

تحديد غازات العادم الصادرة عن المحركات البحرية المستخدمة في دفع السفن باستخدام التحليل الانعراجي

الدكتور معروف أحمد*

وسام أمين علي **

(تاريخ الإيداع 27 / 3 / 2008. قُبل للنشر في 2008/6/22)

□ الملخص □

يتناول هذا البحث دراسة غازات العادم الصادرة عن المحركات البحرية، والتي تعدّ من أهم مسائل الأمن البيئي لمحركات الديزل البحرية المستخدمة في دفع السفن. تم في هذا البحث تصميم منظومة فرعية لتحديد غازات العادم لمحركات الديزل البحرية، وهي منظومة تعتمد في تحديد مكونات الخليط الغازي على فرضية التكافؤ الخطي المعتمد في المخططات الحرارية، كما تم إدراج المخطط البيئي والمبدأ للمنظومة الفرعية وخوارزمية عملها، واستخدمت جملة معادلات ذات درجات متناقصة لحل المسائل الرياضية المستخدمة في جمع المعطيات ومعالجتها.

الكلمات المفتاحية: محركات الديزل البحرية- غازات العادم- المخططات الحرارية.

* أستاذ مساعد- عضو هيئة تدريسية - كلية الهندسة الميكانيكية - أكاديمية الأسد للهندسة العسكرية - حلب.
** طالب دراسات عليا (ماجستير)- كلية الهندسة الميكانيكية - فرع الميكانيك البحري - أكاديمية الأسد للهندسة العسكرية - حلب.

Using Yawing Analysis for Determining Exhaust Gases of Marine Engines used in Ship Propulsion

Dr. Marouf Ahmaad*
Wesam A. Ali**

(Received 27 / 3 / 2008. Accepted 22 / 6 / 2008)

□ ABSTRACT □

This research is aimed at studying exhaust gases of marine engines, which are considered one of the most important problems of ecological security for marine engines used for ship propulsion. In this study, a sub-system is designed to determine exhaust gases of diesel marine engines. To determine components of gas mixture, the sub-system depends on supposition linear additivity of thermograms. A schematic representation of the structure and principle of sub-system, and the algorithm of its work, are explained in this paper. Also, a set of depressed dimension equations is used to solve mathematical problems used for collecting and analyzing data.

Keywords: ship diesel engines, exhaust gas, thermograms

*Associate Professor, Faculty of Mechanical Engineering, Al-Assad Academy For Military Engineering, Aleppo, Syria.

**Postgraduate Student, Department of Marine Mechanics, Faculty of Mechanical Engineering Al-Assad Academy For Military Engineering, Aleppo, Syria.

مقدمة:

إن استثمار السفن يترافق حتماً مع ظهور بعض المشاكل البيئية التي يجب معالجتها وحلها؛ إذ تعدّ محطة القدرة في السفن من أهم مصادر المواد الضارة، والتي تتكون في أغلب الحالات من محركات احتراق داخلي. يدخل في تركيب غازات العادم لمحركات الديزل حوالي 1200 من العناصر المختلفة، التي تُشكل خلأط مركبات ضارة ومركبات غير ضارة.

إن تطوير المعايير البيئية لمحركات الديزل المُستخدمة لدفع السفن مرتبط بالتشدد المستمر في القيود والمتطلبات التي تفرضها المنظمات الدولية، والمتعلقة بالحد من المواد الضارة الصادرة عن محركات الديزل.

إن المعايير المستقبلية وفق القاعدة رقم № 49 EEC الصادرة عن المنظمة الأوروبية للبيئة التابعة للأمم المتحدة (European ecological commission EEC UNITED NATION) № 49 EEC، من يقترح تخفيض كمية الأوزون في غازات العادم ثلاث مرات، وتخفيض كمية الأجسام الصلبة في هذه الغازات بمقدار ست مرات، بالمقارنة مع المعايير المطبقة على محركات الديزل التي تُنتجها الصناعة في وقتنا الحاضر. إن تحقيق هذا الهدف يُصبح أكثر تعقيداً؛ لأنه يقترن على التوازي مع ضرورة تحسين المعايير الاستثمارية لمحركات الاحتراق الداخلي وبالدرجة الأولى تلك المعايير المرتبطة باقتصادية العمل وثوقيته. الجدول (1) يتضمن المتطلبات المعتمدة في الوثائق المعيارية المتعلقة بالأمن البيئي لمحركات الاحتراق الداخلي.

الجدول رقم(1) المتطلبات المعيارية المتعلقة بالأمن البيئي لمحركات الاحتراق الداخلي [1]

الوثيقة المعيارية	البارامتر	[g/(kW·h), (g/(hp·h))], المركبات السامة		
		CO	C _n H _m	NO _x
OST 37.001.234-81 (Russia)	specification	9,5 (7,0)	3,4 (2,5)	18,35 (13,5)
№ 49 EEC UNION UNION	specification	14 (10,3)	3,5 (2,57)	18 (13,25)
EPA (Ecological Protection Agency) (1994 r.)	specification	21,0 (15,6)	1,8 (1,4)	6,8 (5,1)
EURO – 1	specification	4,5 (3,4)	1,1 (0,8)	8,0 (6,0)
EURO – 2	specification	4,0 (3,0)	1,1 (0,8)	7,0 (5,2)
EURO – 3	specification	2,0 (1,5)	0,6 (0,45)	5,0 (3,7)
Project GOST (Russia)	standard	11,2 (8,2)	2,4 (1,8)	14,4 (10,6)
المتطلبات المستقبلية وفق القاعدة № 49 EEC UNITED NATION	-	4,9 (3,6)	1,2 (0,88)	5 (3,67)

لتحديد مستوى مطابقة كميات المواد الضارة الصادرة عن المحركات البحرية وأنواعها للمعايير المعتمدة في الوثائق الدولية، فإنه يجب إعداد طرق فعالة وتصميم أجهزة ووسائط دقيقة لمراقبة غازات العادم الصادرة عن هذه المحركات وتحليلها.

