

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مقدمة في القياسات الميكانيكية

أ.د. عمر محمد علي شتيان الرباعي

كلية الهندسة - جامعة الملك عبدالعزيز

© جامعة الملك عبد العزيز: ١٤٤٠هـ / ٢٠١٩م

جميع حقوق الطبع محفوظة.

الطبعة الأولى: ١٤٤٠هـ / ٢٠١٩م

شكر وتقدير

يتقدم المؤلف بالشكر والثناء لله عز وجل أن منّ عليّ إتمام هذا الكتاب على الوضع الحالي، ثم الشكر للوالدين والمعلمين والمربين في مراحل التعليم المختلفة والشكر موصول لأسرتي. كما يشكر المؤلف عمادة البحث العلمي، جامعة الملك عبدالعزيز، لدعمها المادي والمعنوي لهذا المشروع رقم (W-6-135-39). كما يشكر المؤلف محكمي ومراجعي الكتاب.

سائلًا المولى عز وجل أن ينفع بهذا الكتاب، وأن يكون مرجعًا مفيدًا للمهتمين بالقياسات الميكانيكية.

المؤلف

تقديم

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء والمرسلين.

يعتبر كتاب القياسات الميكانيكية هذا نتيجة لتدريس مادة "قياسات ميكانيكية" لطلبة قسم الهندسة الميكانيكية لعدة سنوات في جامعة الملك عبد العزيز بجدة. وتم إخراجها باللغة العربية لقلة الكتب العربية في هذا المجال. ويهدف الكتاب إلى: فهم عملية القياس وأساسياتها، وطرق قياس المتغيرات الميكانيكية المختلفة، وتقديم تطبيق عملي على عملية القياس والمعايرة.

يحتوي الكتاب على القواعد الأساسية لعملية القياس، بالإضافة إلى التركيز على وسائل وطرق قياس المتغيرات المختلفة في مجال الهندسة الميكانيكية. وتقسم مواضيع الكتاب إلى ثلاثة أجزاء رئيسية، هي: أسس وقواعد عملية القياس، وطرق قياس المتغيرات الميكانيكية ذات العلاقة، وتطبيق مميز لعملية القياس والمعايرة والتحكم.

يشمل القسم الأول الفصول من الأول وحتى الرابع، وفيه تم بسط التعريفات الأساسية في عملية القياس، وكيفية استجابة منظومة القياس عند تعرضها لتأثير خارجي، ومقدمة في الاحتمالات والإحصاء، وحسابات درجة الشك، والخطأ في القياس، وانتشار الخطأ. ويضاف إليها تمثيل نتائج القياس على منحنيات مختلفة، وتعتبر هذه المواضيع أساسية لأي عملية قياس.

تناول القسم الثاني من الكتاب القياسات الميكانيكية. وشمل ذلك طرق قياس درجة الحرارة في الفصل الخامس، وقياس الضغط، والسرعة في الفصل السادس، وقياس التدفق بالنسبة للسوائل والغازات في الفصل السابع، ثم قياس الانفعال في الفصل الثامن، وأخيرًا قياس القوة والعزم والسرعة الدورانية والقدرة في الفصل

التاسع. ويعتبر هذا القسم هو لب الكتاب بالنسبة لطلبة قسم الهندسة الميكانيكية وللمهندسين الميكانيكيين.

يعتبر القسم الثالث - والمميز في هذا الكتاب - تطبيقًا مباشرًا وسهلاً لعمليات القياس والمعايرة، وذلك من خلال استخدام لوحة الأريونو. بالملحق (د)، تم عرض شرح مبسط لهذه اللوحة، والتي هي عبارة عن كمبيوتر صغير بحجم أصغر من الكف، إضافة لتوثيق عملية القياس والبرمجة من خلال أمثلة لها علاقة قوية بمواضيع الكتاب. ومن خلال تجربة التطبيق العملي للقياس باستخدام هذه اللوحة في الفصول الدراسية والمعامل، زاد اهتمام الطلاب بعملية القياس والتحكم والمعايرة، بل اتسع أفقهم لأنواع المجسات والإشارات (سواء كانت رقمية أو تماثلية)، إضافة لمشاهدة وتجربة عملية تجميع البيانات.

الفصل العاشر بالكتاب هو فصل خاص بتجميع البيانات، وهو يحتوي على بعض التعريفات الأساسية في منظومة تجميع البيانات، وأنواع الإشارات، وتحويل الإشارة الرقمية إلى تماثلية والعكس. ويختتم الفصل بسرد أنواع منظومات تجميع المعلومات وخصائصها. ويخدم هذا الفصل الغاية الأولى بالقسم الأول من الكتاب كأساس لأية عملية قياس تحتاج إلى تجميع، كما يخدم القسم الثالث من الكتاب في تطبيقات عملية القياس.

