بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

كلية التكنولوجيا

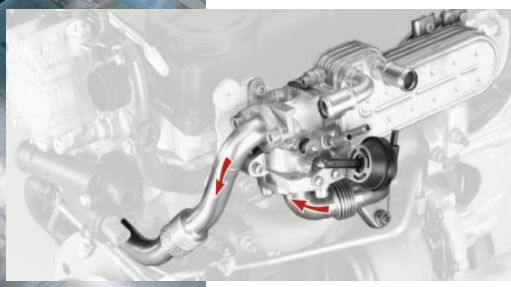
قسم الدراسات الهندسية

شعبة السيارات

بحث تكميلي: لنيل درجة الدبلوم التقني في هندسة السيارات

بعنوان :

حقن وقود الديزل بالتحكم الإلكتروني لمحرك TDI Common Rail



إعداد الطلاب :

- سليمان محمد سيدي احمد محمد
- كامل خليل ابراهيم خليل
- حسين احمد ارمين دمينة
- فادي ادم محمد ابراهيم

إشراف

الاستاذ :

الطيب حسن الشيخ

- فيصل سليمان ابراهيم بله
- فؤاد عثمان الحاج جارالنبي احمد

مايو 2015م

الْآيَةَ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿وَعَلَّمْنَاهُ صَنْعَةَ لَبُوسٍ لَّكُمْ لِتُحْصِنَكُم مِّن بَأْسِكُمْ ۖ فَهَلْ أَنتُمْ شَاكِرُونَ﴾

صدق الله العظيم
سورة الأنبياء
الْآيَةَ(80)

إهداء

إلىالآباءوالأمهات.

إلى الشموع التي تحترق لتضيء للآخرين

إلي كل من أضاء بعلمه عقل غيره

أو هدى بالجواب الصحيح حيرة سائليه

فأظهر بسماحته تواضع العلماء

وبرحابته سماحة العارفين

إلى كل من علمنا حرفاً

أصبح سنا برقه يضيء الطريق أمامنا

كلمة شكر وتقدير

الشكر لله عز وجل الذي أنار لنا الدرب، وفتح لنا أبواب العلم وأمدنا بالصبر والإرادة.
نتقدم بالثناء والتقدير إلى الأساتذة بجامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا قسم الهندسة الميكانيكية ، لكل ما قدموه لنا من مساعدة ومسانده مكنتنا من المضي بخطى ثابتة في مسيرتنا التعليمية .
كما نتقدم بالشكر والعرفان للأستاذ الطيب حسن الشيخ الذي اشرف علي أعداد هذا البحث بتوجيهاته ونصحه السديد .
كما نتقدم بجزيل الشكر إلى أساتذتنا أعضاء لجنة مناقشة البحث الموقرين .
والشكر كذلك لأساتذتنا بورشة السيارات جامعة السودان و المهندسين بشركة دال للسيارات وشركة السهم الذهبي لتعاونهم الصادق الذي لمسناه منهم أثناء جمعنا لمعلومات هذا البحث .
وختاما الشكر والأمتنان لكل الذين قدموا لنا يد العون لإنجاح هذا البحث .
وفق الله الجميع لما فيه خير الدنيا والآخرة ، إنه سميع مجيب ، وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين .

مستخلص البحث

لم تصبح محركات الديزل المسماة نظيفة على ما هي عليه اليــوم لولا الجهود التي بذلها المهندسون لتحسين المحركات.

ومن خلال بحثنا لنظام الـ TDi common rail وجدنا اهم مميـزات هذا النظام :

1- أقل معدل نوعي لإستهلاك الوقود .
2- أعلى قدرة للمحرك .
3- عادم خالي من الملوثات .
4- سلاسة عمل المحرك في جميع الظروف .
5- زيادة حساسية التحكم .
6- زيــادة إمكانيــة منظومــة الحقــن لمعالجــة المــؤثرات الخارجية .
7- التقليل من تآكل الأجزاء المتحركة وبالتالي زيــادة عمــر المحرك التشغيلي .

الفهرست

التسلسل	المحـــــــــــــــــــــتوي	رقم الصفحة
1	الآية	أ
2	الاهداء	ب
3	الشكر والتقدير	ج
4	مستخلص البحث	د
5	الفهرست	ه
	الفصل الاول	

6	(1-1)مقدمة البحث	1
7	(1-2)اهداف البحث	2
8	(1-3) منهج البحث	2
	الفصل الثاني	
9	(2-1)مقدمة	3
10	(2-2)تاريخ نظام حقن وقود الديزل ومراحل تطوره	4
11	(2-3) انواع انظمة حقن الديزل	7
12	(2-4) محركات الديزل الحديثة	12
13	(2-5) التقنيات الجديدة TDi common rail	13
14	(2-5-1) تأثير محركات TDi علي البيئة	13
15	(2-5-2) الخصائص الاساسية في محركات الـ TDi	14
16	(2-5-3) رفع كفاءة محرك السيارة للحصول علي قوة دفع اكبر	14
17	(2-5-4) استخدام الـ TDi Turbocharged Direct Injection	14
18	(2-5-5) وظيفة الـ ـ Common Rail	15
19	(2-5-6) الفرق بين محركات TDi-HDi-DCi	16
20	(2-5-7) الافضلية من ناحية الأداء والاستهلاك	16
	الفصل الثالث	
21	(3-1)مقدمة	18
22	(3-2) حقن وقود الديزل بتحكم الكتروني نظام الانبوب المشترك	19
23	(3-2-1)طريقة عمل نظام الحقن و الاجزاء الاساسية	21
24	(3-2-2) الاجزاء والمكونات الاساسية لنظام الانبوب المشترك	23
25	(3-2-3) اجزاء اضافية توجد في جميع انظمة الحقن	29
26	(3-2-4) مراحل ضغط الوقود	30
	الفصل الرابع	
27	(4-1)مقدمة	32
28	(4-2) الشاحن الجبري Turbocharger	33
29	(4-2-1) تاريخ التيربو	34
30	(4-2-2) تعريف التيربو	35
31	(4-2-3) فكرة عمل التيربو	35
32	(4-2-4) اجزاء التيربو	36
34	(4-2-5) مسار دخول الهواء وخروج العادم اثناء عمل الشاحن الجبري	36
35	(4-2-6) احجام وانواع التيربو	38

36	(4-2-7) مميزات وعيوب التيربو	40
37	(4-2-8) تصميم شاحن الهواء التيربو	40
38	(4-2-9) بعض الطرق لحماية المحرك من الاثار السلبية للتيربو	42
39	(4-2-10) تزييت وتبريد عنفات التيربو	44
40	(4-3) وحدة التحكم الالكتروني ECU	46
41	(4-3-1) تاريخ وحدة حاسب السيارة	46
42	(4-3-2) الغرض من اكتشاف وحدة التحكم الالكتروني ECU	46
43	(4-3-3) العناصر الاساسية لوحدة التحكم الالكتروني	47
44	(4-3-4) انظمة الربط بين اجهزة التحكم الالكتروني	48
45	(4-3-5) الاشارات التي تدخل الي عقل محرك السيارة الـ ECU	48
46	(4-3-6) مكونات وحدة التحكم الالكتروني ECU	49
47	(4-3-7) الحساسات Sensors	50
48	(4-3-8) انواع الحساسات التي تحتويها منظومة حقن الديزل بتحكم الكتروني	50
49	(4-3-9) المشغلات	51
50	(4-3-10) طريقة عمل المشغلات	51
51	(4-3-11) الاجزاء المكونة للمشغلات	51
52	(4-3-12) اهم جزء في مضخة حقن الديزل بالتحكم الالكتروني	52
53	(4-3-13) مميزات استخدام الـ ECU	52
54	(4-3-14) تركيب وحدة التحكم الالكتروني بالسيارة	52
55	(4-3-15) الاعطال الشائعة في وحدة التحكم الالكتروني(الكمبيوتر)	53
	الفصل الخامس	
56	(5-1) مقدمة	56
57	(5-2) اجهزة الفحص واختبار السيارة	57
58	(5-2-1) تاريخ اجهزة الفحص	57
59	(5-2-2) عملية فحص السيارة	58
60	(5-2-3) برامج اوامر التشغيل والصيانة	59
61	(5-2-4) طريقة استخدام اجهزة الفحص	59
62	(5-2-5) جهاز فحص السيارات Carman Scan الكورية	61
63	(5-3) اجهزة الفحص المساندة	62
64	(5-3-1) فحص رشاش النظام علي المحرك	63
65	(5-3-2) اجزاء الرشاش الخارجية	64
66	(5-3-3) تنظيف الرشاش	64

67	(5-3-4) ادوات لفك الرشاش	69
	الفصل السادس	
68	(6-1) التوصيات	73
69	(6-2) المصادر والمراجع	74
70	(6-3) الملاحق	75