أهمية البحث وأهدافه:

تعدّ طريقة التحليل الانعراجي أكثر الطرق انتشاراً في وقتنا الحاضر لمراقبة غازات العادم، وتتلخص هذه الطريقة بما يلي: تقوم أسطوانة الانعراج الخطي المتوضعة ضمن مجرى غازات العادم بتوزيع هذه الغازات إلى عدة تيارات فرعية متجانسة، ومن ثم تقوم الكواشف المتوضعة خلف الأسطوانة بتحديد كمية المركبات المختلفة الموجودة ضمن التيارات الحاملة للغازات وتركيزها. من الخصائص الإيجابية لطريقة التحليل الانعراجي الانتقائية والدقة العالية. إن التقنيات الحديثة للكواشف وطرق معالجة المعلومات المتوفرة في الوقت الراهن قادرة على التوصل إلى دقة عالية جداً تستطيع أن تكتشف وتحدد المركبات المتناهية في الصغر ضمن تيارات الغازات، إلا أن هذه النتائج يتم الحصول عليها باستخدام معدات تحليل انعراجي باهظة الثمن، ويتطلب عملها مصاريف استثمارية كبيرة وكوادر عالية التأهيل والتدريب. [1]

عندما يُمكن الاكتفاء بدقة وانتقائية ليست عالية جداً، يُمكن استخدام المرسلات الغازية التي تستطيع أن تُنتج إشارات كهربائية متنوعة عن المواد والمركبات المختلفة المتواجدة ضمن تيار الغازات. في أثناء ذلك يتم الاعتماد على ظواهر فيزيائية وكيميائية مختلفة [2,3]. تتميز الأجهزة التي تستخدم المرسلات الغازية ببساطة في البنية وانخفاض في التكلفة وسهولة في الاستثمار.

يعتمد مبدأ عمل هذه المرسلات على ظاهرة تغيير المقاومة الكهربائية لأنصاف النواقل الرقيقة عند امتصاص جزيئات الغازات المختلفة على أسطحها. بعد ذلك تُصبح جزيئات الغازات مُنتجةً للإلكترونات في منطقة الناقلية لنصف الناقل. بازدياد تركيز الجزيئات في الوسط المحيط بصفحة نصف الناقل، يزداد تغيير المقاومة الكهربائية لهذه الصفحة. أثناء ذلك فإن كلاً من عدد الجزيئات التي يتم امتصاصها وما ينجم عن ذلك من تغيرات في الناقلية الكهربائية لصفحة نصف الناقل يتعلقان بدرجة الحرارة [4].

الدراسات التي تم إنجازها في هذا البحث تهدف إلى تصميم منظومة لتحليل غازات العادم الصادرة عن محركات الديزل البحرية؛ إذ تجمع هذه المنظومة بين مزايا التحليل الانعراجي (الحساسية والدقة والانتقائية) ومزايا المرسلات الغازية (بساطة الاستخدام والتكلفة المنخفضة). ضمن هذا السياق انفتحت آفاق جديدة بعد تصميم صناعة المرسلات الغازية التي تستخدم تقنيات أنصاف النواقل وانتشارها [5].

القائمون على هذا البحث يقترحون طريقة مبتكرة لتحديد مكونات الخليط الغازي بالاعتماد على فرضية الجمع الخطي (*additive*) للعلاقات الحرارية (المخططات الحرارية)، وتطبيق هذه الفرضية في المنظومة المقترحة والتي تُمثل جهازاً لتحليل غازات العادم الصادرة عن محركات الاحتراق الداخلي البحرية ومعالجتها.

طرائق البحث ومواده:

من خلال دراسة خصائص أنصاف النواقل نعلم أن ناقليتها الكهربائية تتغير بشكل كبير عند وجود شوائب داخل بنيتها [2,6].

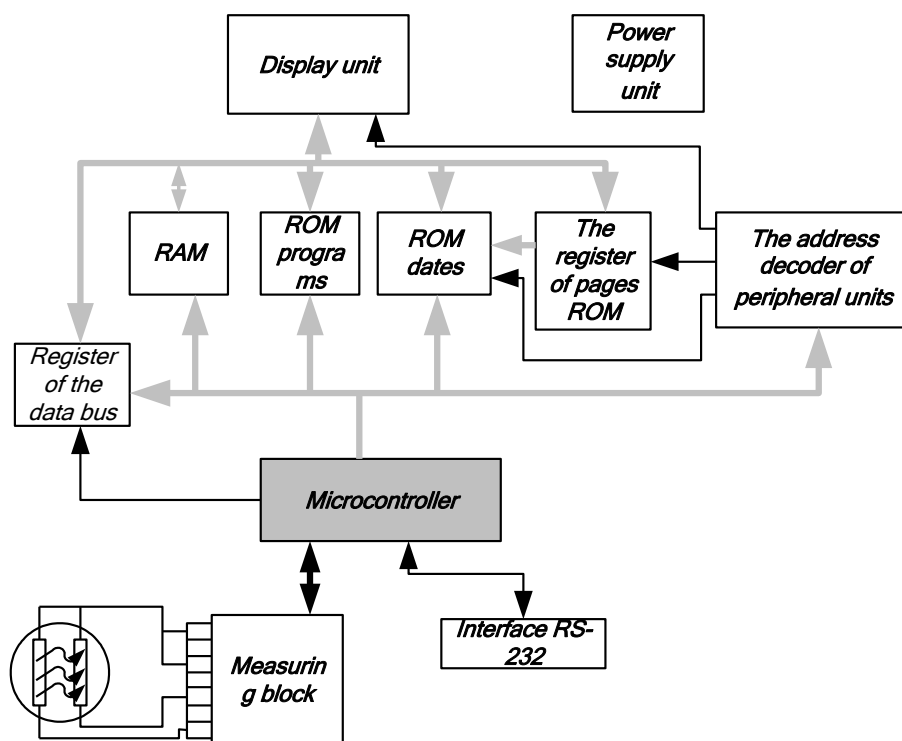
إذا افترضنا أن بلورة نصف الناقل عبارة عن صفحة رقيقة، فإن اندماج جزيئات الوسط الغازي المحيط بهذه الصفحة يؤدي إلى تغيرات في الخصائص الكهربائية لنصف الناقل [7].

تُستخدم بشكل واسع في وقتنا الراهن ظاهرة تغيّر الناقلية الكهربائية للطبقات الرقيقة من أنصاف النواقل عند امتزاز أسطحها لمواد كيميائية مختلفة لتصنيع المرسلات (الحساسات) الغازية التي تعتمد على تقنية أنصاف النواقل. المادة الأكثر انتشاراً في تصنيع المرسلات الغازية هي السيليسيوم (السيليكون) البسيط [8,9].

