

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Palestine Polytechnic University



College of Engineering

Mechanical Engineering Department

Gasoline Injectors Diagnostic & Cleaning System

Design & Building - -

Project Team

Taha Shwaheen

Mohammad Shaheen

Project Supervisor :

Dr. Husein Amro

Hebron

2020

اهداء

اهدي تخزجي إلى معلم البشرية أجمعين الراهوي الأمين صلى الله عليه وسلم

إلى من تعجز الكلمات عن إيفائه حقه

إلى والدي العزيز أظال الله في عمره

ورزقه الصحة والعافية

وأحسن عمله

إلى صاحبة القلب الصابر الحنون

إلى من أنار لي وعانتها حياتي والدي العزيزة

أظال الله في عمرها وأحسن عملها

إلى كل من ساندني..... وآزني في وبي

كلمة شكر

أشكر الله العلي القدير الذي أنعم عليّ بنعمة العقل والدين. القائل في محكم التنزيل " وَقَوْقَ كُلِّ ذِي عِلْمٍ عَلِيمٌ" سورة يوسف آية 76.... صدق الله العظيم.

كل الشكر وتقدير... .. واعترافاً مني بالجميل أتقدم بجزيل الشكر لأولئك المخلصين الذين لم يألوا جهداً في مساعدتنا وأخص بالذكر مشرفنا القدير

الدكتور: حسين عمرو

وهو صاحب الفضل في توجيهي ومساعدتي في انجاز مشروع التخرج ، فجزاها الله كل خير.

ولا أنسي أن أتقدم بجزيل الشكر إلى

الدكتور: جلال السلايمة

مشرف التحسير المسائي

الذي قام بتوجيهنا طيلة هذه الدراسة

وأخيراً,أتقدم بجزيل شكري إلي كل من مدوا لي يد العون والمساعدة خلال مسيرتنا التعليمية

المخلص

تم تصميم ماكينة (عبادة الحاقن) : و هي عبارة عن وحدة متكاملة يمكننا من خلالها إجراء العديد من الاختبارات لحاقن البنزين، وكذلك تنظيف وإصلاح الحاقن تم بناء هذه الآلة لتكون مناسبة للكراجات والمعاهد ومراكز التدريب والتعليم. جهاز مهم للطلاب والمتدربين في المدارس الصناعية لتعليمهم كيفية إجراء اختبار الحاقن وتنظيف وقراءة ضغط الوقود ومقاومة الحاقن والطريقة الصحيحة لشكل حقن الوقود من الحاقن وكمية الوقود الذي يخرج من الحاقن أثناء وقت محدد ومعدل التدفق.

تستخدم الموجات فوق صوتية للجهاز في تفتيت جزيئات المواد المتجمعة علي الحاقنات و ازالة رواسب الكربون من على الرشاش كما يتم إختبار قدره على الرش لإختبار ضخ الكمية داخل حاقنات وإختبار حالة الرش لكل حاقن ، إختبار تدفق حاقنات للتحقق من كمية الرش من الرشاش خلال الضخ المستمر، إختبار أوتوماتيك لعمل جميع الاختبارات بشكل أوتوماتيك في ظروف مشابهه لظروف عمل المحرك مما يساعد في تقليل استهلاك البنزين وزيادة في عمر الحاقنات.

وقد تم الأخذ بعين الإعتبار بعض المواصفات الفنية أثناء العمل على هذا المشروع كأن تكون معدات احترافية للغاية لتشخيص وتنظيف . خزان تنظيف فائق الصوت (من الفولاذ المقاوم للصدأ) بقدرة 100 وات / 40 كيلو هرتز ، بسعة 1 لتر ، يقوم الجهاز أيضا بتشخيص التدفق والتنظيف في الحاقنات و خزان تنظيف فائق الصوت (من الفولاذ المقاوم للصدأ) بقدرة 100 وات / 40 كيلو هرتز ، بسعة 1 لتر، كما يشمل الكابلات والمحولات لتوصيل الحاقنات متعددة النقاط وإمكانية للضبط اليدوي لضغط الاختبار و اخرى قابلة للبرمجة بالكامل كمعدات المعالجة الدقيقة ولتحقيق ذلك تطلب جهد تشغيل 220/110 فولت تيار متردد 60/50 هرتز ، وسعة خزان الوقود 4 لترات، ومضخة بضغط 6 بار ، كما أن دورة العمل 0% - 100% مفتوحة أما درجة حرارة العمل فهي 5 درجة مئوية - 60 درجة مئوية، وبوزن 25 كجم وإرتفاع يعادل ٦٤ سم أما العرض 48.5 سم والصورة التالية توضح بشكل مرئي بعض من المواصفات المذكورة



الشكل 1: ماكينة الحقن

جدول المحتويات

I.....	إهداء.....
II.....	كلمة الشكر.....
III.....	الملخص.....
VI.....	جدول الأشكال.....
VIII.....	جدول الجداول.....
1.....	1 الفصل الأول.....
2.....	1.1 المقدمة.....
2.....	1.2 أهداف البحث.....
2.....	1.3 مشكلة البحث.....
2.....	1.4 أهمية البحث.....
3.....	1.5 الدراسات السابقة.....
3.....	1.5.1 دراسة جيمس ر. كوسلو.....
3.....	1.5.2 دراسة كلودي فليبس.....
3.....	1.5.3 دراسة غريغولي كفار اتسخليا.....
5.....	1.6 المخطط الزمني.....
7.....	2 الفصل الثاني: تاريخ نظام حقن الوقود.....
8.....	2.1 تاريخ حقن الوقود.....
8.....	2.1.1 نظام بيندكس.....
8.....	2.1.2 نظام حقن الوقود الميكانيكي.....
8.....	2.1.3 أنظمة الحقن الميكانيكية Hiborn.....
9.....	2.1.4 أنظمة حقن وقود المحول الكهربائي.....
9.....	2.1.5 أنظمة إدارة المحرك.....
10.....	3 الفصل الثالث: مكونات ومخطط.....
11.....	3.1 مخطط المشروع.....
12.....	3.2 مكونات المشروع.....
12.....	3.2.1 خزان الوقود.....
13.....	3.2.2 مضخة الوقود الكهربائية.....
13.....	3.2.3 خطوط الوقود.....
14.....	3.2.4 منظم ضغط الوقود.....
15.....	3.2.5 فلتر الوقود.....
15.....	3.2.6 سكة الوقود.....
16.....	3.2.7 حاقن الوقود.....
17.....	3.2.8 ساعة ضغط.....

17.....	3.2.9 اسطوانة مدرجة.....
19.....	4 الفصل الرابع: طريقة تشغيل الماكينة.....
20.....	4.1 الوصف.....
21.....	4.2 تنظيف حاقتات الوقود.....
21.....	4.2.1 كيفية عمل التنظيف بالموجات فوق الصوتية.....
23.....	4.2.2 كيفية اختبار الرش للحاقتات.....
24.....	4.3 وصف عملية التنظيف.....
25.....	4.3.1 اعتبارات النظافة.....
26.....	4.3.2 تغيير الانظمة الموجودة.....
26.....	4.4 المعدات.....
27.....	4.4.1 محولات الطاقة المغناطيسية.....
28.....	4.4.2 خزانات الموجات فوق الصوتية.....
28.....	4.4.3 منظم الضغط الكهربائي.....
28.....	4.5 الحل.....
29.....	4.6 التحكم في الحاقتات.....
29.....	4.7 التحكم في الضاغط.....
30.....	4.8 التحكم في السرعة.....
31.....	4.9 مقاييس فرق الجهد.....
33.....	5 الفصل الخامس: فحص واختبار الحقن.....
34.....	5.1 عمل حاقن الوقود.....
35.....	5.2 فحص مقاومة حاقن الوقود.....
35.....	5.3 مشاكل حاقتات الوقود.....
36.....	5.4 فحص اختبار الجهاز.....
37.....	5.5 فحص تدفق حاقن الوقود.....
38.....	5.6 توصيات.....
40.....	المراجع.....
41.....	الملحقات.....

جدول الأشكال

III.....	الشكل 1 : ماكينة الحقن
11.....	الشكل 3.1: مخطط المشروع.
12.....	الشكل 3.2: خزان الوقود.
13.....	الشكل 3.3: مضخة كهربائية.
14.....	الشكل 3.4: خطوط الوقود.
14.....	الشكل 3.5: منظم ضغط الوقود.
15.....	الشكل 3.6: فلتر الوقود.
15.....	الشكل 3.7: سكة الوقود.
16.....	الشكل 3.8: حاقن الوقود.
17.....	الشكل 3.9: ساعة ضغط.
18.....	الشكل 3.10: اسطوانات مدرجة.
20.....	الشكل 4.1: وحدة التحكم الإلكترونية.
20.....	الشكل 4.2: رسم تخطيطي إلكتروني.
21.....	الشكل 4.3: مولد نابض.
22.....	الشكل 4.4: أزرار التشغيل.
23.....	الشكل 4.5: وحدة التحكم LCD.
23.....	الشكل 4.6: التنظيف بالموجات فوق الصوتية.
25.....	الشكل 4.7: انفجار فقاعة.
26.....	الشكل 4.8: الغمر في الماء.
27.....	الشكل 4.9: مركب على الحجاب الحاجز.
27.....	الشكل 4.10: لحام الفضة بشكل مباشر مع الحجاب الحاجز الرنان.
30.....	الشكل 4.11: التحكم في الضغط.
31.....	الشكل 4.12: التحكم في السرعة.
32.....	الشكل 4.13: مقياس فرق الجهد.
34.....	الشكل 5.1: مكونات حاقن الوقود.

- الشكل 5.2: فحص مقاومة حاقن الوقود.....35
- الشكل 5.3: التنظيف بالموجات فوق الصوتية.....37
- الشكل 5.4: فحص تدفق حاقن الوقود.....38

جدول الجداول

جدول 1.1: مقارنة بين عيادة الحقن وماكينات مشابهة في الأسواق.....4

جدول 1.2: المخطط الزمني5

الوحدة الأولى

الأهمية والأهداف

1.1 المقدمة

1.2 أهداف البحث

1.3 مشكلة البحث

1.4 أهمية البحث

1.5 الدراسات السابقة

1.5.1 دراسة جيمس ر. كوسلو

1.5.2 دراسة كلودي فليبس

1.5.3 دراسة غريغولي كفار اتسخليا

1.6 المخطط الزمني

1.1 المقدمة

حقن الوقود هو تقنية تستخدم في محركات الاحتراق الداخلي لخلط الوقود مع الهواء قبل الاحتراق. كما هو الحال في المكربن التقليدي، يتم تحويل الوقود إلى رذاذ ناعم وخالطه مع الهواء. ومع ذلك، حيث يقوم المكربن التقليدي بإجبار الهواء الوارد من خلال مشروع لسحب الوقود إلى تيار الهواء ، فإن نظام حقن الوقود يدفع من خلال فوهة تحت ضغط لحقن الوقود في تيار الهواء دون الحاجة إلى مشروع. تستخدم الأنظمة الإلكترونية الحديثة التي تم تجهيز السيارات بها اليوم عددًا من أجهزة الاستشعار لمراقبة ظروف المحرك، ووحدة تحكم إلكترونية (ECU) لحساب الكمية المطلوبة من الوقود بدقة. والذي يمكن أن يزيد حقن الوقود من كفاءة الوقود ويقلل التلوث.