الفصل الأول

- **مقدمة البحث**
- **اهداف البحث**
- **منهج البحث**

(1.1) مقدمــة البحث

حظي محرك الديزل بماضـي حافـل بالأحـداث التاريخيـة ، لأنـه شـكل العمود الفقري للصناعة الثقيلة الحديثة والنقل بعـد فـترة قصـيرة مـن اختراعه على يد المهندس الألماني (رودلف كريستيان كارل ديزل) في التسـعينات مـن القـرن العشـرين ، يعـد المحـرك مـن اهـم مكونـات السيارة ويعتبر من التطبيقات العملية لعلـم الـديناميكا الحراريـة حيـث أن هذا العلم يرتكز على تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية ، أستخدم العديد من محركات الديزل الحديثـة تقنيـة الأنبـوب المشـترك common rail الذي يمكن من خلالها الوصول إلى درجات عالية لضغط الوقود والتحكم في ضـخه ، فـالحقن الإلكـتروني للوقـود فـي السـيارة هوأحد التحديثات المهمة التي طرأت علـى أنظمـة السـيارة ، بـدأ هـذا النظام بالعمل في الخمسينيات من القرن العشرين أول ما ظهـر فـي الولايـات المتحـدة والغـرض مـن هـذا النظـام هـو تحقيـق أفضـل أداء للمحرك مع الاقتصـاديات المطلوبـة فـي صـرف الوقـود والتقليـل مـن أضرار نواتج الاحتراق على البيئة والنباتات ، ولقد تم اختراع رشاشـات الوقود للمحركات لكي يتم تقليل كمية الوقود الواصلة للمحرك وحـتى لا يتـم احـتراق كميـة وقـود زائـدة عـن حاجـة المحـرك ، ويوجـد أيضـا خراطيم ومواسير ترجع الوقود الزائد مـن المحـرك إلـي داخـل خـزان وقود السيارة من جديد في دائرة تعمل بشكل مستمر داخـل المحـرك طوال وقـت عمـل السـيارة وتحركهـا، والشـيء الـذي يفتقـده محـرك السيارة أثناء العمل هو كمية الهـواء اللازمـة للاحـتراق الكامـل للوقـود فمـع ارتفـاع درجـة حـرارة محـرك السـيارة أثنـاء العمـل يقـل الهـواء المندفع داخل محـرك السـيارة ممـا لا يسـاعد علـي الاحـتراق الكامـل للوقود داخل السيارة ويزيد من كمية أول أكسيد الكربون المنبعثة مـن المحرك وهو ما يضر بالبيئة بشكل رهيب وخطيـر وهـي مشـكلة يجـب حلهـا، فكميـة الأوكسـجين تعتمـد علـى كميـة الهـواء الموجـودة فـي الأسطوانة ، لذلك إذا أردنا الحصول على قوة أكبر مـن المحـرك علينـا القيام بإحراق كمية أكبر من الوقود داخل الأسطوانة ، وللحصول علـى ذلك علينا القيام بإدخال كمية أكبر من الهـواء إلـى داخـل الأسـطوانة ، وهذا بالضبط ما يقوم به شاحن الهـواء الجـبري Turbocharger والـذي يعمـل بالغـازات المنبعثـة مـن العـادم ، فنجـد ان مثلـث التطـور فـي السيارة تتلخص في الاتي :

1. التحكم في المحرك .
2. المحافظة علي البيئة .
3. راحة مستخدم السيارة .

طورت فلكسواجن تكنولوجيا TDi في محركتها للوصول إلى أقصى إسفاده من تقليل استهلاك الوقود وزيادة تحسين العادم لحمايـة البيئـة وتقليل أيضاً صوت المحرك .

(1.2) أهداف البحث

1. التعرف على مبادئ وأساسيات حقـن وقـود الـديزل بـالتحكم الإلكتروني .
2. التعرف علي أنواع حقن وقود الديزل وعلى مكونـات وأجـزاء نظام الـ Common Rail واهم مميزتها .
3. التعرف علي تحديث تقنية الـ TDi Common Rail .
4. التعرف على مبدأ عمل أنظمة وحدة التحكم الإلكتروني .
5. التعرف على خطوات صيانة ال ECU .
6. فحـص وتشـخيص الأعطـال المرتبطـة بنظـام حقـن الـديزل الإلكتروني .

(1.3) منهج البحث

المنهج العلمي

والمنهج الوصفي.

الفصل الثاني

- **تاريخ نظام حقن وقود الديزل ومراحل تطوره**
- **محركات الديزل الحديثة**
- **التقنيات الجديدة TDi common rail**

(2-1) مقدمة :

أنظمة حقن وقود الديزل تلعب دوراً رئيسياً في الحد من الانبعاثات ، فضلا عن تحقيق معايير الأداءات الأخرى بما في ذلك الاقتصاد في استهلاك الوقود والضوضاء وضغط الحقن وتحسين عزم الدوران .

ونظرا لارتفاع سعر البترول العالمي خلال السنوات الاخيرة ، واثناء حملة البحث عن الوقود الاقل والاكثر اقتصاداً في الاستهلاك مع توفير نفس القوة المطلوبة واكثر منها ايضا شهدت أنظمة حقن وقود الديزل تغييرات ضخمة ، في البداية اتجهت عملية تطوير انظمة حقن وقود الديزل الى النقل الثقيل ، وبعد نجاحه انتقلت الى النقل المتوسط والخفيف ، ومن ثم الى سيارات الركاب والسيارات الشخصية.

وقود الديزل له سمعة سيئة بوصفه وقود ملوّث ، ولكن حقن وقود الديزل بالتحكم الالكتروني الحديث ينتج بشكل ملحوظ تلوّثا أقل مما قبله حيث يمثل سخام الكربون وأكاسيد النيتروجين .

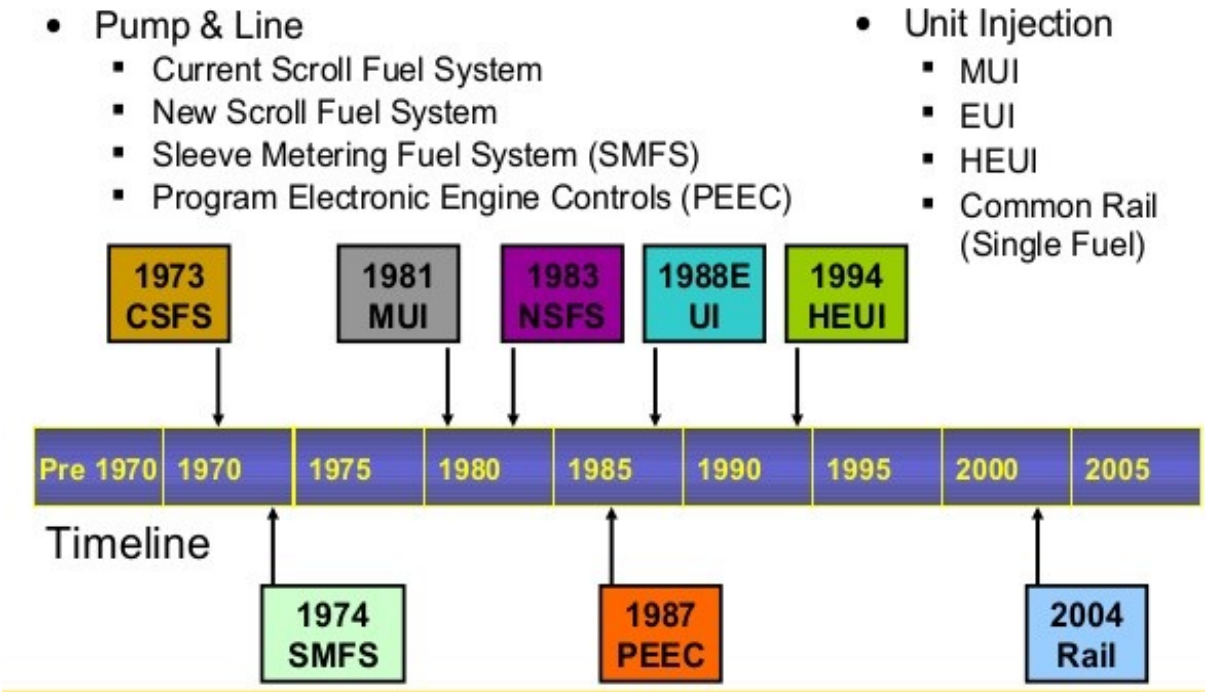
فضلا عن قلة استهلاك الوقود وهي بمثابة تطوير حديث نسبيا يسمح حقن الوقود الالكتروني ال TDi Common Rail بالموافقة الدقيقة لاعطاء الوقود مع نظام عمل وحمولة المحرك والاستجابة المرنة لتغيرات الظروف الخارجية ، ومن الايجابيات التي تقدمها منظومة حقن الوقود الالكتروني هي استقرارية عالية وتحكم بحقن الوقود وفق مواصفات معقدة .