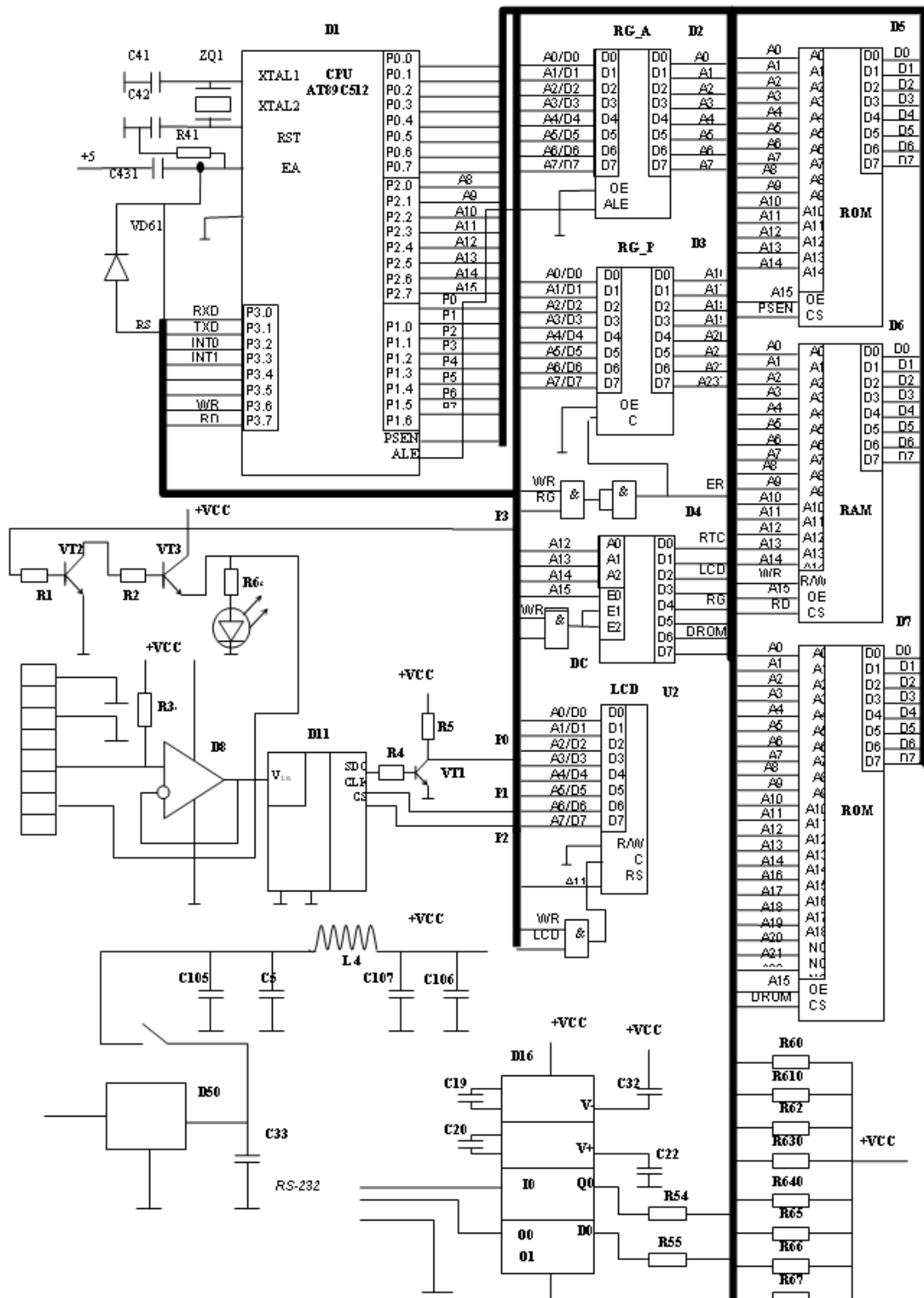
استناداً إلى دراسة الأنماط المختلفة التي تُنتجها الشركات العالمية وتحليلها فقد تم اختيار المرسلات الغازية وأجهزة المراقبة المناسبة التي تُشكل القاعدة الأساسية في قسم القياس ووسائط العرض المُستخدمة في الجهاز المُقترح لتحليل غازات العادم الصادرة عن محركات الاحتراق الداخلي البحرية ومعالجتها.

1- المخطط البنيوي والأقسام الأساسية للجهاز:

يُوضح الشكل (1) المخطط البنيوي للجهاز المُقترح، أما الشكل (2). [5] فيُوضح المخطط المبدئي لهذا الجهاز. في هذا الشكل يُستخدم الحساس الذي يعتمد على تقنية أنصاف النواقل RS286-620 من إنتاج شركة «RS-Components».



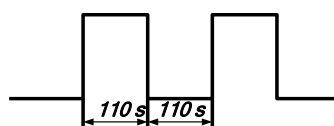
الشكل (1) المخطط البنيوي لجهاز التحليل الانعراجي [5]



الشكل (2) المخطط المبدي لجهاز التحليل الانعراجي [5]

2- مبدأ عمل المنظومة:

تتم تغذية قاعدة القسم الحساس في المرسل الغازي بجهد كهربائي متناوب يجري التحكم به بواسطة معالج خاص. طبيعة هذا الجهد المتناوب موضحة في الشكل (3). بعد انتقال الجهد المطبق على القسم الحساس للمرسل الغازي من المستوى المنخفض إلى المستوى العالي تبدأ درجة حرارة الحساس بالارتفاع، وفي أثناء التسخين تحت تأثير الجهد تتغير المقاومة الكهربائية للحساس. تتعلق المقاومة الكهربائية للحساس بكل من درجة حرارة ومكونات (تركيب) الوسط الخارجي للخليط الغازي المحيط بالحساس. علاقة مقاومة الحساس بدرجة الحرارة تتضمن معلومات عن مكونات الوسط الخارجي للخليط الغازي المحيط بالحساس. في الوقت الذي يسخن فيه المرسل تحدث تغيرات في المقاومة الكهربائية للقسم الحساس في هذا المرسل. في أثناء ذلك يُقدم المعالج قياسات متتالية لمقاومة الحساس خلال فترات متساوية من الزمن.