1.2 أهداف البحث

يقصر الهدف الأساسي من البحث على تصميم آلة فحص حاقتن البنزين ومعايرة المشاكل ومحاولة اصلاحها، كما يمكن البحث من الحصول على نموذج تعليمي يستهدف بشكل أساسي المهندسين المتدربين عن كيفية اختبار انظمة حقن البنزين الإلكتروني، وكيفية اختبار الحاقن، وطريقة العمل، وكمية الحقن وغيرها من المشاكل التي يمكن ان يتعرض لها نظام الحقن الإلكتروني الذي من شأنه أن يساعد في البحث عن الحلول المتاحة بأقل تكلفة ممكنة.

1.3 مشكلة البحث

- عدم توفر هذه الماكينات في الأسواق المحلية.
- التكلفة الشرائية المرتفعة لمثل هذه الماكينات التي تتطلب استيراد من الخارج.

1.4 أهمية البحث

يتضمن المشروع أهمية كبيرة للحد من استهلاك حاقتن الوقود حيث يعمل مشروع (عيادة حقن) على تنظيف الحاقتن التي تكون موجودة على نفس السيارة. عندما يتم تنظيف الحاقتن تقل نسبة التلوث في العادم بالتالي ضمان حرق كل البنزين الذي وصل الى المحرك عبر الحاقتن. علاوةً على ذلك يتضمن البحث أهمية كبيرة في مساعدة طلاب المدارس الصناعية والمتدربين و تعليمهم كيفية إجراء اختبار الحاقتن وتنظيفها وقراءة ضغط الوقود ومقاومة الحاقن، شكل حقن الوقود من الحاقن وكمية الوقود الخارج من الحاقن خلال وقت محدد، وبالتالي يكون نموذجاً تعليمياً مثالياً في مراكز التعليم والتدريب لمختصي هذا المجال.

1.5 الدراسات السابقة

1.5.1 دراسة جيمس ر. كوسلو

طريقة وجهاز لتنظيف واختبار نظام حقن الوقود للمركبة دون تفكيك حاقنات الوقود من محرك السيارة. يشتمل جهاز التنظيف على آلية لتغذية خليط تنظيف وقود المذيبات في نظام تزويد الوقود للمحرك ، ونظام تحكم لآلية التغذية وسلسلة من الموصلات بين نظام حقن الوقود وكل من آلية التغذية ونظام التحكم. تتضمن الطريقة ربط آلية التغذية ونظام التحكم بنظام حقن وقود المحرك وتشغيل الجهاز لتنظيف حاقنات الوقود في الموقع دون تفكيك حاقنات الوقود من محرك السيارة. يمكن إجراء جهاز الاختبار بشكل ثابت أو ديناميكي باستخدام جهاز التنظيف. تتضمن آلية الاختبار الثابت تفكيك حاقن الوقود من المحرك. يشتمل جهاز الاختبار الديناميكي على جهاز التنظيف ، ومقياس التدفق ، وأدوات التحكم الكهربائية المضافة في نظام التحكم بما في ذلك مفتاح الاختيار لتحديد صمام حقن الوقود الفردي المراد اختباره. تتضمن طريقة الاختبار الديناميكي معايرة مقياس تدفق الجهاز ، وربط آلية التغذية ونظام التحكم بنظام حقن وقود المحرك وتشغيل الجهاز لقياس التدفق عبر صمام حقن الوقود بواسطة مقياس التدفق [1].

1.5.2 دراسة كلودي فليبس

حازت هذه الدراسة على براءة اختراع عام 1990 في الولايات المتحدة، وهي طريقة وجهاز لتنظيف أنظمة حاقن الوقود لمحركات الاحتراق الداخلي والتي تشمل تجنب الحروق والإصابات المحتملة في إعداد جهاز النظام التقليدي في حجرة المحرك. تتميز الطريقة الحالية بإقامة التوصيلات والأجهزة المطلوبة في الجزء الخلفي من السيارة في منطقة معزولة عن المنطقة أسفل غطاء السيارة. للاختراع مزايا أخرى. على وجه الخصوص ، يتم استبدال المرشح في المنطقة المعزولة بعد الانتهاء من عملية التنظيف من خلال جانب جديد من الطريقة التي تتضمن إزالة المرشح كخطوة في الطريقة. في الطريقة التقليدية ، يتم ترك الفلتر في مكانه ولكن يتم استبداله في النهاية ، لإجراء صيانة شاملة لنظام الوقود ، كخطوة إضافية. ميزة أخرى للاختراع هي طريقة الكشف عن التسرب في أنظمة تدفق الوقود والحاقن واكتشاف مدى انسداد الحاقنات الفردية لتحديد الحاجة إلى الاستبدال [2].

1.5.3 دراسة غريغولي كفاراتسخيليا

غريغولي كفاراتسخيليا، حازت هذه الدراسة على براءة اختراع عام 1990، جهاز وطريقة تنظيف حاقن وقود محرك الاحتراق الداخلي، وهو جهاز تنظيف يتكون من جسم، خزان سائل تنظيف، مضخة، أنبوب ضغط، غرف تنظيف مع مكان للتثبيت من حاقن كهربائي وميكانيكي واحد على الأقل. حيث أن الجهاز مزود بتركيبات لإزالة وتركيب مرشح الحاقن الكهربائي وإزاحة الإبرة عند تنظيف الحاقن الميكانيكي. توفر طريقة تنظيف حاقن محرك الاحتراق الداخلي إزالة الفلتر من الحاقن الكهربائي وتنظيفه بشكل منفصل ، وعند تنظيف الحاقن الميكانيكي يتم تنظيفه مبدئيًا من جانب رأس الرش ، وبعد ذلك يتم تغذية سائل التنظيف إلى الحاقن في اتجاه تغذية الوقود [3].

عند تصنيع عيادة حقن تم الأخذ بعين الإعتبار بعض المواصفات الفنية أثناء العمل على هذا المشروع لتكون معدات احترافية للغاية لتشخيص وتنظيف. تختلف عيادة حقن عن الماكينات التي في الأسواق انها تتميز ببساطة التركيب وطريقة العمل، فهي لا تتطلب تفكيك اجزاء كثيرة من المحرك او المركبة بشكل عام علاوة على تكلفتها المادية المنخفضة بالمقارنة مع الماكينات الصينية، والجدول التالي 1.1 يبين المقارنة بين عيادة حقن واجهزه مشابهة لها في الاسواق حيث تمت المقارنة على الاسس التي تقوم عليها الماكينة.

جدول 1.1: مقارنة بين عيادة الحقن والأجهزة المشابهة لها في الاسواق

المقارنة	عيادة الحاقن	جهاز صيني
جهد التشغيل	220 فولت / 50 هرتز	220 فولت / 50 هرتز
وزن	25 كجم	42 كجم
ارتفاع	64 سم	46 سم
عرض	48.5 سم	48 سم
سرعة الدوران	0-3000 دورة / دقيقة	0-3000 دورة / دقيقة
دورة العمل	100%_ %	100%_ %
ضغط المضخة	6 بار	4 بار
سعة خزان الوقود	4 لتر	4 لتر
حجم أنبوب الاختبار	100 مل	120 مل
تردد الموجات فوق الصوتية	15-20 كيلو هرتز	25 كيلو هرتز
قوة بالموجات فوق الصوتية	30-50 واط	75 واط
تكلفة	500 دولار	1200 دولار

1.6 المخطط الزمني

Time	Week (1)	Week (2)	Week (3)	Week (4)	Week (5)	Week (6)	Week (7)	Week (8)	Week (9)	Week (10)	Week (11)	Week (12)	Week (13)	Week (14)	Week (15)
Searching for a project idea	■	■													
Putting the project plan		■	■	■											
Visiting the library		■	■	■	■										
The information collection			■	■	■	■	■	■	■						
Choosing the appropriate title					■	■									
sources and references Compilation				■	■	■	■	■							
Start typing the project introduction			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
Providing the necessary material					■	■	■	■							
Follow up with the supervisor	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Sample preparation and follow up															
Conducting some necessary tests															
Discussing the test results															
Putting the final dimensions of the projects															
Print and deliver the project introduction															

الوحدة الثاني

تاريخ نظام حقن الوقود

2.1 تاريخ حقن الوقود

2.1.1 نظام بيندكس

2.1.2 نظام حقن الوقود الميكانيكي

2.1.3 أنظمة الحقن الميكانيكية Hiborn

2.1.4 أنظمة حقن وقود المحول الكهربائي

2.1.5 أنظمة إدارة المحرك

2.1 تاريخ حقن الوقود

حقن الوقود ليس تقنية جديدة. لقد كانت موجودة منذ ما يقرب من صناعة السيارات، على الرغم من أن الفضاظة وعدم الموثوقية والتكلفة جعلتها غير عملية اقتصاديًا للسيارات السائدة حتى الثمانينيات. ببساطة ، لا يحترق الوقود بكفاءة ما لم يتم تحويله إلى سحابة مثالية قدر الإمكان. لم تستخدم المحركات المبكرة أي شيء أكثر تعقيدًا من التنقيط المحكم في الأسطوانات ، وساعد ظهور المكربن على تعزيز عملية الاحتراق الداخلي. تم تكرير المكربن لمدة 80 عامًا على الأقل ولكن قيودها (الانحلال الضعيف ، وعدم القدرة على تغيير الخليط بدقة وفقًا لظروف المحرك، والانبعاثات العالية ، وما إلى ذلك) جعلتها قديمة بالنسبة للمتطلبات الحديثة. كان حقن الوقود هو الجواب الوحيد[4].

تعود براءة اختراع لحقن الوقود إلى عام 1896 ، ولكن تم عمل القليل حتى قام روبرت بوش بتطوير أنظمة قابلة للاستخدام في محركات الديزل. بحلول عشرينيات القرن العشرين، تم استخدامه على نطاق واسع في الديزل ، وخلال الثلاثينيات طور المهندسون الألمان حقن الوقود لمحركات الغاز المستخدمة في طائرات القتال. كانت فعالة للغاية في الحرب العالمية الثانية.

2.1.1 نظام بينكس

خلال الحرب العالمية الثانية طورت Bendix Aviation أول حقن إلكتروني للوقود للطائرات المستخدمة في الحرب الكورية. لقد نجحت بشكل جيد ، ويرجع ذلك بشكل رئيسي إلى إمكانيات الجيش الكبيرة بحيث يمكن أن يتحمل المكونات الجهد والتكاليف باهظة الثمن المطلوبة لعملية موثوقة، كان نظام Bendix بسيطًا نسبيًا لأن محركات الطائرات أكثر قدرة وكفاءة. ومع ذلك فقد كان مكلفًا للغاية بالنسبة لاستخدام السيارات [4].

2.1.2 نظام حقن الوقود الميكانيكي

استخدمت مرسيدس- بنز نظام حقن الوقود الفعال من Bosch في سياراتها SL300 الأسطورية ، وقد وجدت هذه الوحدات الميكانيكية طريقها في النهاية إلى سيارات بورش. في قسم روتشستر في جنرال موتورز في الولايات المتحدة ، طور حقن الوقود الميكانيكي الخاص به واستخدمه لأول مرة في سيارات شيفروليه 1957 ، وأبرزها كورفيت. كان جهازًا شديد التعقيد يقيس تدفق الهواء عبر المكبس الذي تم توصيله بنظام القياس من خلال أنابيب التوزيع. استخدم روتشستر نظام الحقن من نوع المنفذ الذي يغذي الوقود عالي الضغط لفوهات الحقن داخل مجمع السحب[5].

2.1.3 أنظمة الحقن الميكانيكية Hilborn

يتم توصيل الوقود إلى المحرك عن طريق فوهات الحاقن التي تقوم برش الوقود ، والتي تغذيها مضخة الضغط العالي ، بضغط ثابت إلى نقطة فوق الصمام مباشرة . عندما يفتح الصمام، يتم دفع الوقود إلى المحرك بضغطه الخاص. سيتم امتصاص الهواء إذا تم استنشاقه أو دفعه بشكل طبيعي إذا تم شحنه بشكل فائق لإكمال الخليط للاشتعال في شوط الطاقة . أحدث هذا الجهاز البسيط ثورة في أنظمة وقود السيارات ويستخدم الآن تقريبًا في جميع سيارات الركاب وسيارات السباق[5].