(2-2) تاريخ نظام حقن وقود الديزل ومراحل تطوره

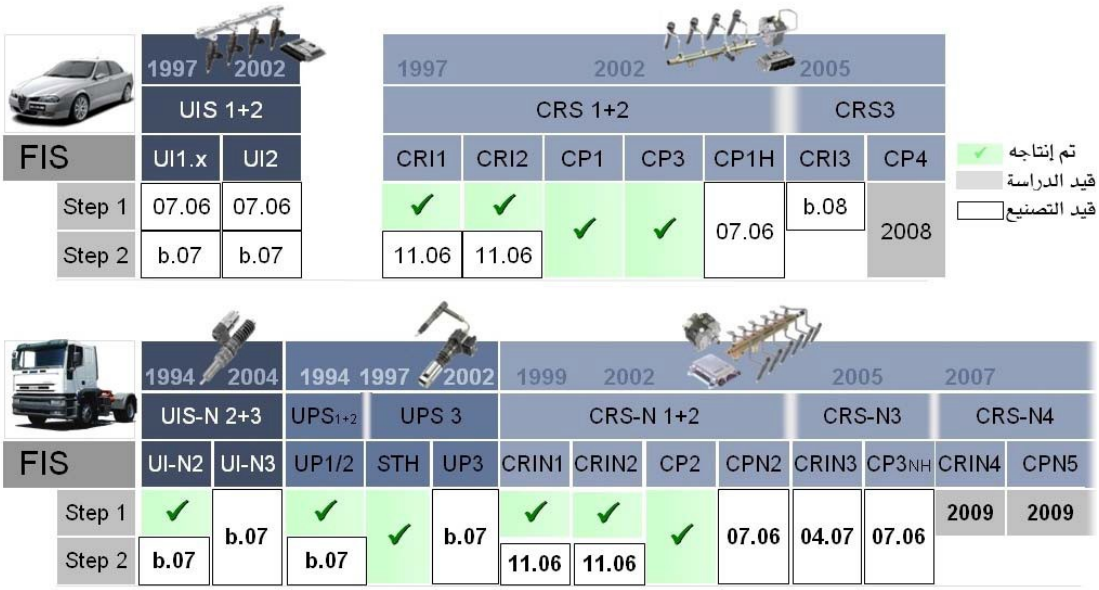
يعدّ عام (1912م) بداية للتجارب في مجال أنظمة حقن الوقود الإلكتروني فقد أجرت شركة (روبرت بوش) آنذاك تجاربها على أول المحركات ، والتي استخدمت في الطائرات ، إلا أن هذه التجارب لم تكن ذات وجود فعلي في عالم السيارات حتى عام 1952م ، عندما قامت شركة بوش بتركيب نظام حقن وقود في إحدى مركباتها .
وفي عام 1957م بدأ – فعلياً – تطور نظام الحقن الإلكتروني في أمريكا ، استخدم في سيارات السباق فقط ، وذلك لارتـفاع ثمنه ، وصعوبة الأنظمة الميكانيكية المستخدمة فيه ولكن شركة بوش استمرت بتطويرحقن وقود الديزل الالكتروني حتى عام 1968م ، حيث بدأ تنفيذه على سيارة فلكسواجن في عام 1970م وضعت الحكومة الأمريكية مواصفات ومقاييس للحد من تلوث البيئة حتى عام 1975م مع ظهور نظام التحكم إلالكتروني المصغر ليتحكم في نسبة مزج الوقود والهواء ، ليكون مطابقاً لمواصفات ومقاييس البيئة الأمريكية ، واستمر التطور حتى ظهر نظام تحكم إلكتروني (كمبيوتر) يتحكم في أنظمة عدة مثل نظام إدارة المحرك ، نظام صندوق السرعات الإلكتروني ، نظام التعليق الإلكتروني ، نظام الدفع الرباعي ، نظام الوسادة الهوائية ، ونظام الفرامل المانعة للانغلاق وغيرها من الأنظمة بالسيارة .
انتشر بشكل واسع عالمياً في السنوات الأخيرة استخدام منظومات حقن الديزل ذات التحكم الإلكتروني وتعرف ب Electronic DieselControl for common Rail .
في المحركات الخاصة بسيارات الركوب بحيث يمكن تحقيق أفضل أداء مع المحافظة على البيئة والاقتصاد في الوقود ، وذلك بفضل التطور التقني في التحكم بمنظومة حقن الديزل الذي بدأ عام 1993 ثم تطور بشكل سريع في السنوات التالية ليصبح الجيل الأول من هذا النظام عام 1997 النظام الأوسع في جميع السيارات الأوربية الفخمة كالفاروميو ومرسيدس بنز بضغط حقن يصل إلى 1350 بار محققاً نجاحاً كبيراً في التوافق بين عمل المحرك ومنظومة حقن الديزل بتحكم إلكتروني (EDC) لإمداد المحرك بوقود الديزل بضبط وتوقيت وزمن الحقن وشكل رذاذ الديزل بداخل غرفة الاحتراق بدقة متناهية ، واستمر التطور ففي عام 1999 تم إدخال النظام في محركات الشاحنات بضغط 1400 بار .

وفي عام 2001 أنتج الجيل الثاني وزود بها سيارات فولفو وبي ام دبليو بضغط 1600 بار. أعقبه عام 2002 للشاحنات شركة م.ا.ن (MAN) بضغط حقن 1600 بار.
وفي عام 2003 أنتج الجيل الثالث لسيارات أودي ذات محرك 6 أسطوانات بشكل حرف V وهذا النظام يعرف بـ Common Rail with rapid-switch piezo in Line injectors بنظام الخط المشترك مع تحول الجهد السريع في خط الرشاشات .

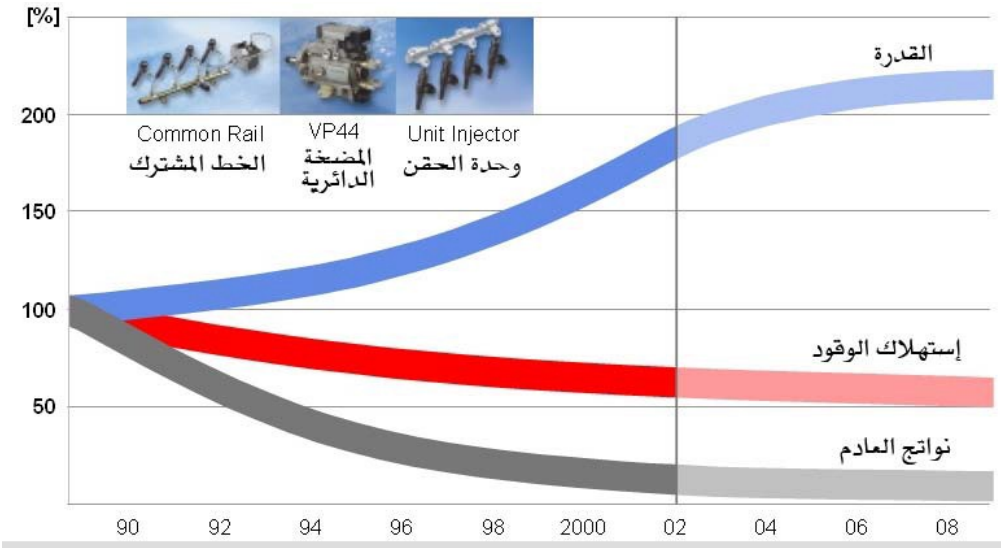
ومن المتوقع خلال السنوات القادمة أن يتطور هذا النظام إلى الجيل الرابع بوصول ضغط الحقن إلى 7000 بار تقريباً ومزيداً من التحسينات التي ستزيد من مزايا هذا النظام .



شكل (2-1) مراحل تطور حقن الديزل



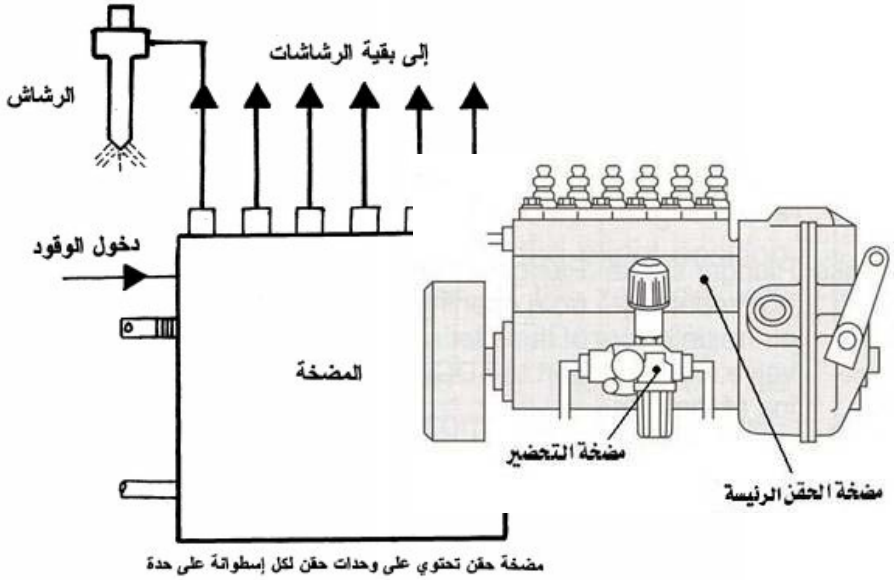
شكل (2-2) تطور أنظمة حقن الديزل ذات التحكم الإلكتروني



شكل (2-3) الرسم البياني لبيان التطور التقني الذي اثبت نجاح هذه الأنظمة في تحقيق متطلبات المواصفات العالمية من حيث تقليل نواتج العادم واستهلاك الوقود وزيادة قدرة المحركات .

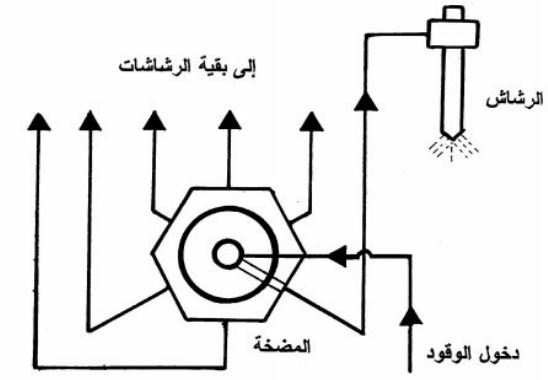
(2-3) أنواع أنظمة حقن الديزل

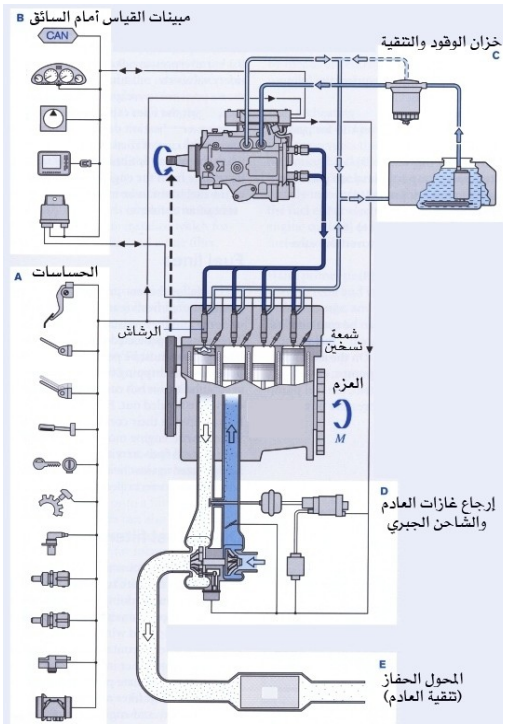
1. نظام حقن الديزل بمضخة مستقيمة In-Line pump system



شكل (2-4) مخطط لنظام حقن ديزل بمضخة مستقيمة

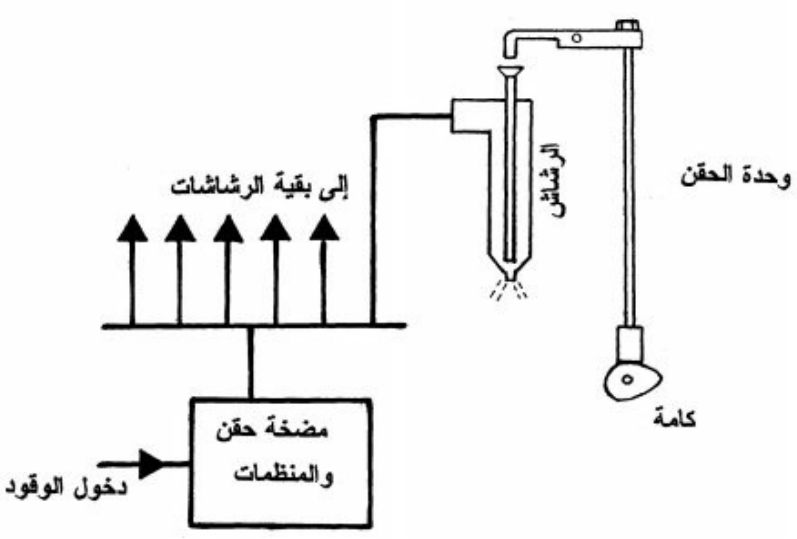
2. نظام حقن الديزل بمضخة دوارة The distributor pump system





