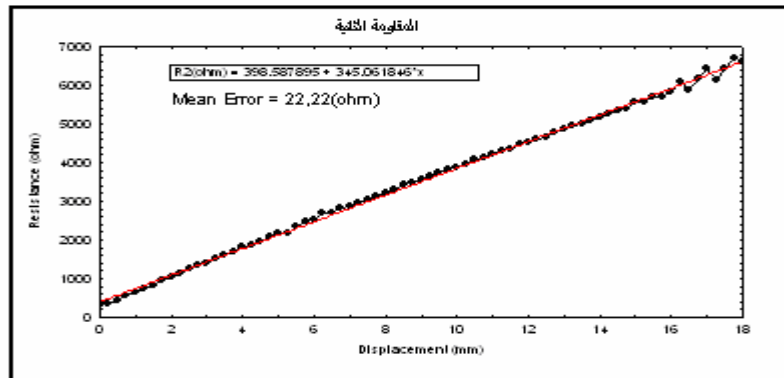
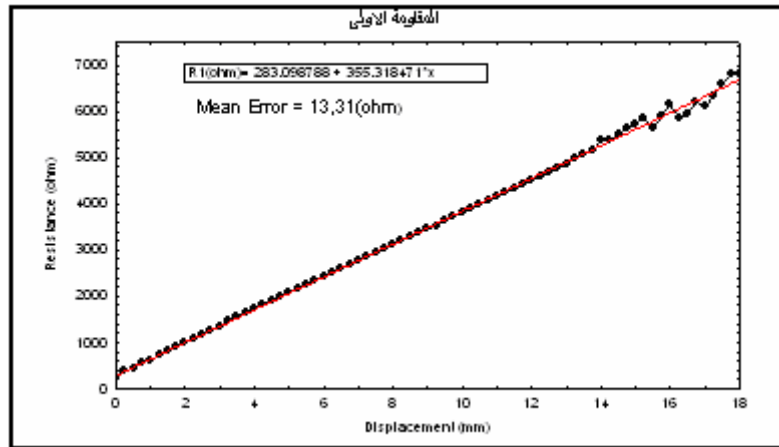
شكل (5) يبين الكرة المثبتة برأس المتحسس المصنع.



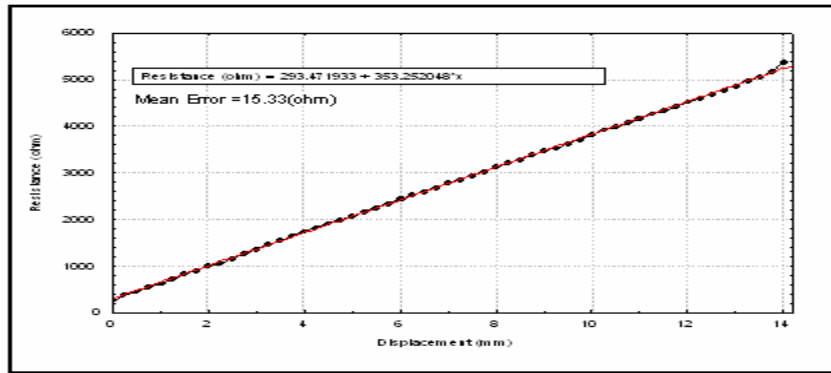
شكل (6) يبين صورة فوتوغرافية للأداة المصنعة المستعملة في معايرة المتحسسات.