2.1.4 أنظمة حقن وقود المحول الكهربائي

تعاونت كرايسلر وبنديكس لصنع أنظمة حقن وقود Electrojector للسيارات. توصل المهندسون إلى نظام معقد تضمن موزعين مزدوجين. قام أحدهما بتشغيل حقن الوقود والآخر الإشعال. نقلت مضخة وقود كهربائية الغاز إلى الحاقنات وتم تركيب صندوقين للإلكترونيات. كان أحدهما صندوقًا للمقاومة والآخر مُعدّلًا إلكترونيًا ، واستخدم كلاهما الترانزستورات المبكرة جنبًا إلى جنب مع المقاومات والمكثفات ذات الطراز القديم. دخل الهواء إلى المحركات من خلال خنق مزدوج 2 برميل من أجل التدفق الأمثل.

كانت الحرارة هي عدو الدوائر الإلكترونية في ذلك الوقت ، ويمكنك أن تتخيل المشاكل التي حدثت في حجات محرك السيارات. صنعت كرايسلر بضع عشرات فقط من السيارات المجهزة بحقن الوقود خلال أواخر الخمسينيات من القرن الماضي ، وكانت معرضة للمشاكل لدرجة أن معظمها أعيد تجهيزه بالمكربنات. كان نهج Bendix هو الأفضل. تحتوي أنظمة Bendix على إصدارات مبكرة من العديد من المكونات المستخدمة في أنظمة الحقن الحديثة بما في ذلك تنظيم ضغط الوقود ، والحاقنات الفردية ، واستشعار تحديد موضع الخانق ، واستشعار البدء البارد والإحماء ، والفراغ ، ودرجات الحرارة ومستشعرات الهواء والعديد من المكونات الأخرى. كان "دماغ" Electrojector مُعدّلًا يجمع كل المعلومات من أجهزة الاستشعار وحولها إلى إشارة لتحفيز الحقن ، تمامًا كما تفعل الأنظمة الحالية. ذكر مهندسوها أنه سيزيد من القدرة الحصانية بمقدار 10-20 ، ويزيد الاقتصاد في استهلاك الوقود ويقلل من تلوث العادم. لم تحقق ديترويت قط بيعًا جيدًا لحقن الوقود كخيار محرك وباع روتنستر تقنيته إلى Bendix. باعت Bendix حقوقها لشركة Bosch واستمرت تلك الشركة في التطور طوال السبعينيات ، وأطلق عليها في النهاية اسم Jetronic. لقد اتخذوا الخيار الصحيح، لأن لوائح الانبعاثات والتقدم المتصاعد بسرعة في مجال الإلكترونيات (لا سيما المعالج الدقيق) جعلت حقن الوقود موثوقًا وميسورًا للمصنعين. أنتج بوش أول نظام حقن إلكتروني رقمي بالكامل في عام 1982[6].

2.1.5 أنظمة إدارة المحرك

تجمع أنظمة إدارة المحرك اليوم جميع الوظائف (الإشعال والتوقيت والتبريد وتوصيل الوقود) في العمليات التي يتم التحكم فيها بواسطة الكمبيوتر والتي تعمل بشكل جيد بشكل لا يصدق ، مما يسمح للمحركات بتطوير أقصى قدر من الطاقة بأقل قدر من الوقود. عندما تصل بعد ذلك إلى سيارتك الباردة وتكون قادرًا على بدء تشغيل المحرك على الفور والقيادة بسلاسة ، قدم الشكر لأولئك الذين طوروا حقن الوقود. بدونهم ما زلنا نضع الاختناقات ، ونحرص باستمرار ، ونقوم بتسخين المحركات لعدة دقائق ، والتوقف عند علامات التوقف ، ناهيك عن تجفيف الدخان والتلوث[6].

الوحدة الثالثة

مكونات ومخطط

3.1 مخطط المشروع

3.2 مكونات المشروع

3.2.1 خزان الوقود

3.2.2 مضخة الوقود الكهربائية

3.2.3 خطوط الوقود

3.2.4 منظم ضغط الوقود

3.2.5 فلتر الوقود

3.2.6 سكة الوقود

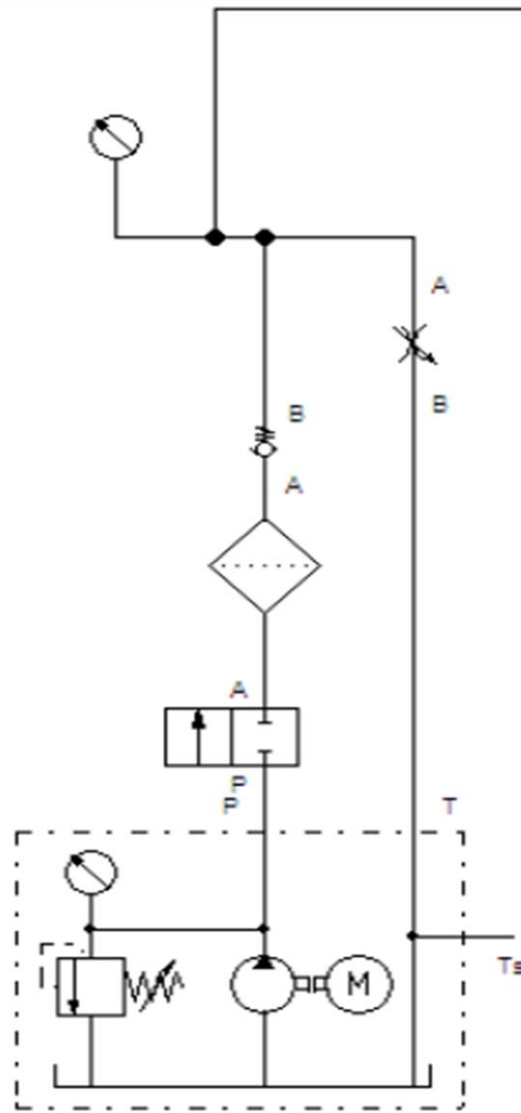
3.2.7 حاقن الوقود

3.2.8 ساعة ضغط

3.2.9 اسطوانة مدرجة

3.1 مخطط المشروع

أنظمة حقن البنزين الإلكترونية نظام حقن غير مباشر متعدد النقاط يتحكم بالوقود و الإشعال معا، حيث يوجد في هذا النظام عدة حاقنات وظيفتها تذيرير الوقود في مجمع السحب بشكل متتابع، تستقبل الحاقنات اشارة كهربائية من وحدة التحكم الالكتروني الخاصة بالنظام حسب ظروف عمل المحرك وفي نفس الوقت تتحكم وحده التحكم في ملف الاشعال كما هو موضح في الشكل التالي.



الشكل 3.1 مخطط المشروع

3.2 مكونات المشروع

3.2.1 خزان الوقود

- خزان الوقود (خزان البنزين) كما هو في الشكل 2 هو حاوية آمنة للسوائل القابلة للاشتعال حيث يتسع الى 4لتر من البنزين هذه جزء من الجهاز الذي يتم فيه تخزين الوقود وضخ الوقود الى الحاقنات. وتم اختار هذه المواصفات لتقليل وزن الجهاز. تتراوح خزانات الوقود في الحجم والتعقيد من السيارة الصغيرة إلى السيارة الكبيرة، ويجب أن يوفر ما يلي:
- 1- تخزين الوقود : يجب أن يحتوي النظام على كمية معينة من الوقود ويجب أن يتجنب التسرب ويحد من انبعاثات التبخر.
 - 2- الحشوة : يجب تعبئة خزان الوقود بطريقة آمنة بدون شرر.
 - 3- توفير طريقة لتحديد مستوى الوقود في الخزان ، وقياس (يجب قياس أو تقييم الكمية المتبقية من الوقود في الخزان).
 - 4- توقع احتمالات الضرر وتوفير إمكانات بقاء آمنة

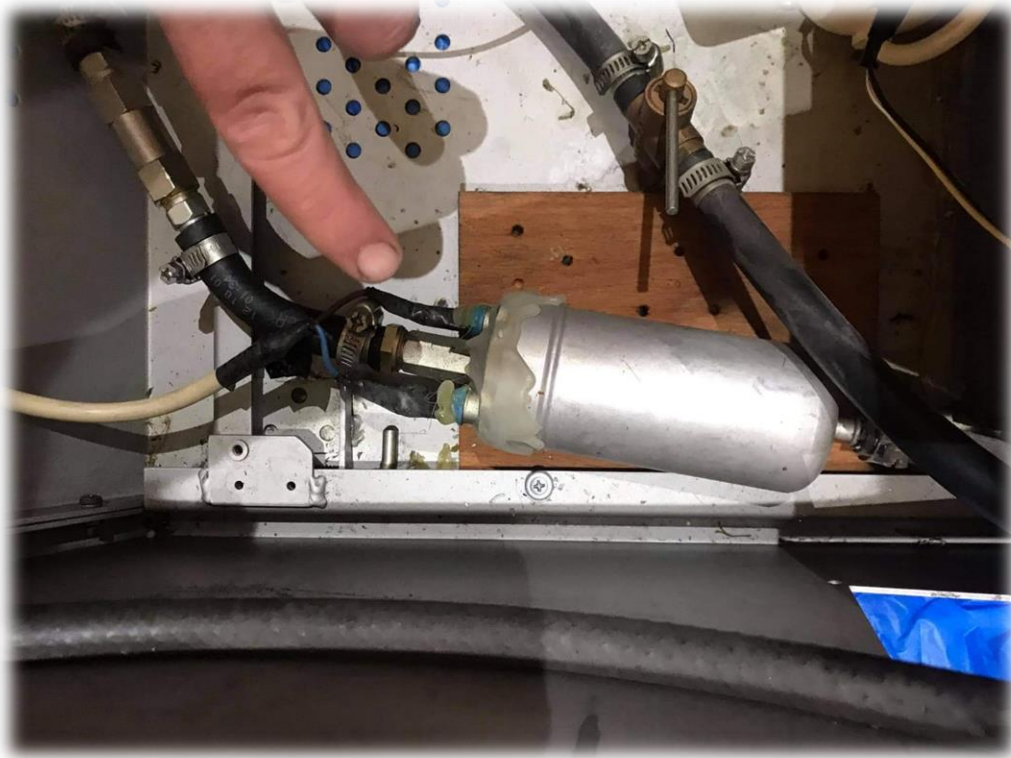


الشكل 3.2: خزان الوقود

3.2.2 مضخة الوقود الكهربائية

تحتوي مضخة الوقود الكهربائية كما هو في الشكل 3 على محرك كهربائي الخاص ويتم تشغيلها بواسطة وحدة التحكم الإلكترونية في السيارة. يدفع المحرك الكهربائي الوقود من خزان الوقود إلى الحاقنات عبر خطوط الوقود. تعمل مضخة الوقود الكهربائية بالضغط 6 بار وتم اختيارها لتناسب جميع بخاخات البنزين التي اقل من 6 بار.