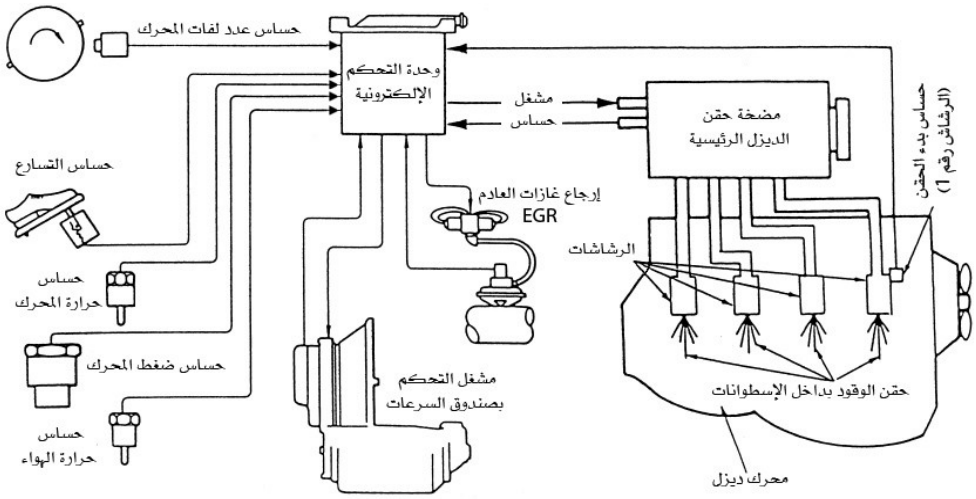
الشكلين (2-5) مخطط لنظام حقن ديزل بمضخة حقن دوارة

3. نظام حقن الديزل بوحدة حقن The unit injector fuel system



شكل (2-6) مخطط لنظام حقن ديزل بوحدة حقن مفصلة

4. انظمة حقن وقود الديزل بتحكم كهربائي كامل Electronic Diesel Control

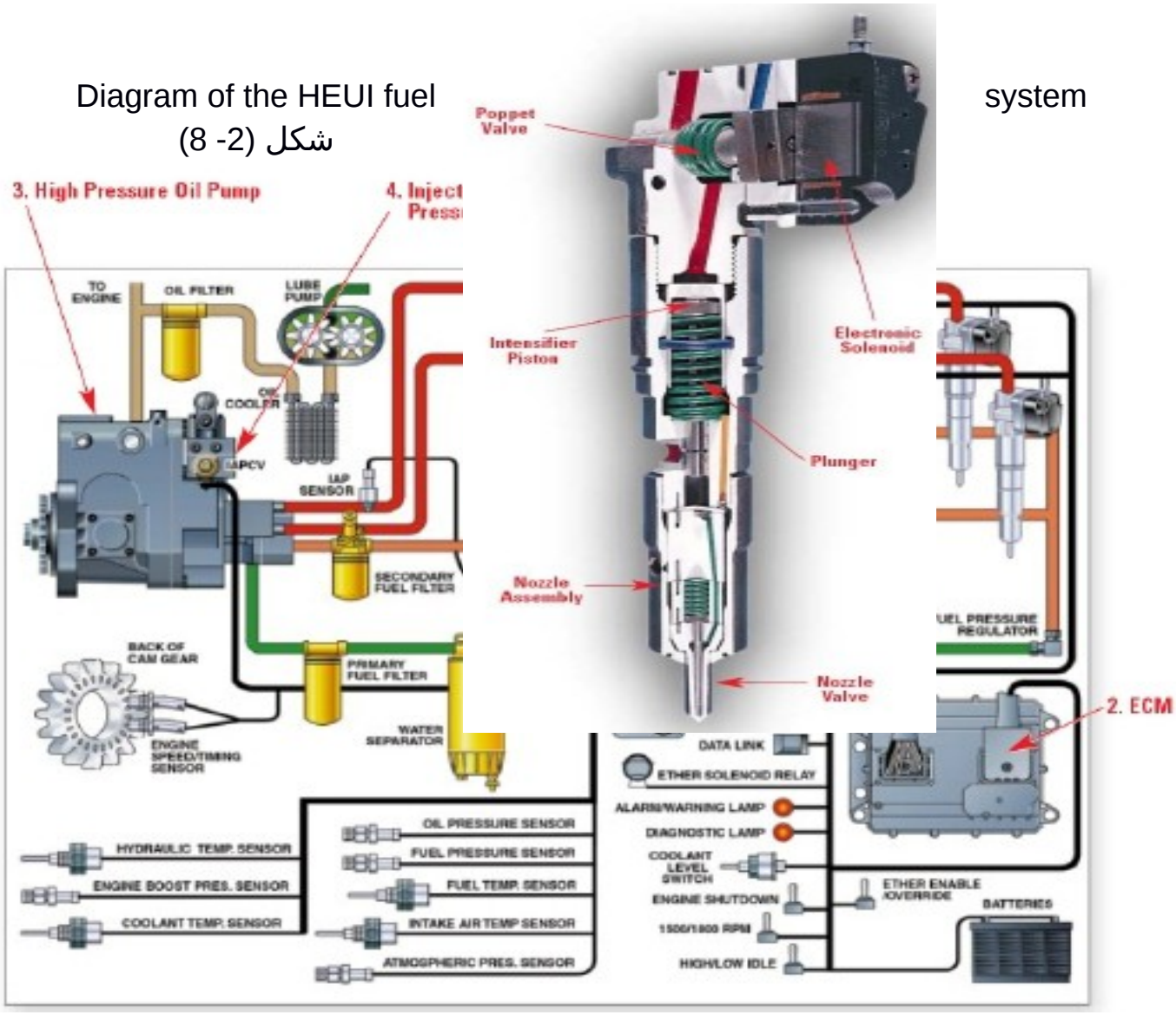


شكل (2-7) مخطط لنظام حقن ديزل بتحكم كهربائي

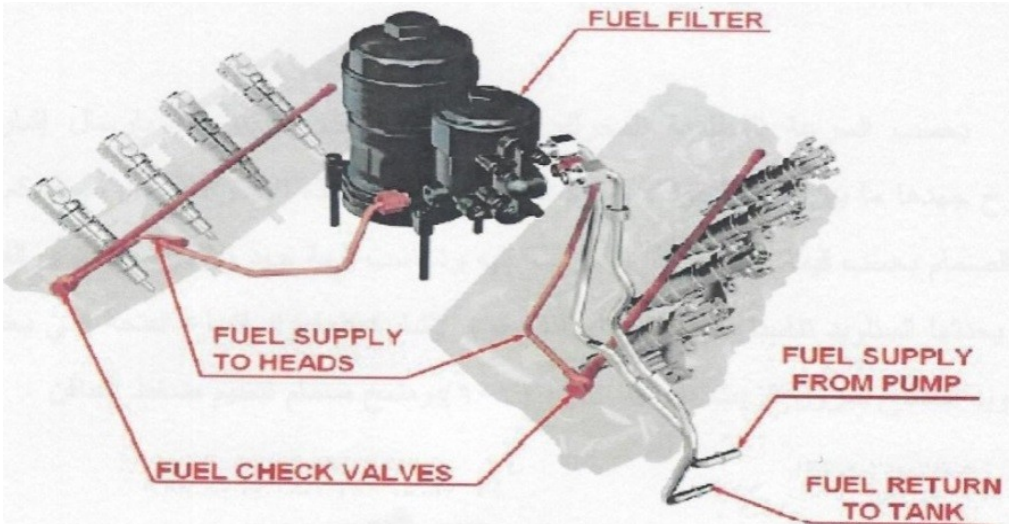
5. نظام حقن الديزل بخط مشترك HEUI

Diagram of the HEUI fuel system

شکل (2- 8)