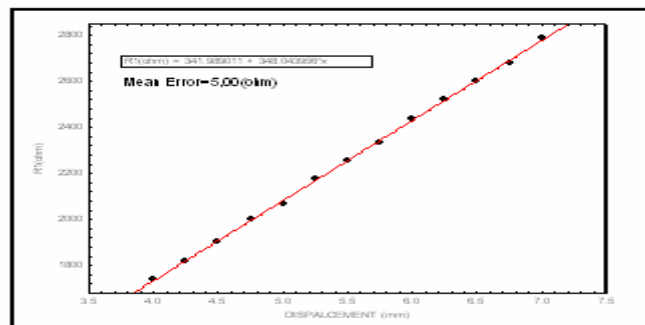
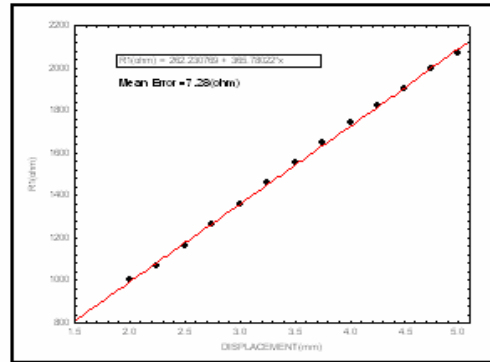
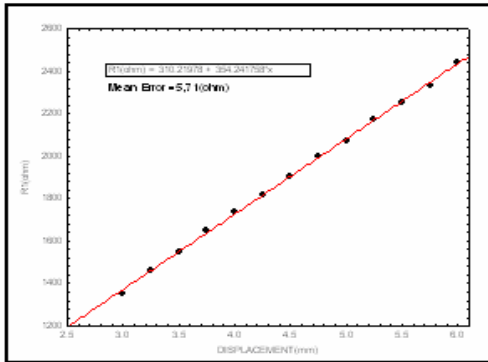
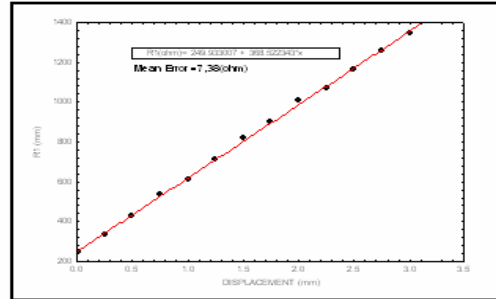
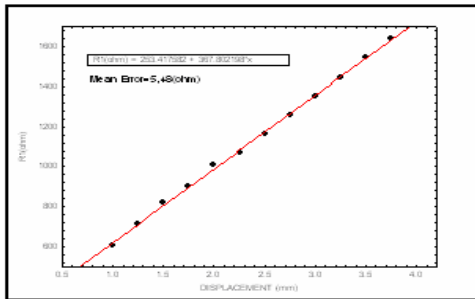
شكل (7) يبين المعادلة التي تحكم تصرف محول الإشارة المطور



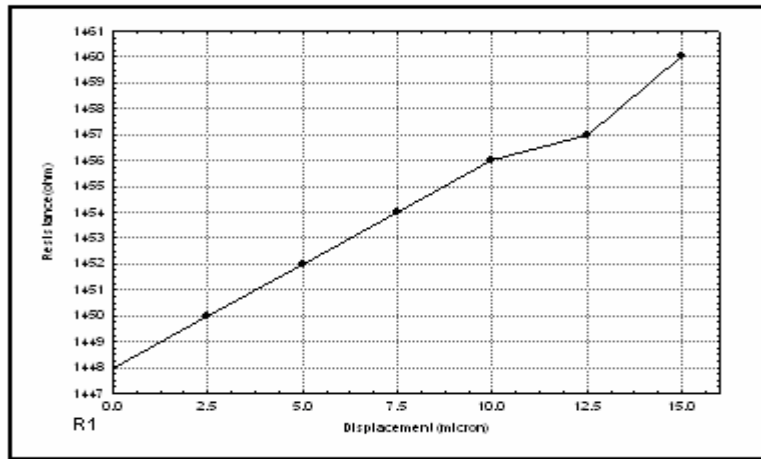
شكل (8) يبين النتائج الاولى المستحصل عليها من المتحسسات الثلاثة.