هناك مضخات الوقود الكهربائية في تركيب داخل الخزان و تركيب الخارج الخزان . توجد مضخات الوقود داخل الخزان في الجزء السفلي من خزان الوقود. هو النوع الأكثر شيوعًا من مضخات الوقود الخارجية الكهربائية التي يتم تركيبها عادةً على سكة إطار خارج خزان الوقود



الشكل 3.3: مضخة كهربائية

3.2.3 خطوط الوقود

خط الوقود كما هو في الشكل 4 هو خرطوم يستخدم لنقل الوقود من تنك الوقود إلى نقطة أخرى في النظام. عادة ما تكون مصنوعة من المطاط المقوى لمنع الانقسام والالتواء وهذه النوع مصنوع خصيصا ليتحمل الضغط.



الشكل 3.4: خطوط الوقود

3.2.4 منظم ضغط الوقود

يعمل منظم ضغط الوقود على المحافظة على الضغط المناسب للوقود وذلك لضمان عمل البخاخات بشكل صحيح , أي لضمان أن تكون كمية الوقود الذي تخرجه الحاقنات محكوم بعامل واحد وهو زمن فتح الحاقنات , ولكي يتناسب مع جميع ظروف تشغيل المحرك.

تضخ مضخة الوقود دائماً كمية زائدة من الوقود. يتحكم المنظم في الضغط في سكة الوقود عن طريق تجاوز أي وقود لا يستخدمه المحرك مرة أخرى إلى خزان الوقود بمجرد تلبية ضغط التحكم. في وضع اللاحمل ، ربما يتم إرجاع 95 ٪ من الوقود الذي يتم تسليمه إلى سكة الوقود إلى الخزان. في وضع الحمل ، ربما يتم إرجاع 5 ٪ إلى 50 ٪ من الوقود الذي تم تسليمه إلى الخزان. يتم توجيه الوقود بشكل عام من المضخة إلى أحد طرفي سكة الوقود التي تغذي الحاقنات.



الشكل 3.5: منظم ضغط الوقود

3.2.5 فلتر الوقود

مرشح الوقود كما هو في الشكل 6 هو مرشح في خط الوقود يقوم بفحص جزيئات الأوساخ والصدأ من الوقود ، والتي يتم تصنيعها عادة في خراطيش تحتوي على ورقة تصفية.



الشكل 3.6: فلتر الوقود

3.2.6 سكة الوقود

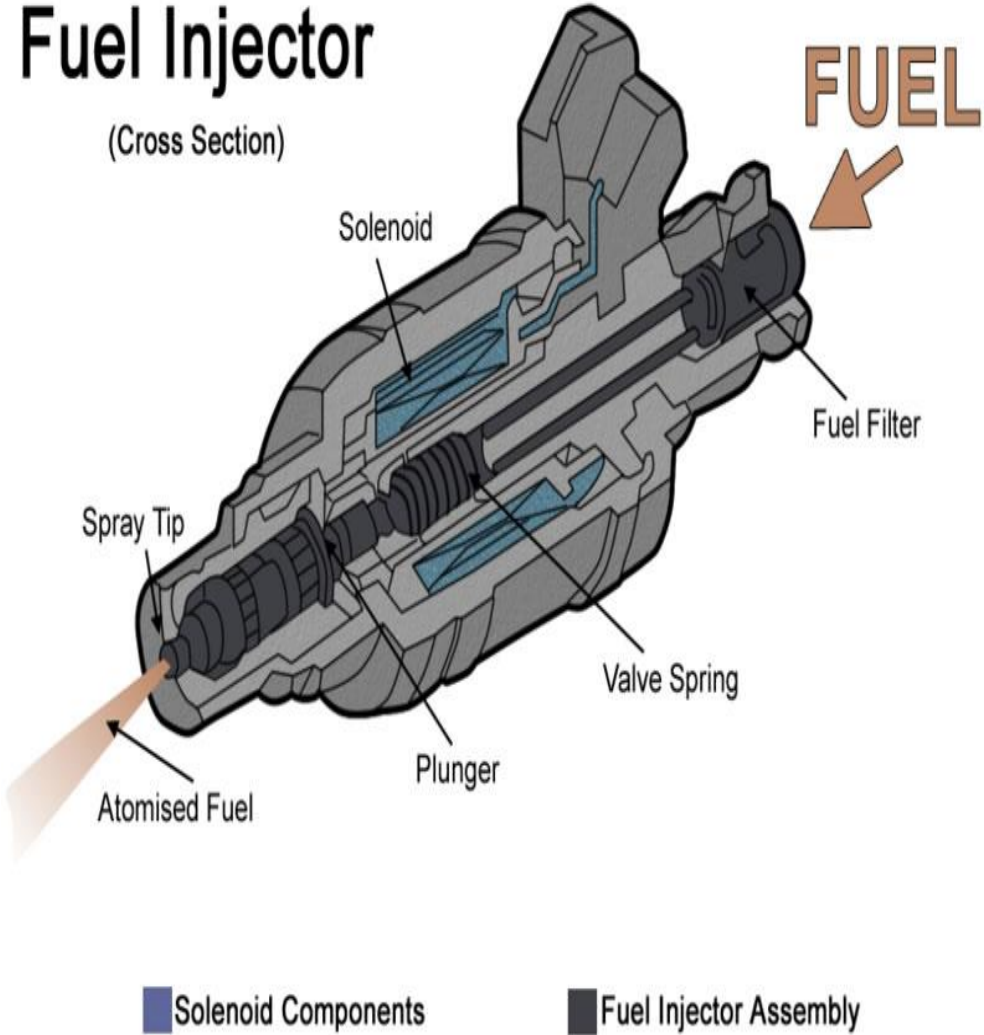
يمكن تصنيع سكة الوقود كما هو في الشكل 7 لمحركات البنزين من مادة بلاستيكية حرارية ذات مقاومة ميكانيكية أو حرارية أو كيميائية عالية أو من الفولاذ. يتم الحصول على ضغط التشغيل والحفاظ عليه من خلال منظم الضغط الذي يمكن دمجه في القضيب (أنظمة مجهزة بإعادة تدوير الوقود) أو في مضخة الوقود (أنظمة بدون إعادة تدوير). يعتمد تصميم السكك الحديدية على متطلبات التحكم في معدل التدفق الفوري. تم استخدام في في تصنيع عيادة حقن سكة وقود لسيارة مازدا ويمكن استخدام سكك اخرى وذلك يعتمد على نوع الحاقنات المستخدمة في عملية التنظيف.



الشكل 3.7: سكة الوقود

3.2.7 حاقن الوقود

حاقن الوقود كما هو في الشكل 3.5 ليس سوى صمام تحكم إلكتروني. يتم تزويده بالوقود المضغوط بواسطة مضخة الوقود في سيارتنا، وهو قادر على الفتح والإغلاق عدة مرات في الثانية.



الشكل 3.8: حاقن الوقود

تعمل الحاقنات عندما تغذي وحده التحكم. الحاقنات عبارة عن مفاعل كهرومغناطيسي وظيفته رش الوقود بشكل متتابع (الناضب) بالجهد الكهربائي يتكون مجال مغناطيسي في ملفه فينجذب ذراع الحاقن وترتفع الابرة مما يؤدي الى رش سائل التنظيف الخاص بالحاقنات وعندما يتوقف تغذية الحاقنات بالجهد يتوقف المجال المغناطيسي في الملف ويدفع زنبرك الاغلاق الابرة فترجع الى قاعدتها مما يؤدي الى توقف الرش.

3.2.8 ساعة ضغط

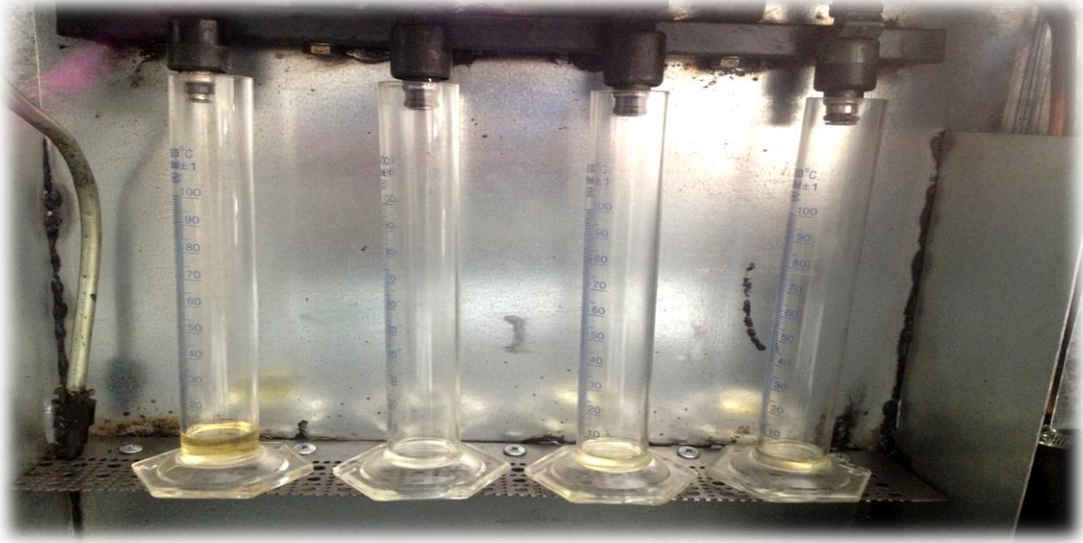
تعد مقاييس الضغط كما هي في الشكل 9 من بين الأدوات الأكثر استخدامًا في مختبر علمي . يتمثل أحد أهداف التصميم . الجيد الأدوات العملية في تثبيت مقاييس ضغط أقل . إذا كان المقياس يشير فقط إلى أن المضخة تعمل ، فلا داعي لها ، حيث يمكن للمرء أن يسمعها ويربها . إذا كان المقياس يشير إلى الضغط (أو انخفاض الضغط) في عملية الفحص ، فإن هذه في تصنيع عيادة حقن . المعلومات تكون ذات قيمة فقط إذا كان بإمكان المرء فعل شيء حيال ذلك (مثل تنظيف الحاقنات) تم استخدام ساعة ضغط تقيس من 0-100 بار ويتم تحكم في مقدار الضغط من خلال محبس يدوي يكون متصل قيل الساعة ويتم تحديد مقدار ضغط الي ستعمل عليه جعاز من خلال الحاقن الذي ساقوم بتنظيفه ويتم تحديد الضغط من برنامج الاوتودا .



الشكل 3.9: ساعة ضغط

3.2.9 اسطوانة مدرجة

الأسطوانات المدرجة كما هي في الشكل 10 هي قطعة رئيسية من المعدات في مختبر علمي قياسي، وهي ضرورية لقياس الأحجام السائلة في التجارب الروتينية. يناقش هذا الدرس الاسطوانات المدرجة ووظيفتها في التجريب.



الشكل 3.10: اسطوانات مدرجة

تعتبر الأسطوانة المترجة مكون رئيسي في ترسانة العالم، فغالبًا ما يضطر العلماء إلى استخدام كميات محددة من السائل لإجراء التجارب. نظرًا لأن هذه الكميات يجب أن تكون دقيقة، فمن المهم أن يكون لدى العالم طريقة لقياس الكميات الدقيقة. يتم استخدام الاسطوانة المدرجة لقياس كميات السوائل. يتم استخدام هذه القطعة من المعدات بشكل روتيني، على الرغم من أنها دقيقة بشكل معتدل مقارنة بالأدوات الأخرى، مثل القوارير الحجمية. تستخدم القوارير الحجمية عند الحاجة إلى الدقة المطلقة (الدقة).

تُستخدم الأسطوانات المدرجة أيضًا لتحديد الإزاحة، وهو قياس للتغير في حجم عند إضافة مواد إضافية إليه. وهذا يعني أنه يمكن تحديد حجم الأجسام الصلبة والحلول غير المائية (التي تنفجر إلى الماء) باستخدام أسطوانة مدرجة. أما في الماكينة (عيادة الحاقن)، يمكننا الحكم على حالة الحاقن من خلال كمية الوقود المحقونة في الأسطوانة ووقت تشغيل الحقن في كل مستوى من مستويات الاختبار.