ولا يسعني إلا الحمد والشكر للمولى - عز وجل - أن يسر وسهل لي إتمام هذا الكتاب، وبفضله تم خروجه بهذه الصورة، وأسأله القبول والتوفيق. كما أقدم بالشكر لكل من له حق علينا؛ ونخص بالشكر الوالدين والأسرة، والأساتذة الأفاضل المعلمين خلال مراحل دراستي المختلفة. كما أشكر الأستاذ محمد أحمد غريب، الذي قام بتنسيق وتحرير هذا الكتاب. وبالله التوفيق.

المؤلف

المحتويات

الصفحة	
هـ	شكر وتقدير
ز	تقديم
الفصل الأول: مقدمة وتعريفات	
٣	١,١ مقدمة
٤	١,٢ مراحل القياس
٨	١,٣ المعايرة
٨	١,٤ تعريف لبعض المصطلحات
١٨	١,٥ الأرقام المعنوية
٢١	١,٦ رسم المنحنيات وكيفية تحويلها إلى منحنيات خطية
الفصل الثاني: استجابة منظومة القياس	
٢٩	٢,١ مقدمة
٣٠	٢,٢ استجابة منظومة القياس
٣٢	٢,٢,١ منظومة قياس معادلتها من الدرجة الأولى
٤٣	٢,٢,٢ منظومة قياس معادلتها من الدرجة الثانية
٥٢	٢,٣ ملخص وخاتمة
الفصل الثالث: مقدمة في الإحصاء والاحتمالات	
٥٩	٣,١ مقدمة
٦٢	٣,٢ دالة كثافة الاحتمالية وتوزيع جاوس
٦٩	٣,٣ العينة المحدودة وتوزيع تي
٧٢	٣,٤ اختبار الفرضيات
٨١	٣,٥ توزيع كاي تربيع Chi Square Test
٨٥	٣,٦ الحكم على قياسات مشكوك فيها
٨٧	٣,٧ عدد القياسات المطلوبة للوصول إلى درجة شك معينة

٨٨	٣,٨ ايجاد معادلة منحني النتائج
الفصل الرابع: حسابات الخطأ ودرجة الشك	
١٠١	٤,١ مقدمة
١٠٢	٤,٢ مصادر الأخطاء في عملية القياس
١٠٣	٤,٣ حساب درجة الشك التصميمي
١٠٦	٤,٤ حسابات درجة الشك بعد أخذ القراءات والقياس
١٠٧	٤,٥ انتشار الخطأ وحساب درجة الشك
١١٠	٤,٦ حسابات درجة الشك عددياً
١١٤	٤,٧ حساب درجة الشك عند تقسيم الأخطاء إلى أخطاء منتظمة وأخطاء عشوائية
١١٥	٤,٨ انتشار الخطأ عند تقسيم الأخطاء إلى أخطاء منتظمة وأخطاء عشوائية
الفصل الخامس: قياس درجة الحرارة	
١٢٧	٥,١ مقدمة وتعريفات
١٢٩	٥,٢ طرق قياس درجة الحرارة
١٣٠	٥,٣ قياس درجة الحرارة عن طريق تمدد سائل في أنبوب
١٣١	٥,٤ قياس درجة الحرارة عن طريق تمدد ثنائي المعدن
١٣٣	٥,٥ قياس درجة الحرارة عن طريق قياس المقاومة الكهربائية
١٤٣	٥,٦ قياس درجة الحرارة باستخدام الازدواج الحراري
١٥٣	٥,٧ قياس درجة الحرارة عن طريق الإشعاع
١٦٣	٥,٨ قياس درجة الحرارة باستخدام الدوائر المتكاملة
١٦٤	٥,٩ الأخطاء الشائعة عند قياس درجة الحرارة
١٦٤	٥,٩,١ الخطأ في قياس درجة الحرارة لازدواج حراري نتيجة الحرارة بالتوصيل
١٦٨	٥,٩,٢ خطأ في قياس درجة الحرارة نتيجة انتقال الحرارة بالتوصيل في مجس
١٧٠	٥,٩,٣ الخطأ في قياس درجة الحرارة نتيجة انتقال الحرارة بالإشعاع
١٧٤	٥,٩,٤ الخطأ في قياس درجة الحرارة نتيجة سرعة المائع العالية
١٧٦	٥,١٠ السلوك الانتقالي العابر لدرجة حرارة المجس
الفصل السادس: قياس الضغط وسرعة المائع	
١٩١	٦,١ مقدمة