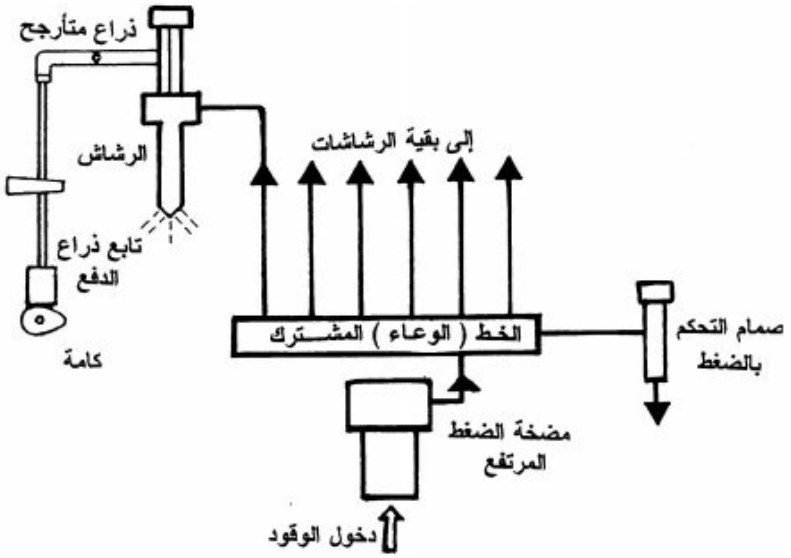


شكل (2-9) The HEUI injector



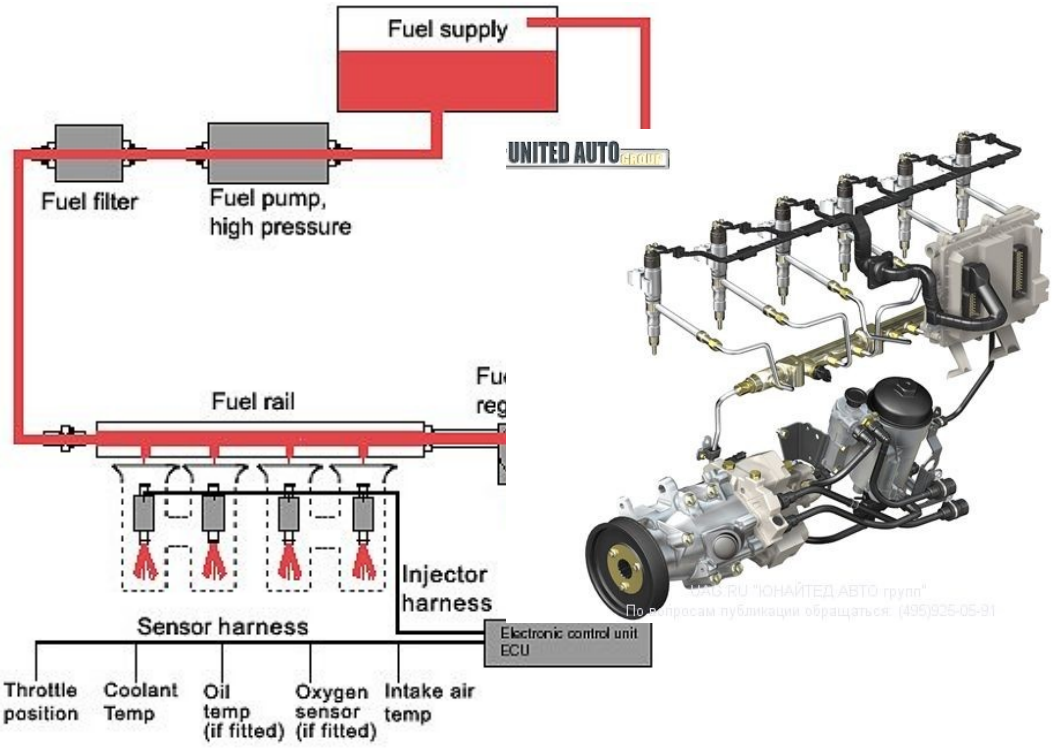
شكل (2-10) يوضح نظام دخول الوقود إلى الحواقن في تقنية HEUI.

6. نظام حقن الديزل بخط مشترك Common rail



شكل (2-11) مخطط لنظام حقن ديزل بخط مشترك

7. نظام حقن ديزل بخط مشترك تحكم الكتروني

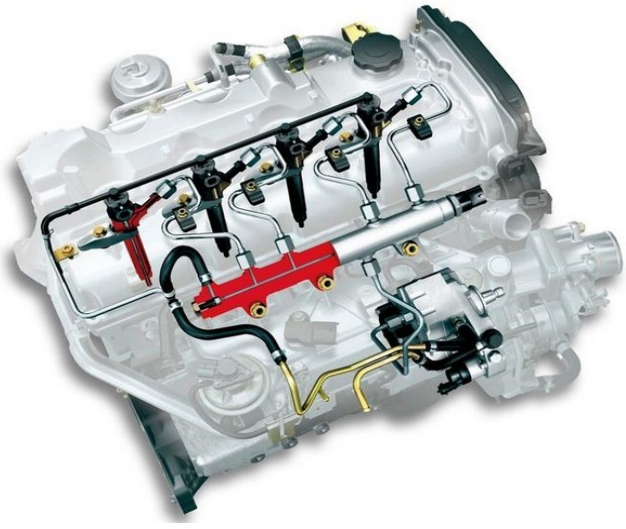


الشكلين (2-12) مخطط وأجزاء نظام حقن ديزل بخط مشترك تحكم إلكتروني

(2-4) محركات الديزل الحديثة

تعتمد محركات الديزل على مبدأ الاشتعال الذاتي بخلط الوقود والهواء إلا أن هذا الخليط تطبيقياً لا يشتعل حين يكون المحرك باردا مما يجعل محرك الديزل يحتاج رغم كونه محرك اشتعال ذاتي إلى شموع إشعال ، كما أن المحرك يحتاج لعملية تحريك عبر محرك كهربائي ويضخ الهواء فيه.

يستعمل في العديد من المحركات تقنية الخط المشترك common rail الذي يمكن من الوصول إلى درجات عالية من الضغط بالوقود والتحكم في ضخه في غرف احتراق المحرك وهو نظام موجود تقريبا في معظم المحركات ذات الضخ المباشر أي المحركات التي يتم مباشرة احتراق الوقود فيها بعد خروجه من المضخة على عكس أنظمة الضخ الغير المباشرة حيث تكون طريقة بناء غرفة الاحتراق والضخ بكيفية تجعل الخليط يختلط جيدا قبل الاحتراق حيث أن هذه التقنية لا لزوم لها في تقنية الضخ المباشر ، محركات الديزل الحديثة يتحكم فيها عن طريق حاسب إلكتروني مضمن في السيارة يقوم بالتحكم في كمية الوقود المحقون في غرف الاحتراق بالإضافة إلى التحكم في العديد من العمليات الأخرى ، ومن نماذج تلك العمليات الحساسات مثل حساس التدفق الهوائي ، يمكن التحكم في محركات الديزل من الوصول ات أفضل والحصول على قوة تهلاك أقل للديزل بالإضافة التحكم في نسبة الانبعاثات .



شكل (2-13) محرك الديزل الحديثة

(2-5) التقنيات الجديدة TDi common rail

أحدثت التكنولوجيا الدقيقة فى عالم الهندسة توفير أداء مبهر بطريقة ثورية جديدة واستطاعت أن تستفيد من نظام الـ Common Rail .
تعتبر المحركات التى تعمل بالديزل من أفضل المحركات اعتمادية و كفاءة فى وسط الشركات الأوروبية PSA وهو مركز الأبحاث المشترك .
نجد نظام injection بالضغط العالي common rail هذا النظام يختلف عن النظام التقليدي pump injection - direct injection and indirect - injection
يفضل تكنولوجيا common rail system كل الرشاشات المتصلة بمضخة الوقود بأنبوب واحد والنتيجة من هذا ان الوقود يصل الى غرفة الاحتراق على شكل قطيرات صغيرة ودقيقة وبهذه الطريقة يكون الاحتراق افضل ويقلل من البقايا الغير مرغوب بها والغير قابلة للاحتراق، هذه التقنية لها عيب وهي انها بأمس الحاجة يعني ضروري ولازم يكون هنالك جهاز الكرتوني يقوم بعدة امور حتى تتم العملية باكملها.
أسست شركة فلكسواجن عام 1937 م واول طراز انتجته الشركة كانت فلكسواجن بيتل (الخنفساء) التي حققت مبيعات هائلة في تلك الفترة .
حطمت فلكسواجن الرقم القياسي لأفضل سيارة إقتصادية في استهلاك الوقود بسيارتها باسات TDI بمحرّك الديزل عمل على تحطيم الرقم السائقين Wayne Gerdesو Bob Winger بتحقيق اقتصاد في إستهلاك الوقود بمعدّل 3.02 لتر لكل 100 كم مايعادل 78 ميل لكل جالون من وقود الديزل ، تم قيادة السيارة في الولايات المتحدّة بقطع مسافة 13,071 كم عبر 48 ولاية مختلفة وهذا يعني إنها قطعت جميع التضاريس والأجواء المختلفة الموجودة في الولايات المتحدّة ليختبرها السائقين بكل قدراتها أمام اعين محرّرين موسوعة جينيس العالمية.

(2-5-1) تأثير محركات TDi علي البيئة

فى نظام الـ TDiو مع استخدام تقنية Pilot injection يضمن احتراق ذو كفائة عالية وهذا يعنى إحتراق كامل للوقود وهذا بالطبع يقلل من نسبة العوادم .

بفضل هذه المحركات تم خفض نسبة ثاني أكسيد الكربون بنسبة 20% و الغازات الضارة بالأوزون بنسبة 50% مقارنة بمحركات الديزل العادية.

(2-5-2) الخصائص الأساسية فى محركات ال TDi

- تم خفض وزن المحرك بنسبة 12% بسبب استخدام مواد أخف فى الوزن
- تقليل نسبة احتكاك أجزاء المحرك
- **o** زيادة فى اعتمادية المحرك
- تقليل العوادم بنسبة كبيرة

(2-5-3) رفع كفاءة محرك السيارة للحصول على قوة دفع اكبر

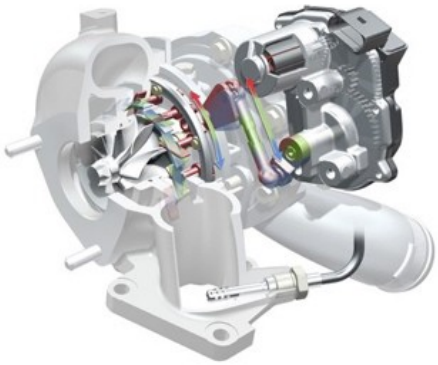
هناك العديد من العوامل التي يمكن من خلالها رفع كفاءة المحرك ويسعى منتجي السيارات لتعديل هذه المتغيرات للحصول على نتائج أفضل وهذه العوامل هي :

- زيادة الإزاحة
- زيادة نسبة الانضغاط
- تبريد الهواء الداخل للأسطوانة
- تسهيل مرور الهواء للأسطوانة
- تسهيل خروج العادم من الأسطوانة بعد الاحتراق
- صناعة السيارة من مواد خفيفة الوزن
- ضخ الوقود بنسب احتياج كل أسطوانة لتقليل الاستهلاك .