الوحدة الرابعة

طريقة تشغيل الماكينة

4.1 الوصف

4.2 تنظيف حاقتات الوقود

4.2.1 كيفية عمل التنظيف بالموجات فوق الصوتية

4.2.2 كيفية اختبار الرش للحاقتات

4.3 وصف عملية التنظيف

4.3.1 اعتبارات النظافة

4.3.2 تغيير الانظمة الموجودة

4.4 المعدات

4.4.1 محولات الطاقة المغناطيسية

4.4.2 خزانات الموجات فوق الصوتية

4.4.3 منظم الضغط الكهربائي

4.5 الحل

4.6 التحكم في الحاقتات

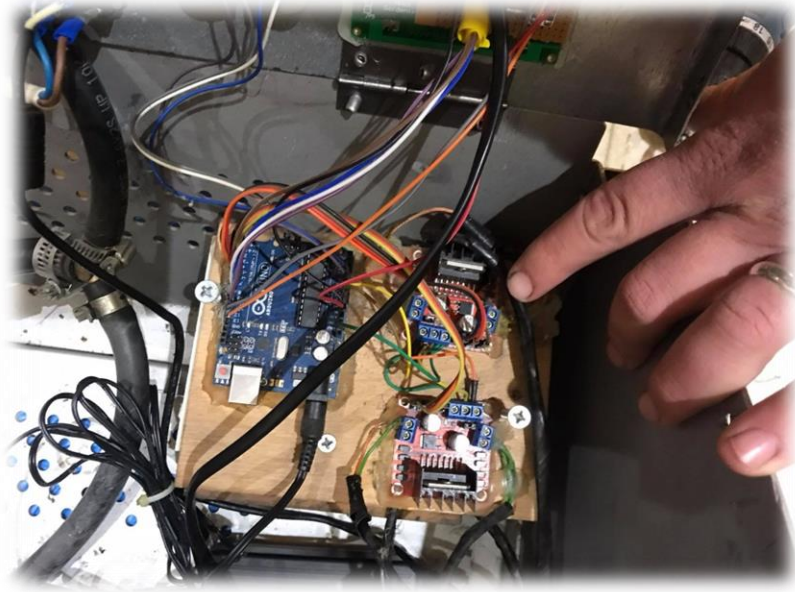
4.7 التحكم في الضاغط

4.8 التحكم في السرعة

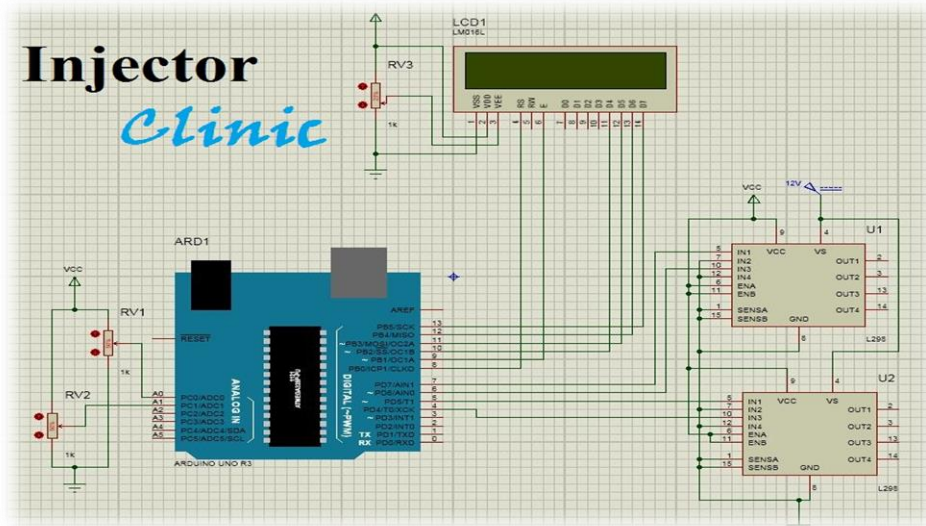
4.9 مقاييس فرق الجهد

4.1 الوصف

من خلال وحدة التحكم الإلكترونية هذه ، يمكننا التحكم في العديد من مكونات هذا المشروع ، كما يمكننا إنتاج نبضات كهربائية يمكننا من خلالها تشغيل الحاقن ، ويمكننا التحكم في التردد الذي يعمل عليه الحاقن ، للتحكم في عدد مرات فتحه وكذلك للتحكم في الدورة حتى نتمكن من التحكم في وقت فتح الحاقن حتى وقت الإغلاق.



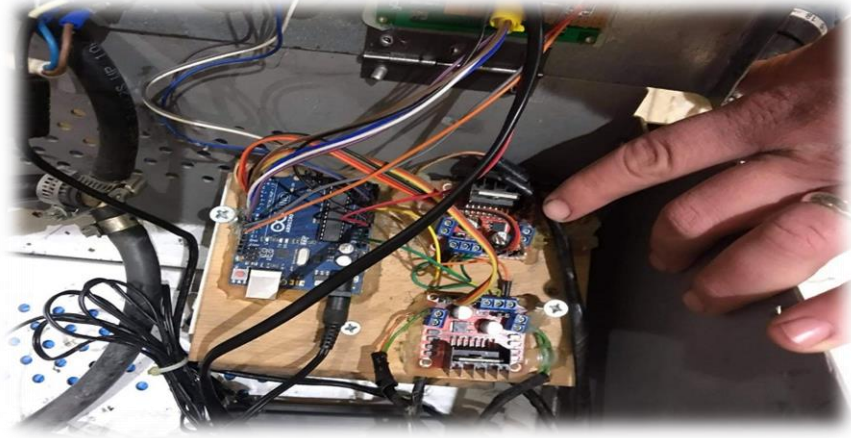
الشكل 4.1: وحدة التحكم الإلكترونية



الشكل 4.2: رسم تخطيط إلكتروني

أما بالنسبة لمولدات النبض عادةً ما تسمح مولدات النبض البسيطة بالتحكم في معدل تكرار النبض (التردد) ، وعرض النبض ، والتأخير فيما يتعلق بمشغل داخلي أو خارجي ، ومستويات الجهد العالي والمنخفض للنبضات. قد تسمح مولدات النبضات الأكثر تطوراً بالتحكم في وقت صعود النبضات ووقت هبوطها. تتوفر مولدات النبض لتوليد نبضات إخراج ذات عروض (مدة) تتراوح من دقائق إلى أقل من 1 بيكو ثانية. تعد مولدات النبض عمومًا مصادر جهد ، مع توفر مولدات

النبض الحالية الحقيقية فقط من عدد قليل من الموردين. قد تستخدم مولدات النبض التقنيات الرقمية أو التقنيات التناظرية أو مزيج من كلا التقنيتين لتشكيل نبضات الإخراج. على سبيل المثال ، يمكن التحكم رقميًا في معدل تكرار النبضة ومدتها ، ولكن يمكن تحديد سعة النبضة وأوقات الصعود والهبوط بواسطة الدوائر التناظرية في مرحلة الإخراج لمولد النبض. مع الضبط الصحيح ، يمكن لمولدات النبض أيضًا إنتاج موجة مربعة لدورة العمل بنسبة 50٪. مولدات النبض هي بشكل عام قناة واحدة توفر ترددًا وتأخيرًا وعرضًا وإخراجًا واحدًا.



الشكل 4.3: مولد نابض

4.2 تنظيف حاقيات الوقود

يتم غمر أطراف حاقتن الوقود في حمام فوق صوتي ، والذي يستخدم سائل تنظيف بالموجات فوق الصوتية للتنظيف صديق للبيئة لتنظيف حاقيات الوقود بعد ذلك يتم تشغيل نظام الموجات فوق الصوتية ، على تردد مناسب للسماح للطاقة فوق الصوتية بطرد أي جزيئات تتراكم داخل الحاقتن تستمر عملية التنظيف 20-30 دقيقة. يمكن لعيادة حقن إجراء اختبار التدفق قبل التنظيف بالموجات فوق صوتية وبعده ، ويسمح للمستخدم بمراقبة نمط رش حاقتن الوقود. تتطلب هذه الطريقة إزالة حاقيات الوقود من المحرك. وبعد انتهاء عملية التنظيف سيتوقف الجهاز عن العمل تلقائيًا

4.2.1 كيفية اختبار الرش للحاقيات

تتم عملية اختبار الرش بالخطوات التالية

- 1- التأكد من وجود احتياطات السلامة.
- 2- التأكد من إحتواء خزان الوقود على وقود كافٍ لإجراء الاختبار.
- 3- يتم التشغيل بمصدر 220 فولت / 50 هرتز.

- 4- وضع المحاقن المراد فحصها في المكان المخصص.
- 5- التأكد من وضع الأسطوانة في المكان المخصص.
- 6- تشغيل الجهاز من الزر الخاص بالتشغيل مولد النبضات الموجود خلف الجهاز.
- 7- القيام بعملية المعايرة لدورة العمل من خلال جهاز المحاكاة يتم معايرة rpm و Duty cycle .
- 8- القيام بتشغيل مضخة الوقود من خلال الزر المخصص لها والمميز باللون الأحمر الموضح بالشكل 4.4.
- 9- يتم التحكم في الضغط الذي يصل الى الجهاز عن طريق صمام يدوي . حيث يتم تحديد الضغط المراد تنظيف البخاخ عليه من خلال الرجوع الى برنامج الاتوداتا



الشكل 4.4: أزرار التشغيل

ومن خلال جهاز المحاكاة الموضح شكله في الشكل 4.5 أيضا يجب معايرة سرعة المحرك وبعد هذه الخطوة يجب ملاحظة تدفق الوقود من خلال الحقن للتأكد من أنها تتدفق جميعاً في حدود 2-3%. ثم يجب القيام بعملية مقارنة لكمية الوقود في كل اسطوانة مدرجة، يتم ادخالها بسرعات مختلفة ثم يتم إرجاع المحاقن إلى طاولة التدفق لإعادة اختبار جميع الوظائف



الشكل 4.5: وحدة التحكم 2×16 LCD

4.2.2 كيفية عمل التنظيف بالموجات فوق الصوتية

الطريقة والتعليمات التي يجب اتباعها عند التشغيل لمنظف بالموجات فوق الصوتية فهي على النحو التالي:

- 1- تنظيف الحاقن بالخارج بالبنزين أو سائل التنظيف قبل فتح الماكينة
- 2- التأكد من وجود احتياطات السلامة تماما كما في الحالة السابقة.
- 3- التأكد من وجود سائل التنظيف (التوسان) في المقلاة فوق الصوتية. وهو هبارة عن محلول قاعدي
- 4- وضع الحقن في وعاء بالموجات فوق الصوتية .
- 5- القيام بتشغيل الجهاز بالتردد المناسب .



الشكل 4.6: التنظيف بالموجات فوق الصوتية

- 6- يتم معايرة عملية التنظيف من خلال الاضرار الموجودة في الوحة الرئيسية قوة الموجات فوق الصوتية و تردد الموجات فوق الصوتية



الشكل 4.4: أزرار التشغيل

- 7- يترك الجهاز ليعمل لمدة من 10-20 دقيقة وبهذه الحالة يجب ملاحظة ظهور الفقاعات والأوساخ.
- 8- يتوقف الجهاز عن العمل تلقائياً.