الشكل(3) الجهد المطبق على قاعدة القسم الحساس في المرسل الغازي

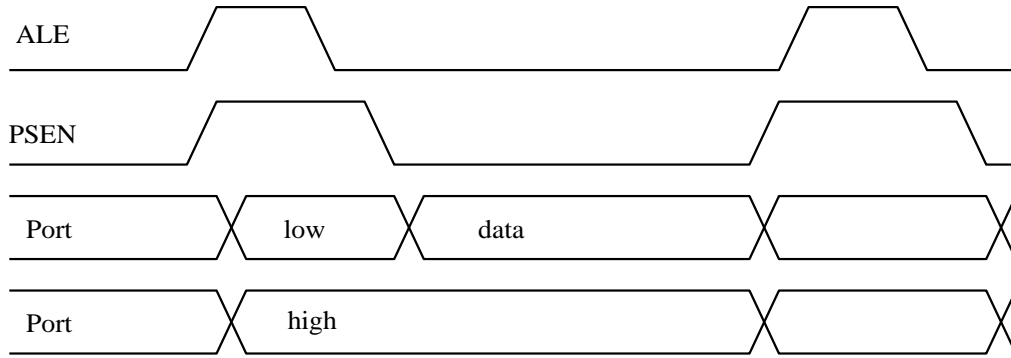
في هذا الترتيب لقياس المخطط الحراري فإننا نقوم فعلياً بتحديد العلاقة بين مقاومة الحساس ليس مع درجة الحرارة فقط، وإنما مع الزمن المنقضي منذ لحظة بدء التسخين وحتى لحظة القياس؛ لذلك ويهدف تأمين تكرارية نتائج القياس يجب تحقيق شروط ابتدائية موحدة (درجة حرارة الحساس قبل بدء التسخين، عدم وجود امتصاص للشوائب على سطح الحساس... إلخ). لتخفيض مستوى تأثير نتائج القياس بالشروط الخارجية فإنه يتم تشغيل العنصر الحساس في الجهاز بشكل دائم.

بعد توصيل التغذية الكهربائية إلى الجهاز مباشرة يتم تطبيق جهد متناوب قائم الزوايا على قاعدة القسم الحساس في المرسل بدور مقداره (s) 220. نبضات الجهد المتناوب تُطبق خلال كامل فترة عمل الجهاز. عملية قياس العلاقة بين مقاومة الحساس والزمن تجري خلال تسخين القسم الحساس بإحدى نبضات الجهد (النبضة الأولى تعدّ لتحمية الجهاز؛ لذلك لا يتم أخذ القياسات في فترة [s] 220 الأولى). عملية القياس للعلاقة السابقة تتم بواسطة (ADC (Analog-Digital Converter)، ويتم تخزين نتائج القياس في الذاكرة العملية RAM (Random Access Memory) للجهاز. وبعد الانتهاء من عملية القياس يقوم المعالج الميكروي بتحليل النتائج ومعالجتها وفق الخوارزمية التي تم إعدادها في هذا البحث والمدرجة أدناه. المخططات الحرارية المعيارية المستخدمة في الجهاز عبارة عن مخططات مواد معلومة التراكيز يتم الحصول عليها في شروط مخبرية دقيقة، ثم تُخزن في الذاكرة الدائمة للجهاز (ROM (Read-only memory ذات السعة الكبيرة. لتأمين دقة ووثوقيتها النتائج، من المفضل أن يتم إنشاء المخططات الحرارية المعيارية استناداً إلى النتائج المأخوذة من الحساسات نفسها.

يتكون قسم القياس من مخطط التحكم بسخان الحساس وADC لقياس الإشارة الصادرة عن الحساس. في أثناء تصميم مخططات الوحدة ADC والمضخم، تم السعي لتحقيق أفضل علاقة خطية بين بارامترات الدخل وبارامترات الخرج، حيث تم استخدام الدارات الميكروية AD7896 و AD820 في هذين القسمين على التوالي [2,10].

مخطط التحكم بالسخان يجب أن يؤمن التيار الكافي عبر هذا السخان، وتتكون وحدة القياس في السخان من دارتين مفتاحيتين مستقلتين. الإشارة القادمة من المعالج الميكروي تقوم بفتح الترانزستور الضعيف الاستطاعة VT2، والتيار الذي يمر عبره يقوم بفتح الترانزستور المرتفع الاستطاعة VT3، الذي يتحكم بالسخان. يتم تبادل المعلومات بين قسم القياس وقسم المراقبة من خلال إرسال هذه المعلومات إلى دائرة التحكم بالإشارة، التي تتحكم بدورها بعمل السخان. يجري التبادل المعلوماتي مع ADC للقياسات التي تم إجراؤها مع ازدياد درجة حرارة السخان بعد تشغيل السخان. بعد ذلك تبدأ عملية استرجار المعلومات من ADC. يتكون قسم المعالجة في الجهاز من المعالج الميكروي [11] (D1) AT89C51 .

يتكون مأخذ المعلومات في المعالج الميكروي من (8bit)، وهو من النوع المختلط؛ أي أن العناوين والمعطيات تنتقل في المخطط نفسه. لفرز العنوان الأصغري (low) نستخدم المُسجّل (D2). برنامج عمل الجهاز مُخزّن في الذاكرة ROM وتحديداً في D5. المُسجّل D2 يقوم بتسجيل حالة استرجار العناوين والمعطيات في لحظة انتقال الإشارة ALE من المستوى المنطقي المرتفع (high) إلى المستوى المنخفض (low). التوجه إلى الذاكرة الدائمة ROM بهدف المقارنة والمطابقة مع البرامج المُخزّنة يتم في لحظة انتقال الإشارة PSEN من المستوى المرتفع إلى المستوى المنخفض. عدم وجود التناقض على مأخذ المعلومات يؤمن استمرارية الإشارة PSEN بالنسبة إلى الإشارة ALE. يجري تبادل المعلومات مع الذاكرة العملياتية RAM D6 بشكل مستمر، لكن قراءة النتائج تحصل استناداً إلى الإشارة PSEN وليس استناداً إلى الإشارة RD. يجري تبادل المعلومات بين ROM و RAM فقط عند تواجد الإشارة A15 في المستوى المنطقي المنخفض. يوضح الشكل (4) تخطيطياً عملية تبادل المعلومات.



الشكل (4) عملية تبادل المعلومات في الجهاز.

يُستخدم المُشفّر D4 للتعامل مع الأقسام الخارجية للجهاز. يقوم هذا المُشفّر باختبار حالة المأخذ A15، فإذا كان موجوداً في المستوى المنطقي المرتفع يتم فتح الخط A14÷A12 نحو الأقسام الخارجية. في أثناء ذلك يتم إرسال إشارة (selection) إلى كافة الأقسام الخارجية (الشاشة، ROM، مُسجّل الصفحات... إلخ). تُستخدم ROM بسعة كبيرة D7 [kB] 512 لتخزين المخططات الحرارية المعيارية. يسمح الفضاء المتاح في المُعالج باستخدام فقط 64 [kB] من الذاكرة الخارجية. مع الأخذ بعين الاعتبار الخصوصيات البنوية للجهاز، ويُخفّض هذا الحد إلى القيمة 32 [kB]. الذاكرة الدائمة ROM مُبوبة على شكل صفحات، وهي مقسمة إلى 64 صفحة كلٌّ منها 8(kB)؛ وبذلك كل صفحة تتضمن مخططاً حرارياً معيارياً واحداً. لقراءة المعطيات من الذاكرة ROM يجب القيام بالعمليات التالية:

1- كتابة رقم الصفحة في مُسجّل الصفحات؛

2- قراءة المعطيات من الذاكرة ROM للصفحة التي تم تحديدها في البند الأول. للقيام بقراءة تالية للمعطيات المُدونة في الصفحة السابقة نفسها لا يُطلب التوجه من جديد إلى الذاكرة الدائمة؛ لأن كافة المعطيات ستكون قد انتقلت إلى الذاكرة العملية. تُستخدم الفتحة 1 للمعالج الميكروي للتعامل مع قسم القياسات.