(2-5-4) إستخدام ال TDi

Turbocharged Direct Injection

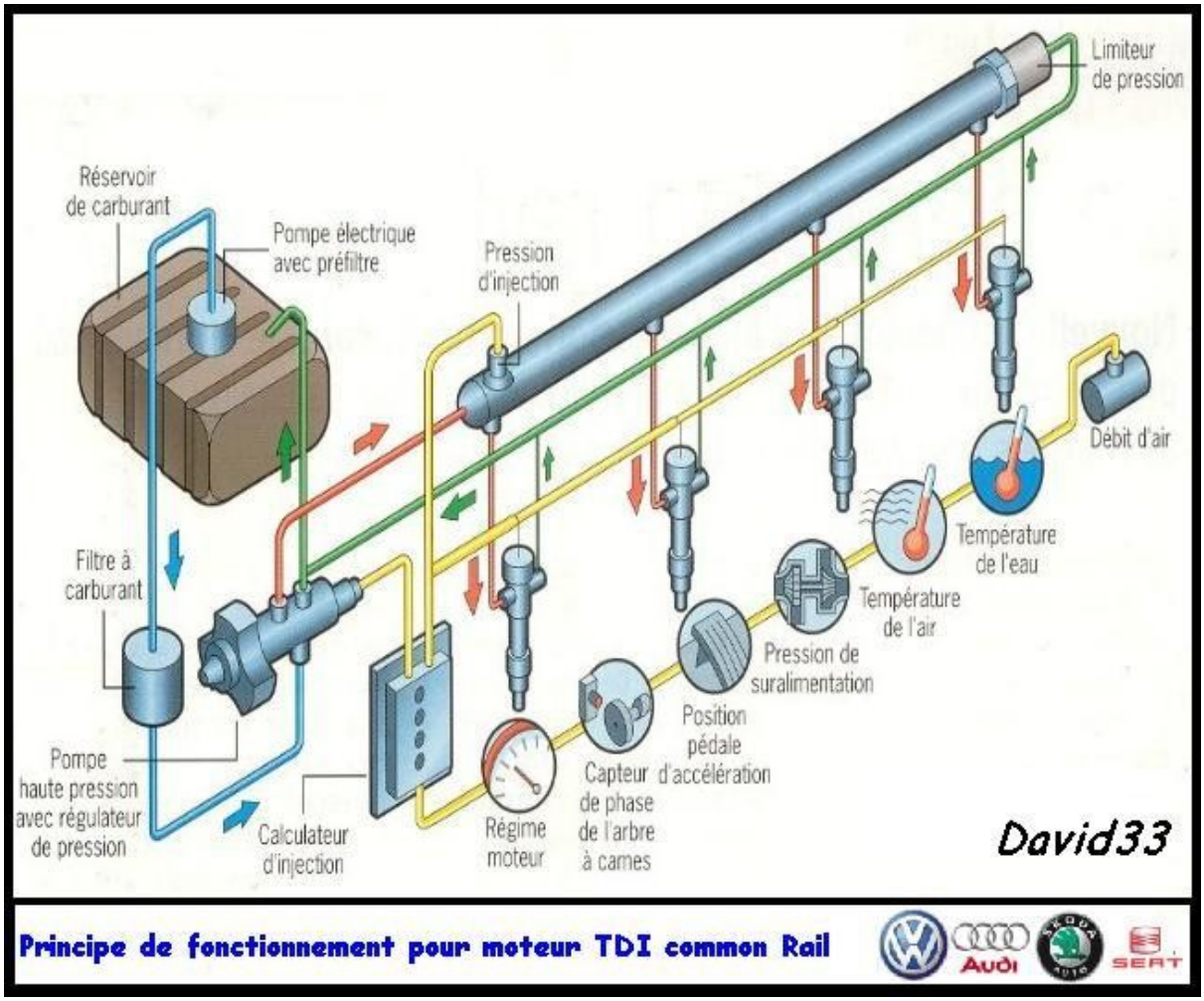
محركات الديزل تعتبر أقل فى القدرة من مثيلاتها محركات البنزين ولذلك زودت فلكسواجن بشواحن هوائية (تيربو تشارجر) يعمل على زيادة كمية الهواء التي تدخل إلى غرفة الاحتراق مما يؤدى إلى زيادة قوة الانضغاط ويولد قوة أكبر .
النتيجة النهائية من استعمال التيربو هو زيادة في العزم على السرعات المنخفضة و العالية و كذلك زيادة التسارع .
واحد من أهم مميزات محركات TDiهى العزم العالي المتولد عن طريق زيادة طول مشوار المكبس مع زيادة نسبة الانضغاطفى المحرك .



شكل (2-14) TDI Volkswagen

(2-5-5) وظيفة الـ Common Rail
الوظيفة الأولى: وهى توليد ضغط عالي و تخزين الوقود فى هذا الضغط المرتفع يصل إلى 1350 bar .
الوظيفة الثانية: وهى حقن الوقود داخل الأسطوانات حيث يوجد رشاش وقود لكل أسطوانة يتم التحكم فيه إلكترونياً ، وهى المهمة التى جعلت من هذه المحركات ناجحة .

يستخدم ال common rail نظام يسمي Pilot Injection وهو يقوم بحقن كمية صغيرة جداً من الوقود داخل غرفة الاحتراق وتساعد على تسخين غرفة الاحتراق قبل ان تصل كمية الوقود الأساسية للشوط الخاص بها.
يتم التحكم فى كمية الوقود عن طريق كمبيوتر مركزي يستطيع ان يجمع بيانات عن أداء المحرك و درجة حرارته والضغط الجوى وكذلك مكان بدال الوقود ويقوم بتحديد كمية الوقود بشكل دقيق مع التنظيم الدقيق لحقن الوقود وإستخدام مكونات أقل وزناً إستطاعت هذه التكنولوجيا من خفض الإحتكاك الميكانيكي مما أدى إلى إنخفاض الضجيج وأيضاً تحسن فى استهلاك الوقود وبالتالي تقليل العوادم.



الشكل (2-15) أجزاء TDI Common Rail

(2-5-6) الفرق بين محركات TDi.HDi. DCi

- Tdi هى فئة من محركا ت ديزل خاصة بشركة فلكسواجن(volkswagen) و Tdiهي اختصار لجملة (Turbocharged Direct Injection)

- Hdiهي فئة من محركات ديزل خاصة بشركة بيجو (puget) و HDiهي اختصار لجملة(High Pressure Direct Injection)

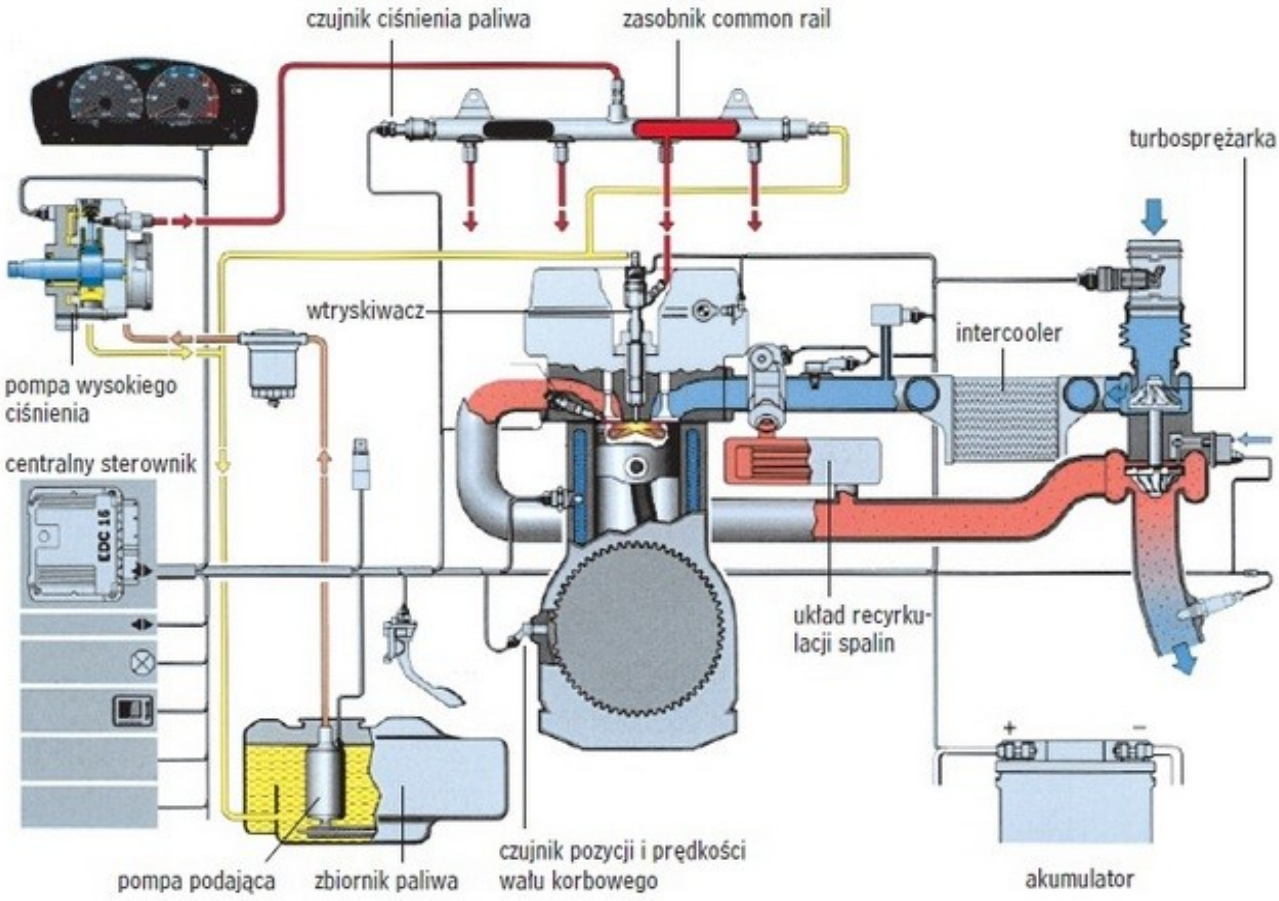
- Dciهي فئة من محركات ديزل خاصة بشركة رونو(renault) و DCi هي اختصار لجملة (dieselcommonrail injection) اما من ناحية الفرق بينهم نستطيع ان نقول انه لا يوجد فرق أساسي بينهم من الناحية التقنية فهي محركات حديثة تتميز بصوتها المنخفض وأدائها العالي كما لديها الكثير من القواسم المشتركة مثل نظام الحقن المباشر(Injection Direct) التيربو (turbo) ومضخة الضغط العالي (High pressure pump) والحواقن الإلكتروني injectors electronic وحاسب الحقن أو الذاكرة (calculator injection) .