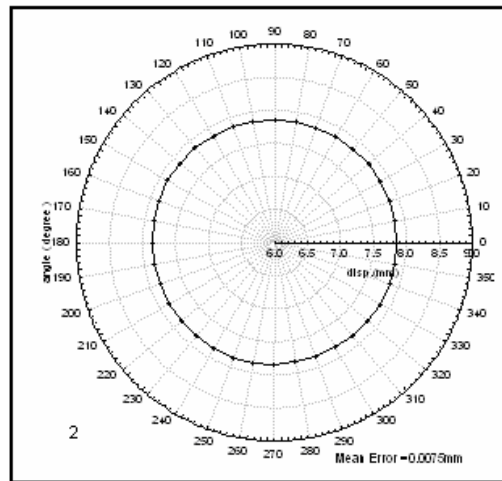
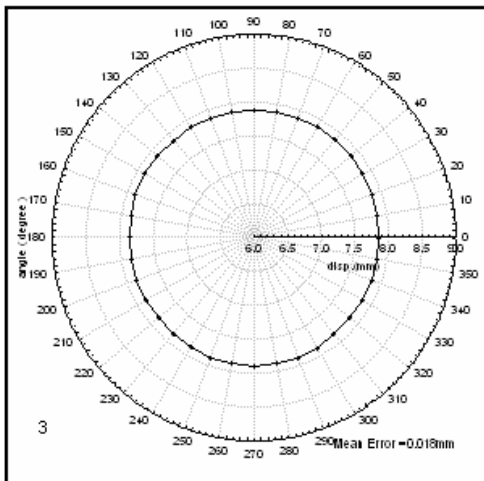
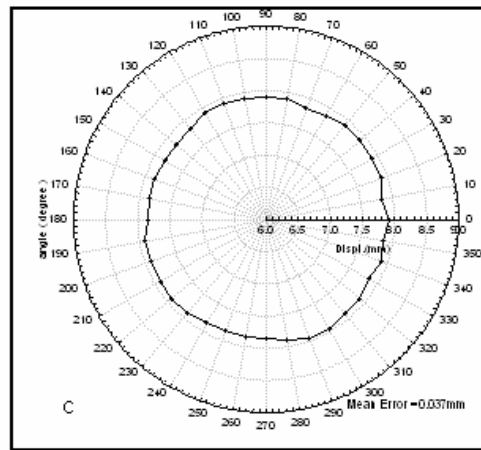
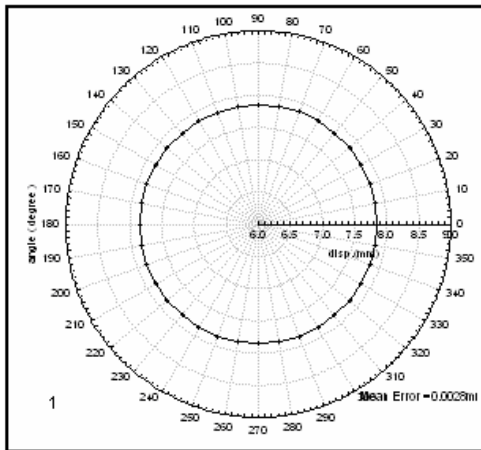
شكل (9) يبين العلاقة بين الأزاحة - المقاومة للمتحسس الأول و للمدى المعدل.



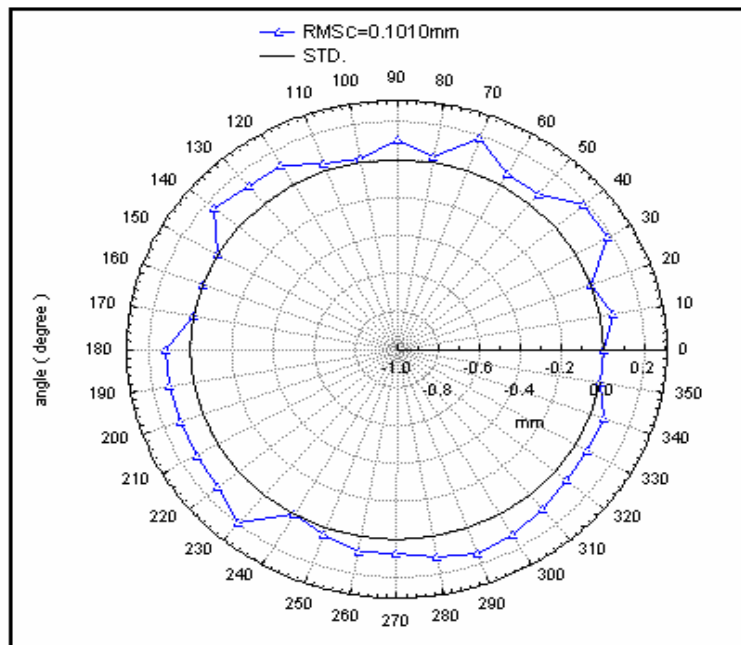
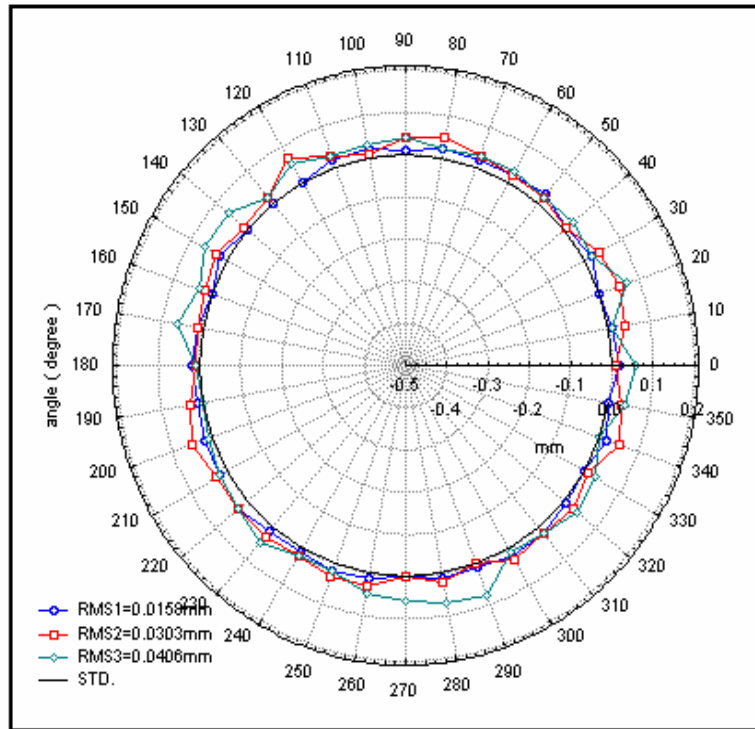
شكل (10) يبين العلاقة بين الأزاحة - المقاومة للمتحسس الأول للمدى المقطع (0-7) ملم