تُستخدم HD44780 المُزودة بدارة تحكم خاصة لعرض نتائج القياس في أثناء العمل، أصبح من الممكن وصل شاشة العرض مباشرة مع المعالج الرئيس للجهاز للتحكم بهذه الشاشة [12]. يُستخدم منبع تغذية بجهد 9V لتغذية الجهاز. التيار اللازم لعمل الجهاز 0.7 A.

3- نتائج اختبار الجهاز (المخططات الحرارية لبعض الغازات والخلائط)

تتلخص عملية معايرة الجهاز وضبطه في اختبار الجاهزية الفنية لوحدة القياسات والتأكد من جاهزية المعالج الرئيس والبرنامج للعمل. تتلخص جاهزية وحدة القياس في التأكد من تطبيق الجهد على العنصر الحساس للسخان واختبار الفترات الزمنية للتسخين والتبريد. بالإضافة إلى ذلك يجب اختبار استمرارية الفترات الزمنية وانتظامها بين عمليات القياس المتعلقة بالمخططات الحرارية.

تتم أولاً عملية قياس المخططات الحرارية للخلائط والغازات المعيارية الصرفة وإنشائها باستخدام الحساس الموجود ضمن الجهاز. ومن ثم تخزين هذه المخططات المعيارية ضمن ملفات خاصة. واستخدام هذه الملفات في عمليات القياس اللاحقة على الجهاز نفسه، وباستخدام الحساس نفسه وذلك لتحديد أنواع الغازات وكمياتها وخلائط الغازات الصرفة الموجودة ضمن كتلة غازات العادم. يتم تخزين هذه الملفات في الذاكرة الدائمة ROM للجهاز. في حال تبديل الحساس يجب أن نقوم بتحديد الفترات الزمنية المستغرقة في عمليات التسخين والتبريد للحساس الجديد. زمن التسخين هو الزمن الممتد لتسخين الحساس من الدرجة 10°C حتى درجة العمل، أما زمن التبريد فهو الزمن الممتد من درجة حرارة العمل للحساس و الدرجة 10°C . في أثناء تحديد زمني التسخين والتبريد للحساس يتم تطبيق الجهد الاسمي للعمل على سخان الحساس، وتجري عملية قياس التيار عبر الحساس. بعد تطبيق الجهد على السخان تبدأ درجة حرارته بالارتفاع. بما أن مقاومة الحساس تزداد بارتفاع درجة الحرارة فإن قيمة التيار الذي يمر عبر السخان ستخف حتى تصل إلى قيمة ثابتة. الزمن الذي يستمر من لحظة تطبيق الجهد على السخان وحتى لحظة بلوغ التيار قيمته الثابتة يُشكل ما يُسمى "بزمن التسخين".

تُستخدم في معايرة الجهاز عادة محاليل معيارية لغازات أبخرة مختلف المواد الداخلة في تكوين الهواء. التراكيز النمطية لهذه الأبخرة ضمن العينة النمطية الاختبارية يجب أن تتراوح ضمن المجال $(10 \div 1000) \cdot 10^{-6} [kg/ kg]$.

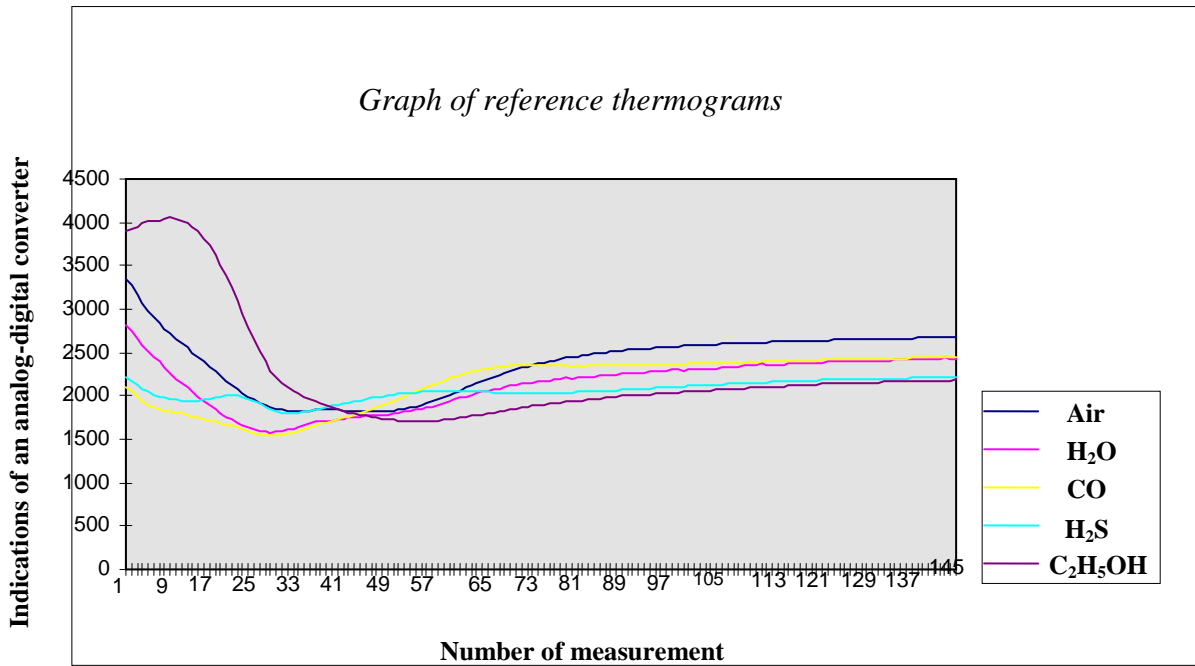
تم تنفيذ التجارب الأولية للحساس المُستخدم في المُرسِل الغازي الموجود في الجهاز على 20 عينة معيارية من المواد التالية: الهواء، بخار الماء (H_2O)، الكلوروفورم (Chloroform)، رباعي كلور الفحم (CCl_4)، ديكلور الإيتيلين (Ethylene dichloride)، هيكسان (Hexane)، بنزول (Benzol)، خليط غازات الاحتراق (Mix combustibile gas)، تولون (Toluene)، فينول (Phenol)، فورم ألدهيد (Formaldehyde)، الأستون (Acetone)، الكحول ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)، الأمياك (Ammonia)، أول غاز الكربون (CO)، ثاني غاز الكربون (CO_2)، أكسيد الأسيتيك (Acetic acid)، الميثان (Metane)، كبريت الهيدروجين (H_2S)، الأوزون (Ozone).