من ناحية المبدأ تقريبا لايوجد أي اختلاف أساسي سوى بعض الاختلافات الثانوية مثل المواد المستعملة وعدد الصمامات ووضعية الأجزاء والأغطية.

(2-5-7) الأفضلية من ناحية الأداء والاستهلاك

- اما من ناحية الأداء يبقى الصانع الألماني بفضل TDi سيد الأداء بلا منازع ثم يليه HDi ثم DCi التي كان فيها الكثير من المشاكل والإعطاب في المضخة والحواقن لكن الصانع رونو سرعان ما فطن ووضع حلول سريعة قضت علي هذه الإعطاب وجعلت المحرك يعود إلى الطليعة من جديد.
- اما منناحية الاستهلاك فهي تقريبا متكافئة مع تفوق طفيف لمحركات TDi الجديدة التي لها فعالية استثنائية في توفير الوقود حيث ان محرك TDi بقوة 110 حصان يكتفي باستهلاك 4.5 لتر اي 119 غرام من ثاني اكسيد الكربون لكل 100 كيلو متر وهذا يمثل تخفيض 0.6 لتر من استهلاك الوقود ، وكذلك الطراز المزود بقوة 140 حصان يتطلب فقط 4.9 من الديزل 129غرام من ثاني أكسيد الكربون لكل 100 كيلو متر أي بمقدار 0.6لتر.

الشكل (2-16) محرك فلكسواجن TDI



الشكل (2-17) مخطط VolkswagenTDi Common Rail

الفصل الثالث

- **حقن وقود الديزل بتحكم إلكتروني نظام الأنبوب المشترك**

(3-1) مقدمة :

ظهرت منظومة حقن وقود الديزل بتحكم إلكتروني نظام الأنبوب المشترك والتي كانت الغاية الاساسية لها هي توفير الطاقة اللازمة وتقليل الهدر والملوثات التي كان يتميز بها وقودالديزل.

فنجـد ان نظـام انبـوب الضـغط المشـترك يخـزن كميـة ثابتـة مـن الوقـود بضـغط عـالي فـي انبـوب الضـغط ثـم يتـم توزيعهـا الـي الاسطوانات حسب ترتيب الاشتعال ولكن بامر من وحدة التحكـم الاكتروني التي تتلقي عدد من المدخلات من الحساسـات لحسـاب جميع المتغيرات المحيطة بالمحرك من زيادة السـرعة الـي درجـة الحرارة الي الحمولة وهو نظام فاعل وله العديد من المزايا اهمهـا زيادة القوة وعزم الدوران وتحسين الاقتصاد في اسـتهلاك الوقـود وصديقة للبيئة و نظافة انبعاثات العادم وخفـض ضـجيج المحـرك ، يتكون هذا النظام من دورتيـن دورة الضـغط المنخفـض و الضـغط العالي .

(3-2) حقن وقود الديزل بتحكم إلكتروني نظام الأنبوب المشترك

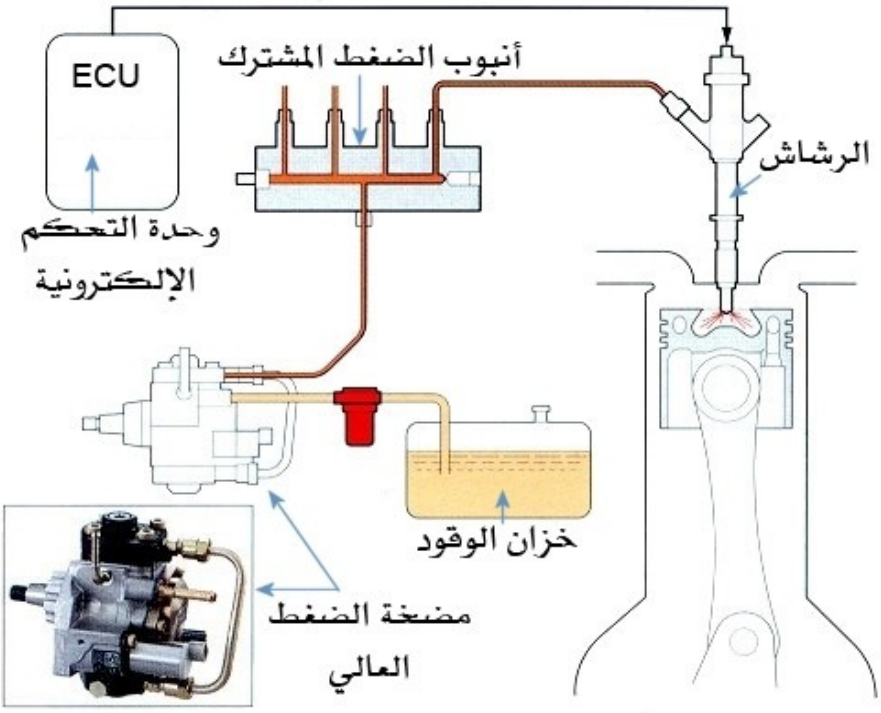
في السيارات القديمة التي تعمل بالديزل كان يستخدم مضخة توزيع للوقود distributor - type injection pump تعمل بتزامن مع المحرك و تضخ الديزل إلى رشاشات وهي عبارة عن فتحات صغيرة Nozzles إلى غرفة الاحتراق .

فى نظام ال Common Rail تم الاستغناء عن هذه الطلمبة وتركيب طلمبة ضغط عالى يبقى خزان الوقود فى ضغط عالي

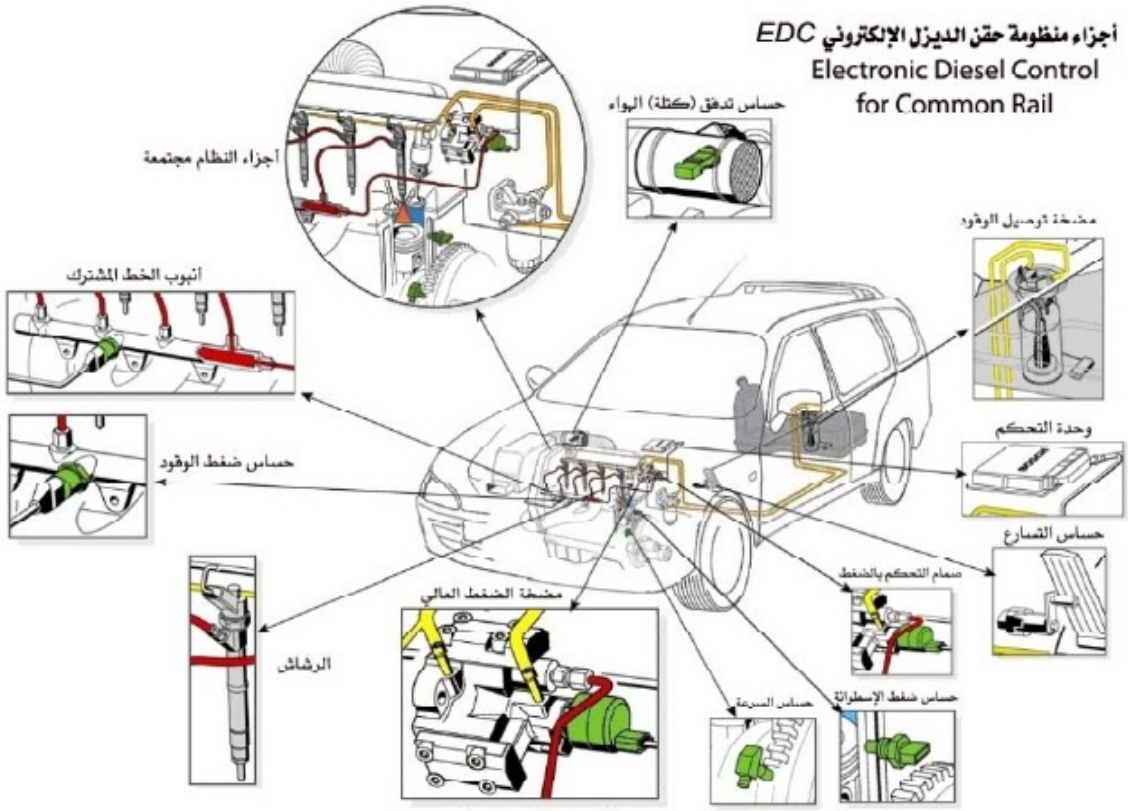
وهذا النظام يعمل عن طريق كمبيوتر مركزي يتحكم فى كمية الوقود ويتحكم في الرشاشات على كل سلندر.

توقيت زمن الحقن وشكل رزاز الديزل بداخل غرفة الاحتراق بدقة متناهية حيث يحقق من ذلك :

1. التقليل من انبعاثات غازات ودخان العادم بشكل مناسب للمقاييس العالمية 20% تقريباً.
2. ضوضاء أقل في دوران المحرك وعمل أجزاء منظومة الحقن Db3 (ديسبل) تقريباً.
3. القدرة المستفادة من المحرك كبيرة بالنسبة للمحركات التي تستخدم نظام حقن تقليدي 5% تقريباً.
4. استهلاك أقل للوقود في جميع مراحل التشغيل وذلك بالتحكم الدقيق في توقيت وكمية الحقن بنسبة أقل من نظام الحقن التقليدي 3% تقريباً.
5. ضغوط عالية تصل إلى 1600 بار تقريباً عند دوران منخفض لتحسين شكل انتشار الوقود بداخل غرفة الاحتراق مما يساهم في نجاح عملية الاحتراق بشكل مثالي.