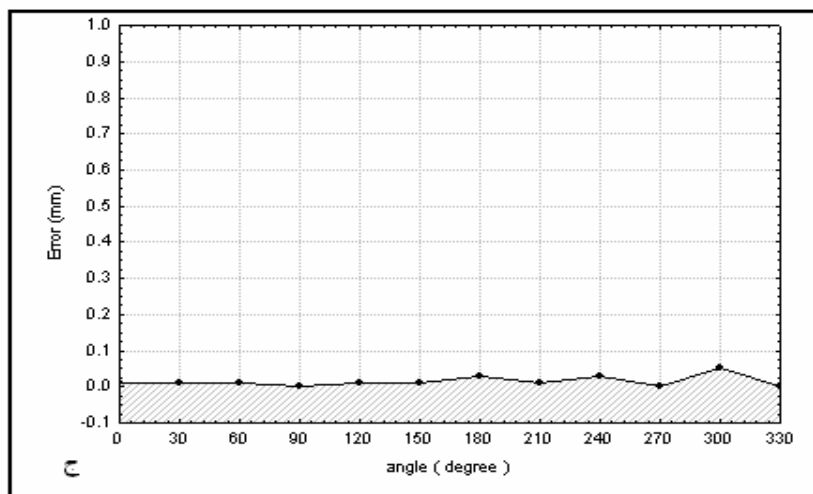
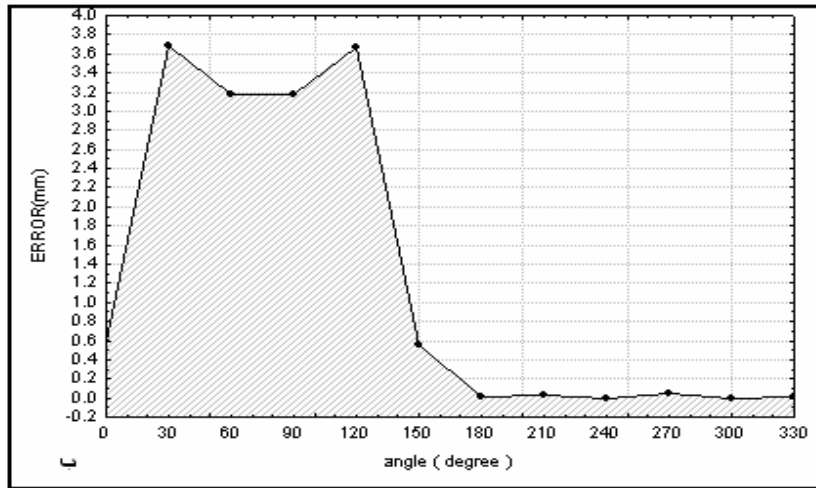
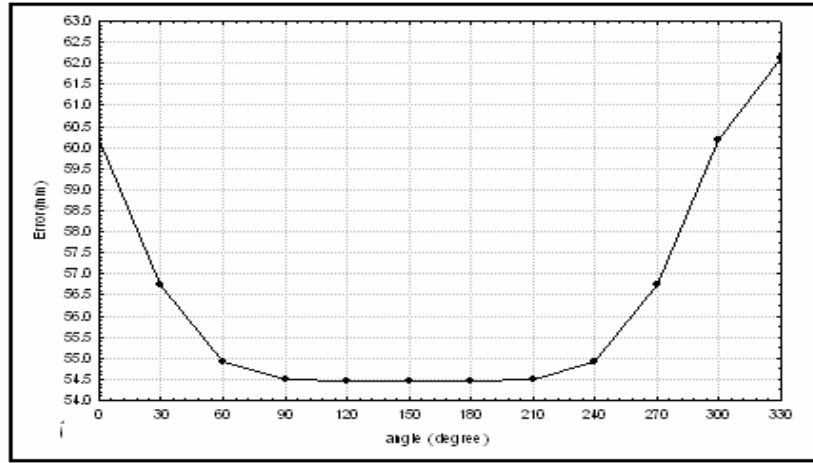
شكل (11) يبين (Resolution) للمتحسس R1