بالنسبة إلى كافة المواد المذكورة أعلاه تم إجراء القياسات على الجهاز وتحديد العلاقة بين المقاومة الكهربائية للحساس ودرجة الحرارة (أي تم إنشاء المخططات الحرارية المعيارية). استناداً إلى هذه النتائج تم إعداد جدول ترابط المخططات المعيارية، الموضحة في الجدول (2).

من جدول الترابط يتضح أن قيمة ثابت الترابط بالنسبة إلى الأبخرة بعض المواد قريبة من الواحد. في أثناء تحديد مكونات الخليط الغازي، فإن احتمال حدوث الخطأ في تحديد أحد المكونات بدلاً من الآخر يتحدد بقيمة ثابت الترابط بين المخططات الحرارية لهذه المواد.

يتم تخزين المخططات الحرارية المعيارية في الذاكرة الدائمة لمعالج الجهاز ROM مع الأخذ بعين الاعتبار لقيم ثابت الارتباط الخاصة بهذه المخططات. المنحنيات البيانية للمخططات الحرارية المخزنة في ذاكرة الجهاز ROM موضحة على الشكل (5).

في أثناء ضبط الجهاز يُقترح استخدام المخططات الحرارية للمواد التالية: الهواء النقي الجاف، أبخرة الماء، أول أكسيد الكربون، كبريت الهيدروجين، الكحول الإيثيلي [6].



الشكل (5) منحنيات المخططات الحرارية المعيارية المخزنة في ذاكرة الجهاز ROM.

الجدول (2) جدول ترابط المخططات الحرارية المعيارية.

H ₂ O	1,00
------------------	------

Chloroform	0,88	1,00																		
CCl ₄	0,77	0,91	1,00																	
Ethylene dichloride	0,85	0,86	0,94	1,00																
Hexane	0,99	0,90	0,76	0,82	1,00															
Mix combustible gas	0,91	0,67	0,49	0,68	0,91	1,00														
Benzol	0,97	0,93	0,86	0,88	0,98	0,83	1,00													
Toluene	0,94	0,93	0,91	0,95	0,95	0,81	0,98	1,00												
Phenol	0,94	0,87	0,67	0,70	0,97	0,87	0,94	0,87	1,00											
Formaldehyde	0,95	0,80	0,60	0,72	0,96	0,97	0,90	0,87	0,92	1,00										
Acetone	0,88	0,97	0,82	0,80	0,91	0,73	0,92	0,91	0,89	0,86	1,00									
C ₂ H ₅ OH	0,70	0,43	0,18	0,38	0,71	0,91	0,60	0,56	0,70	0,86	0,56	1,00								
Ammonia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00							
CO ₂	0,73	0,82	0,59	0,50	0,79	0,59	0,79	0,69	0,90	0,70	0,83	0,43		1,00						
CO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,93	1,00						
CO	0,90	0,64	0,45	0,62	0,90	0,99	0,82	0,77	0,87	0,96	0,70	0,91	0,61	0,56	1,00					
Acetic acid	0,67	0,89	0,95	0,87	0,67	0,42	0,77	0,84	0,58	0,55	0,83	0,18	-	-	-	0,35	1,00			
Metane	0,96	0,93	0,77	0,78	0,98	0,84	0,97	0,92	0,99	0,92	0,94	0,64	0,52	0,58						
H ₂ S	0,96	0,93	0,77	0,78	0,98	0,84	0,97	0,92	0,99	0,92	0,94	0,64	0,88	0,86	0,84	0,68	1,00			
H ₂ S	0,84	0,98	0,85	0,76	0,88	0,62	0,91	0,87	0,89	0,76	0,96	0,39	-	-	-	0,61	0,82	0,94	1,00	
Ozone	0,84	0,98	0,85	0,76	0,88	0,62	0,91	0,87	0,89	0,76	0,96	0,39	0,90	0,91	0,61	0,82	0,94	1,00		
Ozone	0,90	0,97	0,79	0,76	0,93	0,74	0,93	0,89	0,93	0,87	0,99	0,55	-	-	-	0,72	0,77	0,96	0,97	1,00
Ozone	0,90	0,97	0,79	0,76	0,93	0,74	0,93	0,89	0,93	0,87	0,99	0,55	0,88	0,90	0,72	0,77	0,96	0,97	1,00	

4- خوارزمية عمل الجهاز:

يُوضح الشكل (6) خوارزمية عمل الجهاز. استناداً إلى هذه الخوارزمية تم إعداد برنامج حاسوبي خاص، وتم تخزين هذا البرنامج في الذاكرة الدائمة للجهاز ROM. تتكون الخوارزمية من وحدتين رئيسيتين:

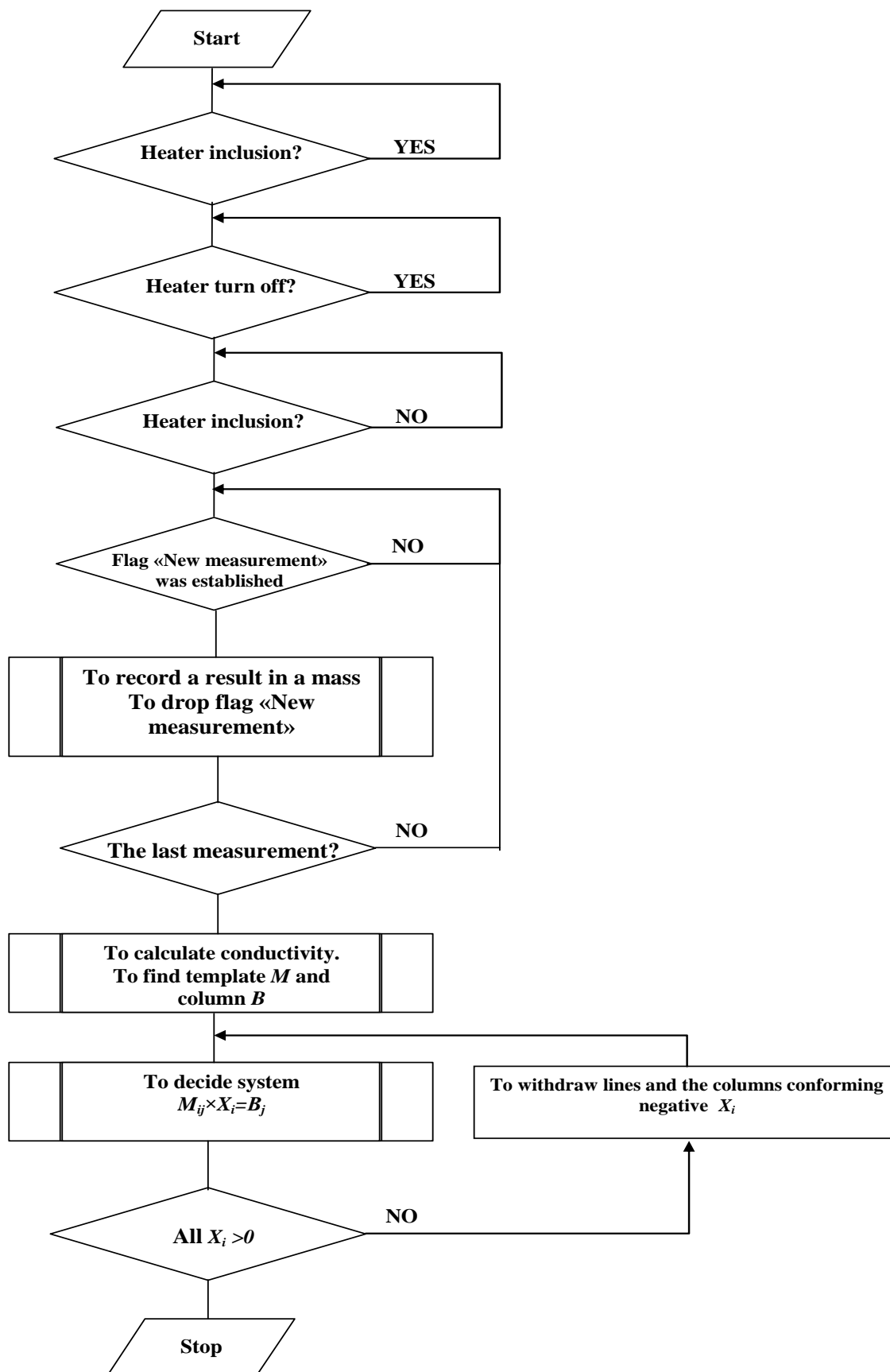
- وحدة أخذ نتائج القياسات.
 - وحدة معالجة النتائج وتحديد تراكيز المواد.
- في أثناء إعداد البرنامج الحاسوبي كان هناك اهتمام كبير بالبرنامج؛ للمحافظة على تطابق الشروط الابتدائية (الأولية) في أثناء أخذ القياسات لإنشاء المخططات الحرارية خلال فترة عمل الجهاز كلها.
- لتأمين استرجاع (الإعادة إلى الذاكرة) المخططات الحرارية يجب المحافظة على تكرارية موحدة لأخذ نتائج القياسات من ADC، وعدد حلقات عمل البرنامج في أثناء مرحلة تبريد المرسل الغازي. في خوارزمية عمل الجهاز تجري عمليات الفصل والوصل للسخان في المرسل و عملية أخذ القياسات من ADC استناداً إلى إشارة القطع التي

يُنتجها المؤقت الداخلي للمعالج الميكروي. تجري خلال فترات زمنية محددة بدقة عمليات وصل الجهد المطبق على السخان وفصله، ثم يتم أخذ المعطيات من ADC وتخزينها في المتحول الخارجي الذي يجري قياسه. بعد تحديد المعطيات للمتحول الخارجي الذي يجري قياسه تظهر على شاشة العرض الرسالة التالية «New measurement».

يبدأ عمل الجهاز بتسخين المرسل. في أثناء أخذ قياسات المخططات الحرارية فإن النتائج التي نحصل عليها من ADC يتم تخزينها بوصفها عناصر مصفوفة في الذاكرة العملياتية للمعالج RAM، وبعد الانتهاء من أحد التسجيلات الدورية للنتائج يزداد رقم العنوان في المصفوفة وتظهر على شاشة العرض الرسالة التالية «New measurement».

بعد الانتهاء من تسجيل النتائج ضمن المصفوفة ينتقل التحكم إلى كتلة معالجة النتائج، و يتم تصحيح القيم الابتدائية لمقاومة الحساس التي يتم الحصول عليها من ADC ويجري تدوينها في المصفوفة M والعنصر الحر B . تجري عمليات وصل سخان المرسل وفصله، وأخذ القياسات من ADC بموجب أوامر تصدر عن المؤقت الداخلي للمعالج الميكروي. تجري عمليات وصل الجهد عن السخان وفصله خلال فواصل زمنية محددة بدقة ثم تدون نتائج القياسات في مصفوفات التخزين، وتعالج هذه القياسات للحصول على النتائج النهائية، ثم يتم الانتقال إلى عمليات قياس أخرى.

لحل جملة المعادلات التي يتم الحصول عليها تُستخدم الطريقة المتتالية. يتم مقارنة الحل الناتجة مع الصفر. إذا كانت كافة الحلول موجبة فإن الحل النهائي الذي تم الحصول عليه يتم تحويله لتحديد تراكيز المكونات المختلفة الموجودة في الخليط الغازي. وتُعدّ المسألة محلولة. أما إذا كانت بعض الحلول سالبة فيتم شطب بعض السطور وبعض الأعمدة من المصفوفة M ، وتعاد عملية تحديد التراكيز. تستمر هذه العملية حتى يتم الحصول على حل موجب لجملة المعادلات. تم إدراج مسار قياسي في الجدول (3) لتوضيح هذه العملية.