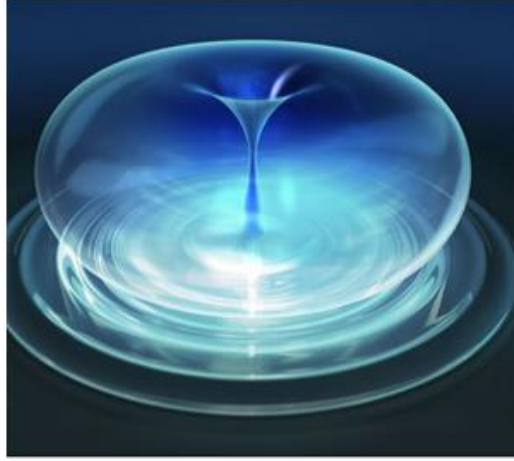
ان استخدام موجات صوتية عالية التردد (فوق النطاق العلوي للسمع البشري ، أو حوالي 18 كيلو هرتز) لإزالة مجموعة متنوعة من الملوثات من الأجزاء المغمورة في وسائط مائية. يمكن أن تكون الملوثات من الأوساخ والزيوت والشحوم ومركبات التلميع / التلميع وعوامل تحرير العفن ، على سبيل المثال لا الحصر. تشمل المواد التي يمكن تنظيفها المعادن والزجاج والسيراميك وما إلى ذلك.

التنظيف بالموجات فوق الصوتية قوي بما يكفي لإزالة الملوثات القاسية ، ولكنه لطيف بما يكفي لعدم إتلاف الركيزة. يوفر اختراقاً ممتازاً وتنظيفاً في أصغر الشقوق وبين الأجزاء المتقاربة بإحكام في خزان التنظيف. أصبح استخدام الموجات فوق الصوتية في التنظيف شائعاً يستخدم العديد من الشركات المصنعة والمعالجات السطحية الآن تقنيات التنظيف بالغمر بدلاً من إزالة الشحوم من البخار المذيبيات. يتيح استخدام الموجات فوق الصوتية تنظيف الأجزاء ذات الأشكال المعقدة بفعالية تتوافق مع تلك التي تم تحقيقها عن طريق إزالة الشحوم بالبخار. [6]

4.3 وصف عملية التنظيف

في عملية تسمى التجويف ، تتكون فقاعات بحجم ميكرون وتنمو بسبب تناوب موجات الضغط الإيجابية والسلبية في المحلول. تستمر الفقاعات المعرضة لموجات الضغط المتناوبة في النمو حتى تصل إلى حجم الرنين. فقط قبل انفجار الفقاعة (الشكل 29) ، هناك كمية هائلة من الطاقة المخزنة داخل الفقاعة نفسها. [6]

يمكن أن تكون درجة الحرارة داخل فقاعة التجويف عالية للغاية ، مع ضغوط تصل إلى 500 ضغط جوي. عندما يحدث الانفجار الداخلي بالقرب من سطح صلب ، فإنه يغير الفقاعة إلى نفاثة يبلغ حجمها حوالي عُشر حجم الفقاعة ، والتي تنتقل بسرعات تصل إلى 400 كم / ساعة باتجاه السطح الصلب. مع الجمع بين الضغط ودرجة الحرارة والسرعة ، تحرر الطائفة الملوثات من روابطها مع الركيزة. نظراً للحجم الصغير بطبيعته للطائفة والطاقة الكبيرة نسبياً ، فإن التنظيف بالموجات فوق الصوتية لديه القدرة على الوصول إلى الشقوق الصغيرة وإزالة التربة المحبوسة بشكل فعال للغاية.



الشكل 4.7: انفجار فقاعة

4.3.1 اعتبارات النظافة

في نظام التنظيف بالموجات فوق الصوتية المائي النموذجي ، فإن مرحلة (مراحل) التنظيف هي التي ستزيل الملوثات أو تخففها. تقوم مرحلة (مراحل) الشطف التالية بإزالة أي تربة مخلفة ومنظف متبقي ، ويزيل المجفف أي ماء شطف متبقي. عادة ما يتم تحديد العملية الإجمالية للنظام تجريبياً. معظم مصنعي معدات التنظيف الصناعية ذات السمعة الطيبة لديهم مختبر تطبيقات حيث من خلال عملية الخبرة والتجربة والخطأ ، يمكن تحديد عملية تنظيف مصممة بشكل صحيح لتلبية مستويات النظافة المحددة.

هناك العديد من الطرق للتحقق من النظافة. بعضها بسيط مثل اختبار كسر الماء من الجزء لمعرفة ما إذا تمت إزالة معظم الزيت. البعض الآخر معقد مثل مراقبة جودة السطح التي تستخدم تقنية انبعاث الإلكترون المحفزة بصرياً لقياس الأغشية الرقيقة للملوثات حتى مستوى Angstrom [7].



الشكل 4.8: الغمر في الماء

4.3.2 تغيير الانظمة الموجودة

في حالة وجود نظام حالي ، مثل محلول بخار أو خزان نقع ، يجب مراعاة عدة أشياء. قد يكون عمليًا ، وربما أكثر اقتصادا ، إعادة تجهيز الوحدة الموجودة من وحدة تستخدم مذيب عضوي إلى وحدة تستخدم منظف مائي. يمكن إضافة محولات الطاقة بالموجات فوق الصوتية إلى الخزان الموجود عن طريق قطع ثقب في الخزان ولحام محول (محولات) في ، أو ببساطة عن طريق إسقاط وحدة غير قابلة للغلق يتم وضعه في كوب Pyrex إذا تم وضعه في المحلول B ، والذي يتجوف في خزان فوق صوتي. تتوفر معلومات إضافية حول تكييف أنظمة إزالة الشحوم بالبخار لتنظيف الغمر بالموجات فوق الصوتية في مقالة "بدائل إزالة الشحوم بالبخار" في هذا الحجم.

4.4 المعدات

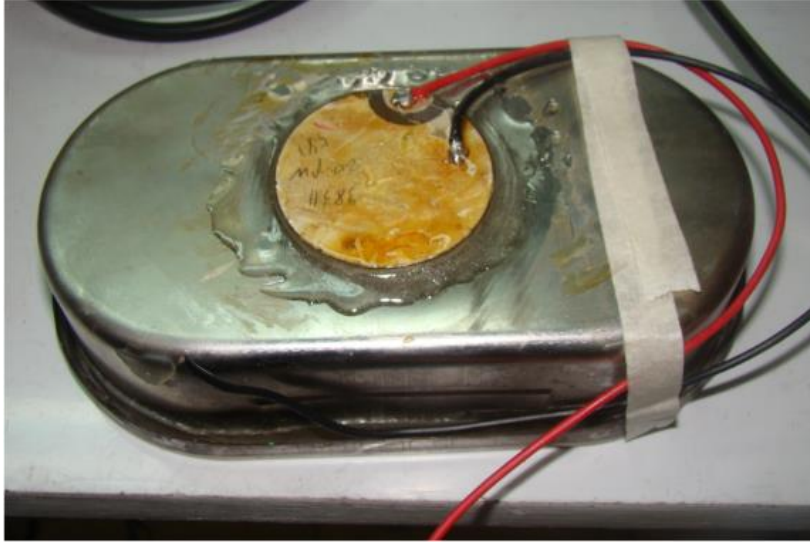
تشمل المكونات الأساسية لنظام التنظيف بالموجات فوق الصوتية مجموعة من محولات الطاقة فوق الصوتية المثبتة على الحجاب الحاجز المشع ، ومولد كهربائي ، وخزان مملوء بمحلول مائي. المكون الرئيسي هو محول الطاقة الذي يولد طاقة ميكانيكية عالية التردد. هناك نوعان من محولات الطاقة فوق الصوتية المستخدمة في الصناعة ، كهربائية ومقبض مغناطيسي. كلاهما لهما نفس الهدف الوظيفي ، لكن كلا النوعين لهما خصائص أداء مختلفة بشكل كبير.



الشكل 4.9: مركب على الحجاب الحاجز

4.4.1 محولات الطاقة المغناطيسية

معروفة بصلاية ومثانة التطبيقات الصناعية. تتكون محولات الطاقة المغناطيسية الخالية من الفضاء من صفائح من النيكل متصلة بإحكام مع ملف كهربائي يوضع فوق كومة النيكل. عندما يتدفق التيار عبر الملف فإنه يخلق مجالاً مغناطيسياً. هذا مماثل لتشويه البلورة كهروضغية عندما تتعرض للجهد. عندما يتم إرسال تيار متناوب من خلال الملف المغناطيسي ، تهتز المكس عند تردد التيار.



الشكل 4.10: الفضة ملحومة مباشرة إلى الحجاب الحاجز الرنان

الفضة ملحومة مباشرة إلى الحجاب الحاجز الرنان (الشكل 33). هذا له مزايا عديدة على السندات الايوكسي. يخلق النحاس الفضي مفصلاً معدنيًا صلبًا بين محول الطاقة والحجاب الحاجز الذي لن يخفف أبدًا. يربط النحاسي الفضي أيضًا بكفاءة محول الطاقة والحجاب الحاجز ، مما يزيل تأثير التخميد الذي تخلقه رابطة الإيوكسي. استخدام النيكل في المحولات يعني أنه لن يكون هناك تدهور في المحولات بمرور الوقت ؛ يحافظ النيكل على خصائصه المغناطيسية على مستوى ثابت طوال عمر الوحدة. توفر محولات الطاقة المغناطيسية أيضًا كتلة أكبر ، وهو عامل رئيسي في نقل الطاقة إلى المحلول في الخزان فوق الصوتي. تمتلك محولات الطاقة المغناطيسية ذات الفضاء صفر كتلة أكبر من محولات الطاقة كهروضغية ، لذا فهي تدفع طاقة أكبر إلى الخزان ، وهذا يجعلها أقل حساسية للحمل من الأنظمة كهروضغية. عادة ما يكون سمك الحجاب الحاجز المشع الذي يستخدم محولات الطاقة المغناطيسية في الفضاء صفرًا 5 مم (16/3 بوصة) أو أكبر في السماكة ، مما يلغي أي فرصة لتآكل التآكل من خلال التجويف. يمكن أن تدفع مداخن النيكل الثقيلة لوحة من هذا السمك ولا تزال تحصل على انتقال ممتاز لموجات الضغط في المحلول المائي. تتميز محولات الطاقة المغناطيسية بالنقاط التالية:

❖ إنها ملحومة من الفضة من أجل الترابط الدائم.

❖ توفر أداءً ثابتًا طوال عمر الوحدة مع عدم تدهور محولات الطاقة.

❖ تؤدي كثنتها العالية إلى طاقة عالية في الخزان وحساسية أقل للحمل.

❖ غشاءها السميكة يمنع تآكل التآكل

4.4.2 خزانات الموجات فوق الصوتية

يمكن تصنيعها بأي حجم تقريبًا. عادة ما يتم وضع المحولات في القاع أو على الجانبين ، أو في بعض الأحيان عندما تكون كثافة واط (واط لكل جالون) مصدر قلق. يمكن لحام المحولات مباشرة في الخزان ، أو يمكن وضع وحدات غير قابلة للماء بشكل مباشر في المحلول المائي. في بعض الحالات يتم وضع واحد غير قابل للغمر في الأعلى والآخر في الأسفل ، مع أقل مسافة بينهما. ثم يتم تشغيل الشريط عبر مجال الطاقة العالية جدًا. يجب أن يكون الخزان قويًا في البناء ، ويتراوح سمكه من 11 إلى 14. يجب أن تكون الخزانات الصناعية الأكبر حجمًا ، الثقيلة 11 إلى 12 قياس ، ويجب أن تحتوي على مقويات مناسبة للدعم بسبب وزن المحلول.