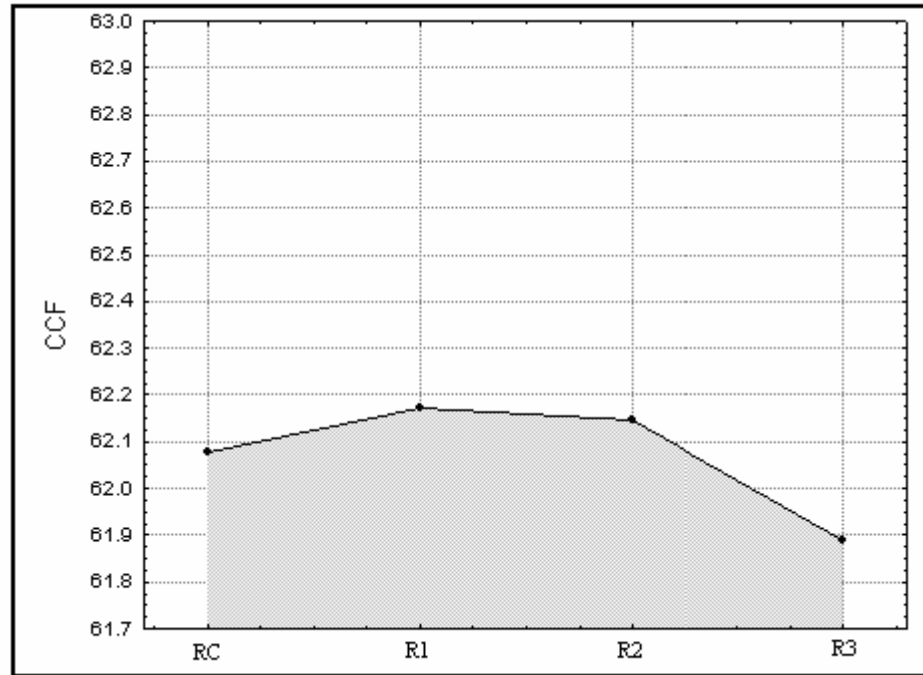
شكل (12) يبين إشارة المقطع العرضي المستحصلة من المتحسسات الثلاثة المصنعة والحاسوب للمقطع الدائري.



الشكل (13) يبين قيمة الخطأ للمتחסسات الثلاثة والحاسوب مقارنة مع الشكل القياسي للكامة الثانية.



شكل (14) يبين نتائج R1 تطابق دالة الترابط المتقاطع للكامة الاولى بأستعمال المتحسس الاول.



شكل (15) يبين مقارنة بين قيم دالة CCF عند تطبيقها على المتحسسات الثلاثة والحاسوب.