الشكل (6) المخطط الصندوقي لعمل الجهاز

الجدول (3) مثال قياسي يوضح خوارزمية معالجة المعطيات في جملة معادلات $8 \times 8 (M \times X = B)$

1 Step – The initial system

M=	1	2	3	4	5	6	7	8	B=	10
	3	10	-1	1	2	3	4	10		8
	4	3	2	1	0	-1	2	-3		9
	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1		12
	1	1	1	0	0	1	0	2		13
	9	1	8	2	7	3	6	4		14
	0	10	1	9	2	8	3	7		15
	6	5	4	1	2	3	4	0		16

$$X = 11,539 \quad -7,218 \quad -4,365 \quad 5,112 \quad -14,948 \quad 4,868 \quad 2,625 \quad 4,088$$

2 Step

M=	1	4	6	7	8	B=	10
	-1	1	1	-1	1		12
	9	2	3	6	4		14
	0	9	8	3	7		15
	6	1	3	4	0		16

$$X = 3,645 \quad -9,790 \quad 13,030 \quad -8,790 \quad 3,610$$

3 Step

M=	1	6	8	B=	10
	9	3	4		14
	6	3	0		16

$$X = 1,059 \quad 3,215 \quad -1,294$$

4 mar - Final output

M=	1	6	B=	10
	9	3		14

$$X = 1,059 \quad 1,490$$

الاستنتاجات والتوصيات:

1- الاستنتاجات:

1- يتضمن هذا البحث دراسة منظومة فرعية من المنظومة البيئية المتكاملة وتصميمها، وهي المنظومة التي يجب أن تتوفر في الوقت الراهن على كافة السفن الحديثة، والتي تستطيع تحديد كافة الحقول الفيزيائية المتشكلة حول السفينة وقياسها.

2- جهاز التحليل الانعراجي المقترح في هذا البحث، والذي يُشكل جزءاً من هذه المنظومة البيئية، عبارة عن وحدة طرفية مخصصة لتحديد نوعية المركبات المختلفة المُشكلة لغازات العادم الصادرة عن محركات الاحتراق الداخلي البحرية وكميتها.

3- الجهاز المقترح يجمع بين المزايا الإيجابية للتحليل الانعراجي (الحساسية المرتفعة والدقة العالية والانتقائية الكبيرة) ومزايا المرسلات الغازية (بساطة الاستخدام والكلفة المنخفضة).

4- الفرق الأساسي الذي يُميزه عن الأجهزة المشابهة هو استخدام تقانة أنصاف النواقل في الحساس الموجود داخل المُرسَل الغازي، والمخصص لتحديد أنواع المركبات الداخلة في غازات العادم الصادرة عن المحركات البحرية المُستخدمة لدفع السفن وكمياتها.

5- إن وجود هذا النوع من الحساسات يتطلب قياس العلاقة بين المقاومة الكهربائية للمرسَل ودرجة حرارته عند تلامس سطحه مع الأنواع المختلفة من المواد المُشكَّلة لغازات الاحتراق، ومن ثم معالجة نتائج هذه القياسات ومقارنتها مع المخططات الحرارية المعيارية المُخزَّنة في ذاكرة المعالج الميكروبي، وصولاً إلى تحديد أنواع المركبات الداخلة في تركيب غازات العادم وكمياتها، وذلك تمهيداً لفرز المركبات الصادرة منها والقيام بمعالجتها وتخفيض تأثيراتها على البيئة وفق متطلبات المعايير الدولية المتعلقة بهذا الموضوع.

6- في أثناء المعالجة الرياضية لنتائج القياسات المختلفة تم استخدام طريقة الحل المتتالي مع تخفيض درجة جملة المعادلات المُوصَّفة للحالة، ومن ثم استُخدمت طريقة البرمجة الخطية، التي تُعطي إمكانية التأكد من دقة خوارزمية حل المسألة.

2- التوصيات

1- لمراقبة مكونات غازات العادم الصادرة عن محركات الاحتراق الداخلي البحرية وتحديد مدى مطابقتها للشروط البيئية والصحية ومتطلبات المعايير الدولية فإنه يجب تنفيذ دراسات تفصيلية وإجراء تقييم نوعي وكمي لهذه الغازات.

2- في هذا البحث تم إعداد برنامج عمل جهاز التحليل (بكافة أقسامه) و خوارزمية تتكون من وحدتين أساسيتين: وحدة تسجيل القياسات، ووحدة معالجة النتائج وتحديد تراكيز مكونات غازات العادم.

3- في أثناء تنفيذ العمل تم ولأول مرة، توضيح إمكانية توسيع مجالات استخدام المُرسلات الغازية التي تعتمد تقنية أنصاف النواقل، وذلك لتحديد مكونات خلائط الغازات بشكل عام، وعلى سبيل المثال تم استخدام هذه الخاصية في الجهاز المُقترح في هذا البحث.

4- استناداً إلى المنهجية المُقترحة في هذا البحث تم إعداد الدراسات التصميمية الأولية لتنفيذ أو تصنيع مكونات الجهاز المقترح وأقسامه.

المراجع:

1. BLAKEMORE, J.. *Solid-state physics*. Moscow: The world, 2006.
2. ZEMEN, A.B. NEKOLAEV, Y.A. TOLMAEV. V.V. *Quantum physics of semiconductors*. Moscow: Publishing house of MGTU him of Bauman, 1999.
3. AKIMOV B.A., ALBUL A.V., GAZYOKOV A.M., ILEYIN V.Y. and other. *Touchsensitive properties in relation to a hydrogen sulfide and; electric conductivity of polycrystalline films SnO₂ (CuO.)* // Physics and technique of semiconductors, 1997, T. 31, № 4. (<http://www.ioffe.rssi.ru/journals/ftp/1997/04/page-400.html.ru>).
4. ALENBERG V.B., BICHUGINA T.N., COGETOV L.V. and other. *Pellicles SnO₂ (CuO) for gas sensors*. // Perspective materials, 1997, № 2.
5. *Engineering specifications on gas sensors*. (<http://www.captur.demon.co.uk>)2005.
6. *Physics of air void*. (<http://astra.phtd.tpu.edu.ru/~chair23/russian/study/mol/p2.htm>) 2001.
7. PEVCOV A.B., FEOKTISTOV N.A., GOLUOBEV V.G., MOROZOVA L.E., *Conductivity of the thin nano crystalline membranulas of silicium*. Physics and technique of semiconductors, 1999T.33, №1. (<http://www.ioffe.rssi.ru/journals/ftp/1999/01/page-75.html.ru>).
8. CISELEV V.F., CRYELOV O.V.. *The adsorptive processes on a surface of semiconductors and dielectrics*. Moscow: Science, 1998.
9. BUCHIN E.Y., VENKE A.L., PROKAZNIKOV A.V., MOKROUSOV N.E.. *Physical features of formation of porous silicium for gas sensors*. Works IM RAS, Yroslavly, 2005.
10. *Engineering specifications on an analog-digital converter and operational amplifiers*. (<http://www.analog.com/2003>).
11. *Engineering specifications on microprocessors and microcontrollers*. (<http://www.atmel.com>)1999.
12. *Engineering specifications on template mesomorphic modules LM44780 HD44780 CONTROLLER APPLICATION NOTES*. (<http://www.gec.com.au/kc/hd44780.htm>).