4.4.3 منظم الضغط كهربائي

وتثبيت الفولتية التي يستخدمها المعالج والعناصر Arduino تتمثل وظيفة منظم الجهد في التحكم في الجهد المعطى للوحة الأخرى. تتميز هذه الوحدة بسهولة توصيل وقيادة حاقن تيار مستمر أو حاقن متدرج يسمح لك بالتحكم بسهولة وبقوة في حاقنين يصل إلى 2 أمبير في كلا الاتجاهين أو حاقن خطوة واحدة.

4.5 الحل

الحل المستخدم في التنظيف بالموجات فوق الصوتية هو اعتبار مهم للغاية. تم استخدام مذبذبات مثل 1،1،1-ثلاثي كلورو إيثان وفريون بفعالية لسنوات عديدة ، مع وبدون الموجات فوق الصوتية. ومع ذلك ، مع ظهور بروتوكول مونتريال ، الذي يدعو إلى القضاء على المواد الرئيسية المستندة للأوزون بحلول عام 1996 ، تبحث الشركات عن طرق صديقة للبيئة لتنظيف أجزائها. يعمل المصنعون الكيميائيون على تطوير منتجات تلبي متطلبات عمليات التنظيف ، ومع ذلك فهي متوافقة مع صحة ورفاهية المجتمع.

كلما أمكن ، من الأفضل استخدام منظف مائي في عملية التنظيف بالموجات فوق الصوتية. الماء مذيب ممتاز وغير سام وغير قابل للاشتعال وصديق للبيئة. ومع ذلك ، قد يكون من الصعب والمكلف التخلص من المياه المتسخة. يمكن أن يكون الشطف والتجفيف صعبًا أيضًا دون استخدام المنظفات. يوجد توتر سطحي مرتفع في محاليل بدون منظفات ، مما يجعل الشطف صعبًا في المناطق التي يصعب الوصول إليها. لذلك يمكن إضافة المنظفات لتقليل التوتر السطحي وتوفير إجراءات الترطيب اللازمة لتخفيف رابطة الملوثات بالركيزة. كمكافأة إضافية ، تكون طاقة التجويف في محلول مائي أكثر كثافة من المذيب العضوي.

يوجد لدرجة حرارة المحلول تأثير عميق على فعالية التنظيف بالموجات فوق الصوتية. بشكل عام ، ستؤدي درجات الحرارة المرتفعة إلى شدة تجويف أعلى وتنظيف أفضل. ومع ذلك ، إذا اقتربت درجة الحرارة من درجة غليان المحلول ، فسيغلي السائل في مناطق الضغط السلبى للموجات الصوتية ، مما يقلل أو يلغي تجايف الماء بشكل أكثر فعالية عند حوالي 70 درجة مئوية (160 درجة فهرنهايت) ؛ ينظف محلول كاوي مائي بشكل أكثر فعالية عند حوالي 82 درجة مئوية (180 درجة فهرنهايت) بسبب زيادة فعالية المواد الكيميائية في درجة حرارة أعلى. يجب استخدام المذيبات عند درجات حرارة لا تقل عن 6 درجات مئوية (10 درجة فهرنهايت) أقل من درجة غليانها.

4.6 التحكم في الحاقنات

يتم التحكم الآلي في الجهاز من خلال المعالج الصغير المبرمج مسبقًا. وحدة التحكم الدقيقة (النابض) تعمل على تنشيط يقوم معالج بمعالجة المدخلات والمخرجات ، وتستخدم الملفات اللولبية للحاقن بالتسلسل ، ووفقًا لوضع التشغيل المحدد يتم كود البرنامج لإنشاء التحكم في العملية التنظيف، يتم تخزين الكود في ذاكرة قابلة للبرمجة في شريحة وحدة التحكم توصيل وحدة التحكم بشكل عملي بمفتاح الاختيار استجابةً لتشغيل المفتاح. حيث يتم تحويل الطاقة الكهربائية من 220 فولت إلى 12 فولت . يشتمل الجهاز على مقاعد لتلقي مجموعة من حاقنات الوقود ، والمفتاح لاختيار وضع الاختبار أو وضع التشغيل النظيف ، إلى الحاقنات duty Cycle يتم يحكم في نظام ضخ السوائل لتوفير تدفق من خلال.

4.7 التحكم في الضغط

تزود المضخة سائل تنظيف مضغوط إلى الموزع و يتم التحكم في الضغط الذي يصل الى الجهاز عن طريق صمام يدوي حيث يتم تحديد الضغط المراد تنظيف البخاخ عليه من خلال الرجوع الى برنامج الاتوداتا. ويختلف مقدار الضغط باختلاف السبارة وأيضا يوجد خط راجع يعمل على تقليل مقدار الضغط الوصل الى المضخة.



الشكل 4.11: التحكم في الضغط

4.8 التحكم في السرعة

يمكن ضبط سرعة الحاقنات عن طريق وحدة التحكم المتصلة التي تقوم بتشغيل وإيقاف الطاقة بسرعة كبيرة لضبط سرعة الحاقن. كلما زادت دورة عمل ، زادت سرعة الرش الحاقن.



الشكل 4.12: التحكم في السرعة

4.9 مقياس فرق الجهد

استخدمنا مقياسين للجهد ، الأول يسمح لنا بالتحكم في التردد الذي يتحكم في عدد مرات فتح الحاقن في الثانية ، ومن خلال الآخر يمكننا التحكم في دورة العمل ، لذلك سمح لنا هذا بالتحكم في وقت الفتح وقت الإغلاق.

مقياس الجهد هو مكون إلكتروني صغير الحجم يمكن تعديل مقاومته يدويًا. زيادة أو تقليل قيمة المقاومة يتحكم في كمية التيار المتدفق في الدائرة. يتم استخدام مقياس الجهد في العديد من الإلكترونيات ، على سبيل المثال: يستخدم كمقبض حجم في أنظمة الموسيقى ، كمنظمين للمروحة ، وما إلى ذلك. يحتوي مقياس الجهد على شريطين مصنوعين عليه مقاومين وموصلين. شريط المقاومة مصنوع من الكربون وهو مسؤول عن ميزة تباين مقاومة مقياس الجهد. يساعد الشريط الموصل مقياس الجهد على حمل التيار إلى الدائرة بواسطة المقاومة.



الشكل 4.13: مقياس فرق الجهد

الوحدة الخامسة

فحص واختبار الحقن

5.1 عمل حاقن الوقود

5.2 فحص مقاومة حاقن الوقود

5.3 مشاكل حاقنات الوقود

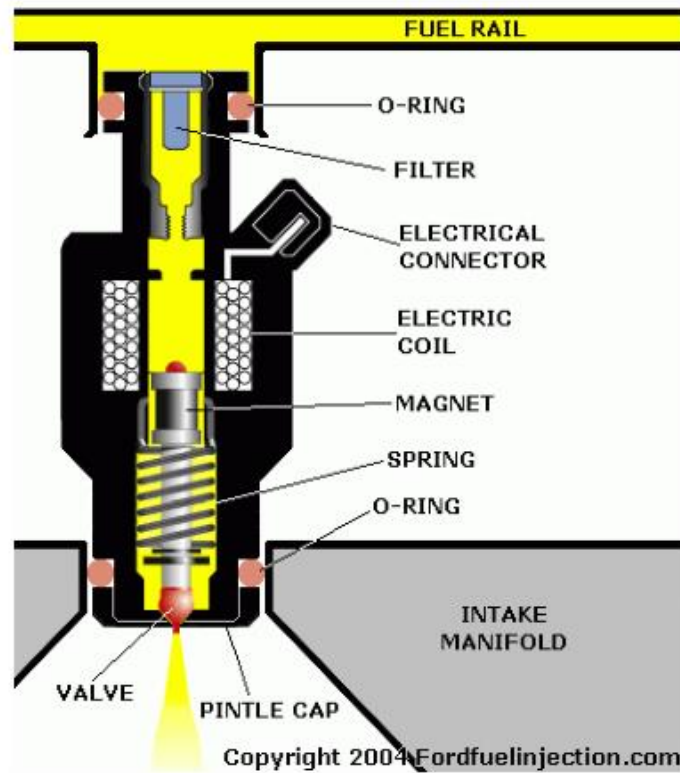
5.4 فحص اختبار الجهاز

5.5 فحص تدفق حاقن الوقود

5.6 توصيات

5.1 عمل حاقن الوقود

- ❖ عند تنشيط الحاقن ، يقوم مغناطيس كهربائي بتحريك مكبس يفتح الصمام ، مما يسمح للوقود المضغوط بالضغط من خلال فوهة صغيرة. تم تصميم الفوهة من أجل تفتيت الوقود لصنع رذاذ خفيف قدر الإمكان حتى يمكن حرقه بسهولة.
- ❖ يتم تحديد كمية الوقود المقدمة للمحرك من خلال مقدار الوقت الذي يظل فيه حاقن الوقود مفتوحًا. وهذا ما يسمى بعرض النبض ، ويتم التحكم فيه بواسطة وحدة التحكم الإلكترونية.
- ❖ يتم تركيب الحقن في مشعب السحب بحيث يقوم برش الوقود مباشرة على صمامات السحب. يقوم أنبوب يُدعى سكة الوقود بتزويد جميع الحاقنات بالوقود المضغوط.
- ❖ من أجل توفير الكمية المناسبة من الوقود ، تم تجهيز وحدة التحكم في المحرك بمجموعة كاملة من أجهزة الاستشعار.



الشكل 5.1: مكونات حاقن الوقود

5.2 فحص مقاومة حاقن الوقود

يجب أن يقدم كل حاقن وقود كمية متساوية من الوقود وإلا فإن المحرك سوف يكون خاملاً أو سيء الأداء. يتضمن اختبار التوازن الكهربائي قياس مقاومة لفائف الحاقن. للحصول على أفضل أداء للمحرك ، يجب أن تتمتع جميع الحقن بنفس المقاومة الكهربائية. لقياس المقاومة ، قم بتحرير ميزة قفل الموصل بعناية وإزالة الموصل من الحاقن. تحقق دائماً من معلومات الخدمة للحصول على المواصفات الدقيقة للسيارة التي يتم فحصها.

ملاحظة : تتطلب بعض المحركات إجراءات محددة للوصول إلى الحاقنات. اتبع دائماً الإجراءات الموصى بها من قبل الشركات المصنعة.

بقياس المقاومة ، قم بقياس المقاومة عبر أطراف المحقن. تأكد من استخدام ميزة أوم منخفضة في الأومتر الرقمي لتتمكن من القراءة في أعشار (0.1) أوم . اطرح حاقن القراءة الأدنى من الأعلى.

يجب أن تقتصر الاختلافات القصوى المقبولة على 0.3 إلى 0.4 أوم. يشير اختلاف أكبر في المقاومة إلى مشكلة محتملة. يجب إجراء المزيد من الاختبارات. يجب قياس مقاومة الحاقنات مرتين - مرة عندما يكون المحرك (والحاقنات) بارداً ومرة بعد وصول المحرك إلى درجة حرارة التشغيل العادية. إذا كان أي حاقن يقيس ما يقرب من 1.0 أوم يختلف عن الآخر ، فيجب استبداله بعد التأكد من أن أطراف الحاقن سليمة كهربائياً.



الشكل 5.2: فحص مقاومة حاقن الوقود

5.3 فشل/ مشاكل حاقنات الوقود

الفشل (1): إضافات الوقود غير المحروقة تتجمع على إبرة الحاقن والفتحة لتغيير حجم التدفق ، وتغيير نمط رذاذ الوقود. **سبب الفشل (1):** الاستخدام العادي للمركبة ونقص صيانة نظام الوقود ؛ بعد إغلاق المحرك "بالوعة الحرارة" مما يؤدي إلى ارتفاع درجات حرارة للوقود غير المحترق وإضافات الوقود المتبقية على الحاقن ؛ ارتفاع درجة حرارة المحرك (والحاقنات) من نظام التبريد الخاطئ ، توقيت المحرك غير المناسب ، الوقود الملوث ، أو كتان الوقود غير الصحيح ، تسرب الفراغ.