١٩٢	٦,٢ الأجهزة الأساسية لقياس الضغط
١٩٢	٦,٢,١ البارومتر
١٩٤	٦,٢,٢ المانومتر
١٩٨	٦,٢,٣ جهاز ماكليود McLeod Gauge
٢٠١	٦,٢,٤ المايكرمانومتر
٢٠٢	٦,٣ مستشعرات الضغط
٢١٣	٦,٤ وحدة اختبار الوزن الساكنة
٢١٥	٦,٥ قياس الضغط في الموائع المتحركة
٢٢١	٦,٦ قياس سرعة جريان الموائع
٢٢٥	٦,٦,١ استخدام التأثير الحراري
٢٢٩	٦,٦,٢ استخدام الموجات فوق الصوتية
٢٣١	٦,٦,٣ استخدام زمن العبور
٢٣٣	٦,٦,٤ استخدام تأثير دوبلر Doppler Effect
الفصل السابع: قياس التدفق	
٢٤٧	٧,١ مقدمة
٢٤٨	٧,٢ قياس التدفق عن طريق قياس السرعة
٢٥٢	٧,٣ قياس التدفق نتيجة إعاقة السريان وفرق الضغط المتولد
٢٦٩	٧,٤ قياس التدفق باستخدام عناصر السريان الطبقي
٢٧١	٧,٥ قياس التدفق بسبب التأثير الكهرومغناطيسي
٢٧٣	٧,٦ قياس التدفق عن طريق الدوامات المتولدة خلف جسم
٢٧٦	٧,٧ قياس التدفق باستخدام المساحة المتغيرة (الروتامتر)
٢٧٩	٧,٨ جهاز قياس التدفق التربينوي
٢٨٠	٧,٩ أجهزة قياس التدفق باستخدام الإزاحة الموجبة
٢٨٢	٧,١٠ قياس التدفق الكتلي حراريًا
٢٨٣	٧,١١ مختصر لميزات أنواع أجهزة قياس التدفق
الفصل الثامن: قياس الانفعال	
٢٩٣	٨,١ مقدمة

٢٩٤	٨,٢ الانفعال في اتجاه واحد أو أكثر
٢٩٧	٨,٣ العلاقة بين الانفعال ومقاومة السلك الكهربائية
٢٩٩	٨,٤ تأثير درجة الحرارة على مقياس الانفعال
٣٠١	٨,٥ قياس الانفعال
٣٠٢	٨,٥,١ قنطرة وتستون في حالة الاتزان
٣٠٤	٨,٥,٢ قنطرة وتستون في حالة الانحراف وقياس الجهد الخارج
٣١٠	٨,٥,٣ قياس شدة التيار لقنطرة وتستون في وضع الانحراف
٣١٣	٨,٦ استخدام مقياس الانفعال لقياس الضغط داخل أسطوانة رقيقة السمك
٣١٥	٨,٧ استخدام الروزت "الزهيرات" لقياس الانفعال في أكثر من اتجاه
الفصل التاسع: قياس القوة والعزم والقدرة	
٣٢٧	٩,١ مقدمة
٣٢٨	٩,٢ الميزان
٣٣٢	٩,٣ استخدام العناصر المرنة لقياس القوة
٣٣٦	٩,٤ قياس القوة باستخدام خلايا الحمل
٣٣٨	٩,٥ قياس العزم والقدرة
٣٤١	٩,٦ قياس السرعة الدورانية
الفصل العاشر: منظومة تجميع المعلومات	
٣٥١	١٠,١ مقدمة
٣٥٢	١٠,٢ مقدمة في مكبرات العمليات
٣٦٠	١٠,٣ تعريفات
٣٦٥	١٠,٤ تحويل الإشارة من رقمية إلى تماثلية
٣٦٨	١٠,٥ تحويل إشارة تماثلية إلى رقمية
٣٧١	١٠,٦ أنواع وبعض خصائص منظومات تجميع المعلومات
٣٧٩	الملاحق
٣٨١	أ- جداول وأشكال إحصائية
٣٨٤	ب- بعض خواص المواد (ماء وهواء)
٣٨٧	ج- جداول الازدواجات الحرارية

د- نبذة عن استخدامات المايكروكنترولر في القياسات (لوحة أردوينو مثالا) ٤٠٧

هـ - قائمة المصطلحات العلمية ٤٣٨