آثار الفشل (1): الافتقار إلى قوة المحرك ، أداء المحرك بطيء ، والاقتصاد لسيء في استهلاك الوقود ، وحاقن الوقود المتسرب ، وإمكانية ارتفاع درجة حرارة المحرك ، وتلف المستشعر ، والحاقن

الفشل (2): انسداد مرشحات الحاقن.

سبب فشل (2) جزيئات غريبة في خزانات الوقود أو خطوط الوقود أو سكك الوقود. تكون الجسيمات الأجنبية في جميع الحالات تقريبًا صدئة. يمكن جمع جزيئات الصدأ الأكبر داخل مرشح الحاقن أو فلتر الوقود وتقليل تدفق الوقود. قد تمر جزيئات الصدأ المجهرية أيضًا عبر مرشح الحاقن ، وتتسبب في تغيير نمط الرش ، وتغيير تدفق الوقود ، و / أو عدم إبرة الحقن بشكل صحيح. هذه مشكلة شائعة على المركبات التي ظلت دون مراقبة أو عانت من نقص في الصيانة الروتينية. فلتر وقود خزان الوقود غير صحيح ؛ الثقوب / التمزقات في فلتر وقود خزان الوقود ؛ انهيار / تدهور الجدار الداخلي لخط إمداد الوقود ؛ انهيار / تدهور الجدار الداخلي لخرطوم حاقن الوقود ، والصدأ في سكة الوقود.

آثار الفشل (2) تسرب حاقن الإبرة و تغيير نمط الرش ، و تغيير تدفق الوقود. نقص في قوة المحرك بسبب نقص الوقود ؛ احتمالية ارتفاع درجة حرارة المحرك

فشل (3) إبرة الحقن لا تستقر بالكامل على الفتحة.

سبب فشل (3) إضافات وقود على الإبرة أو الفوهة ، ضعف رجوع حاقن الزنبرك ، الصدأ / التآكل الداخلي لجسم الحاقن.

آثار الفشل (3) ... تسرب حاقن الوقود ، بعد تسرب الوقود الأسطوانة المصابة (مما تسبب في بدء التشغيل الصعب) ، ملء الأسطوانة المصابة بشكل مفرط مع الناتج تحت تغذية الأسطوانات المتبقية في نظام.

الفشل (4) تعطل / تآكل موصلات كهربائية خارجية.

سبب الفشل (4) سوء التعامل أثناء التثبيت / الإزالة / الاختبار ، تسرب الماء / الرطوبة بعد موصل قابس الحاقن ، عدم كفاية الصيانة للسيارة ، والتخزين غير المناسب.

آثار الفشل (4) عدم إطلاق النار ، أو إطلاق متقطع ، أو ضعف إطلاق الحاقن يرجع إلى ضعف الكهرباء ، وضعف أداء المحرك وضعف الاقتصاد في استهلاك الوقود. وينتج عن ذلك ارتفاع درجة حرارة المحرك ، وتلف الموصلية المحتملة للمحرك ، وإفراط في ملء الأسطوانات الأخرى حيث يقرأ المستشعر الفائض في العادم ويضبط "الأغنياء" لتعويضها

5.4 فحص اختبار الجهاز

لن يعمل المحرك في أفضل حالاته بدون خليط الهواء / الوقود المناسب. يعد نظام الوقود لمحرك حقن الوقود الذي يتم التحكم فيه عن طريق الكمبيوتر هذه المحركات الحديثة التي يتم حقنها بالوقود تحتوي على محاقن وقود تصبح "متسخة" مع الاستخدام.

يتم فحص التدفق للتأكد من أنها تتدفق جميعًا في حدود 2-3٪ من بعضها البعض. إذا اختلف معدل التدفق كثيرًا من حاقن إلى حاقن ، فسوف يتسبب المحرك في مشاكل في القدرة على القيادة. عندما تتسخ حاقنات الوقود ، سيكون هناك فقدان تدريجي لقدرة القيادة والطاقة. لن تتسخ جميع الحاقنات بنفس المعدل ، لذلك يمكن فقدان القدرة على القيادة بهذه الطريقة أيضًا.

التنظيف بالموجات فوق الصوتية

يتم تنظيف الحاقن بالخارج بالبنزين أو سائل التنظيف قبل فتح الماكينة ويجب التأكد من وجود احتياطات السلامة . التأكد من وجود سائل التنظيف(التوسان) في المقلاة فوق الصوتية . وضع الحقن في وعاء بالموجات فوق الصوتية . القيام بتشغيل الجهاز بالتردد المناسب .



الشكل 5.3: التنظيف بالموجات فوق الصوتية

يتم معايرة عملية التنظيف من خلال الأضرار الموجودة في الوحة الرئيسية قوة الموجات فوق الصوتية و تردد الموجات فوق الصوتية يترك الجهاز ليعمل لمدة من 10-20 دقيقة وبهذه الحالة يجب ملاحظة ظهور الفقاعات والأوساخ. يتوقف الجهاز عن العمل تلقائيا بعد انتهاء مدة التشغيل المحددة.

5.5 فحص تدفق حاقن الوقود

بعد انتهاء عمية التنظيف بالمواجب الفوق صوتية يتم وضع الحاقنات المراد فحصها في المكان المخصص يتم تشغيل الجهاز مع الاخذ بتعليمات لتشغيل "مولد النبضات بالزر الموجود خلف الجهاز وبعد ذلك يتم بتشغيل مضخة الوقود بينما " يمكن مراقبة تدفق الوقود و نمط الرش ويتم تحديد مقدار ضغط بالرجوع الى برنامج الاوتوداتا من الناحية المثالية ، سيتم بناء جميع حاقنات الوقود بنفس تفاوتات التدفق ، ولكن ذلك سيزيد من حجم حاقنات الوقود بشكل كبير. يتم الاحتفاظ بمعظم حاقنات الوقود على تباين +/- 2%. يجب دائما استبدال حاقنات الوقود كمجموعة ما لم تؤكد أن حجم تدفق حاقن الاستبدال ونمط الرش هو نفس الحاقنات الأصلية عن طريق اختبار التدفق على مقعد تدفق حاقن الوقود.

استخدام البنزين المشبع بالمنظفات لتنظيف حاقيات الوقود أثناء تشغيل المحرك. تحتوي بعض هذه المنتجات على تركيبات تساعد في حماية نظام الوقود من التأثيرات المسببة للتآكل للكبريت الموجود بشكل شائع في البنزين الحالي. يمكن أن تتسبب هذه الكبرينات الضارة في تآكل وحدة إرسال مستوى الوقود في الخزان وتتسبب في حدوث خلل في مقياس مستوى الوقود.

عندما تتدفق جميع حاقيات الوقود بالكمية الصحيحة من الوقود إلى كل أسطوانة ، سيكون أداء المحرك في أفضل حالاته لتزويد السيارة بأقصى قدر من الطاقة والاقتصاد في استهلاك الوقود. تعد صيانة وخدمة حاقتن الوقود جزءًا مهمًا جدًا من الصيانة المناسبة للمركبة. اختر طريقة تنظيف حاقتن الوقود التي تناسبك بشكل أفضل ، ولا تنس تغيير فلتر الوقود.



الشكل 5.4: فحص تدفق حاقتن الوقود

5.6 توصيات

تعتبر حاقيات الوقود مكونًا مهمًا جدًا للمركبات الحديثة. حيث يعملن على رش البنزين داخل لمحرك السيارة للاحتراق بالأكسجين، يعملن ذلك أيضًا بطريقة تمكن المحرك من استخدام البنزين بأكثر قدر ممكن من الكفاءة ، مما يوفر على المالكين المال من البنزين. هذا يمنح المركبات قدره على مش مسافة اكبر ، ويقلل أيضًا من التلوث الذي تنبعث من السيارة بالمقارنة مع التقنيات القديمة.

عندما يحدث خطأ ما في هذه التكنولوجيا المتطورة ، يمكن أن تشعر بالخوف. لقد قدم دليل جميع المعلومات التي يحتاجها مالكو المركبات من أجل أداء معلوماتهم الخاصة التشخيص حاقنات الوقود في سياراتهم. باستخدام المعلومات الواردة في هذا الدليل ، يجب أن يشعر القراء بالثقة بشأن تحديد و حل مشاكل حاقن الوقود في سياراتهم ، وتوفير قدر كبير من المال عن طريق أداء دور محترف الخدمة بأنفسهم.

المراجع

- [1] جيمس ر. كوسلو . Triangle Corp Miller Special Tools Div . 1985 .
- [2] <https://patents.google.com/patent/US5022364A/en>
- [3] <https://patents.google.com/patent/WO2000063552A1/en>
- [4] ديفيس ، مارلان (أكتوبر 2010). "ما تحتاج إلى معرفته عن حقن الوقود الميكانيكية". مجلة هوت رود.
- [5] من المحتمل أن يقوم محرك الحقن المباشر بتشغيل سيارتك التالية ". 2009 .HybridKingdom.com.
- [6] NASCAR تنتقل إلى حقن الوقود ، Bosch أول مورد معتمد ". 18-07-2011 .Auto Service World.
- [7] <https://patents.google.com/patent/KR101152570B1/en?q=F02M65%2f001&page=7>
- [8] <https://patents.google.com/patent/KR100750716B1/en?q=F02M65%2f001&page=7>

The Arduino code:

```
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(13,12,11,10,9,8);

int x,y;

const int e1=7,e2=6,e3=5,e4=4;

const int o1=3,o2=2,o3=1,o4=0;

void setup() {

  lcd.begin(16, 2);

  pinMode(0,OUTPUT);

  pinMode(1,OUTPUT);

  pinMode(2,OUTPUT);

  pinMode(3,OUTPUT);

  pinMode(4,OUTPUT);

  pinMode(5,OUTPUT);

  pinMode(6,OUTPUT);

  pinMode(7,OUTPUT);

}

void loop() {

  x=analogRead(A0)/10.23;
```

```

y=analogRead(A1)/10.23;

if (y<2)y=2;

if(x<2)x=2;

set_output(x,y);

}

void set_output(int f,int d){

long t= (500/f)+1;

long out_freq= (((2000/t)/3)*25-50)*1.10108;

long ton=d*t/100;

long toff=t-ton;

lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print("W=");

lcd.print(out_freq);

lcd.print("rpm");

if(out_freq<1000) lcd.print(" ");

else if(out_freq<100) lcd.print(" ");

else if(out_freq<10) lcd.print(" ");

lcd.setCursor(9, 0);

```

```
lcd.print(" D=");

lcd.print(d);

lcd.print("% ");

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print("Injector Clinic ");

if (out_freq>0){

digitalWrite(0,HIGH);

digitalWrite(1,HIGH);

digitalWrite(2,HIGH);

digitalWrite(3,HIGH);

digitalWrite(4,HIGH);

digitalWrite(5,HIGH);

digitalWrite(6,HIGH);

digitalWrite(7,HIGH);

delay(ton);

digitalWrite(0,LOW);

digitalWrite(1,LOW);

digitalWrite(2,LOW);

digitalWrite(3,LOW);

digitalWrite(4,LOW);

digitalWrite(5,LOW);
```

```
digitalWrite(6,LOW);
```

```
digitalWrite(7,LOW);
```

```
delay(toff);
```

```
}
```

```
}
```