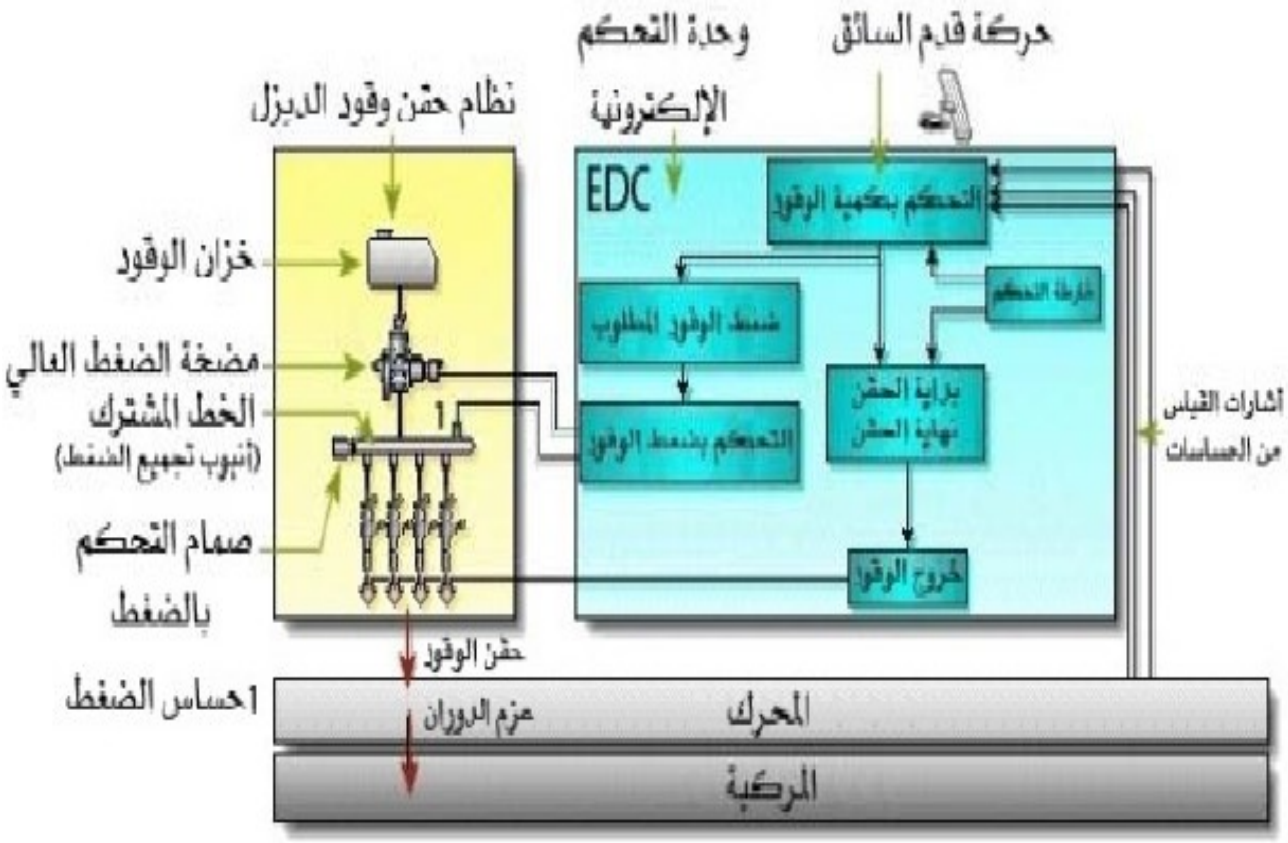
الشكل (3-1) يبين شكل تقريبي اجزاء منظومة حقن الديزل EDC for CR



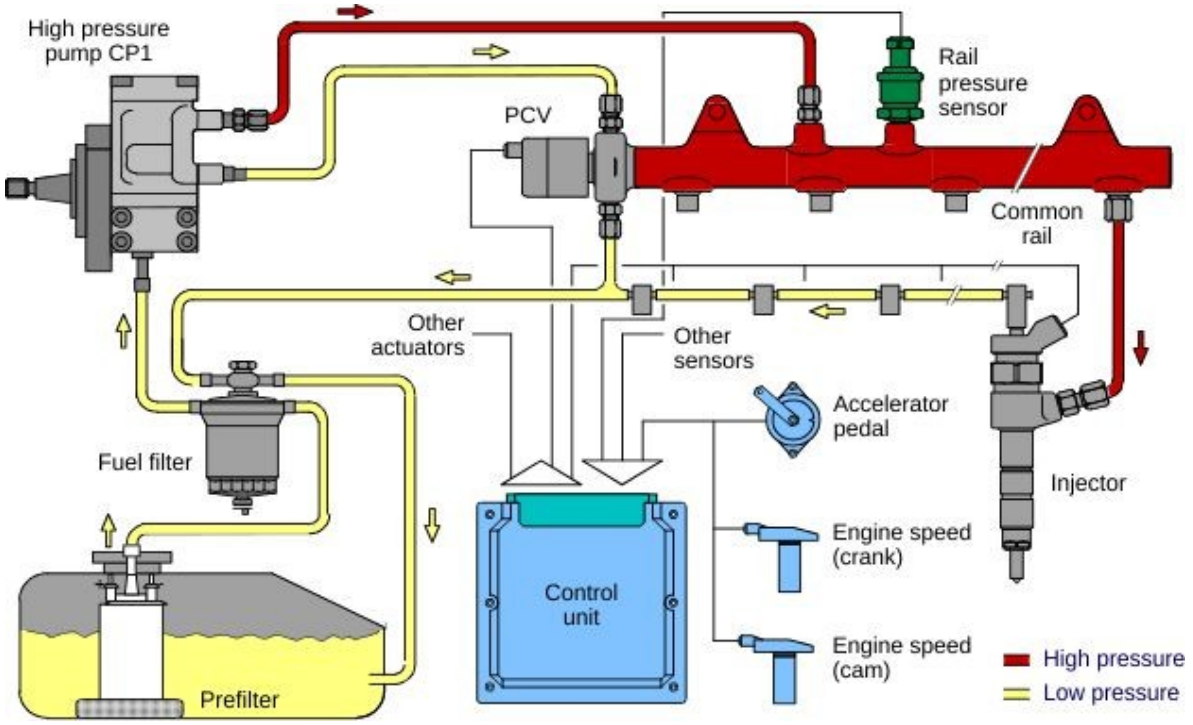
الشكل (3-2) يبين أجزاء مكتملة لمنظومة حقن الديزل EDC for CR الحديثة

(3-2-1) طريقة عمل نظام الحقن والأجزاء الأساسية

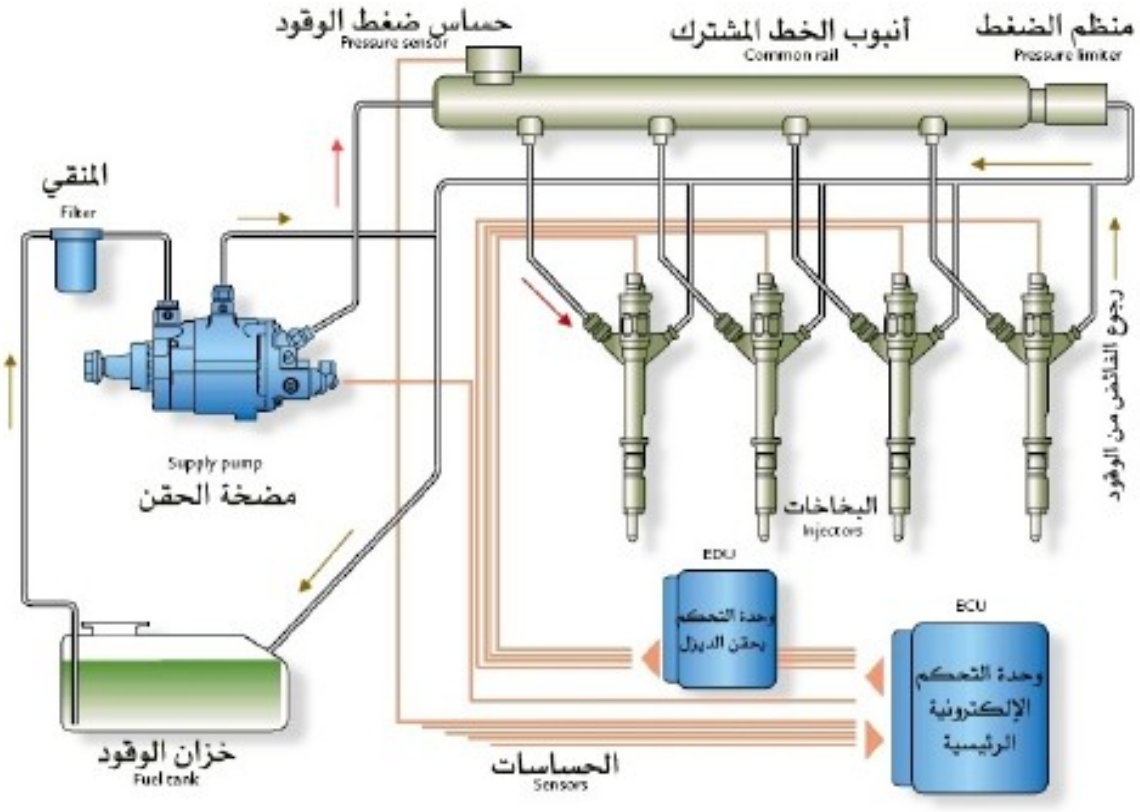
يعمل النظام بدمج دائرة تحكم كهربائية ودورة حقن وقود الديزل في منظومة واحدة يطلق عليها نظام الحقن بتحكم كهربائي أو الكتروني حيث يتكون من أجزاء كهربائية مثل وحدة التحكم التي تحتوي على شرائح ذاكرة مبرمج بها خريطة البيانات (قيم تشغيل المحركالمثالية) PROM كذلك ذاكرات مساندة مثل ROM,RAM,KAM ويقوم المعالج الدقيق Microprocessor باستقبال الإشارات القادمة من الحساسات ومن ثم مقارنتها بالمعادلات الرياضية المخزنة بذاكرة شريحة خريطة البيانات وبعد ذلك ينتج خرجاً كهربائياً على شكل إشارات (نبضات) كهربائية تذهب إلى المشغلات الميكانيكية للتحكم بدورة الوقود .



الشكل (3-3) يبين تخطيطاً مبسطا لأجزاء نظامالأنبوب المشترك



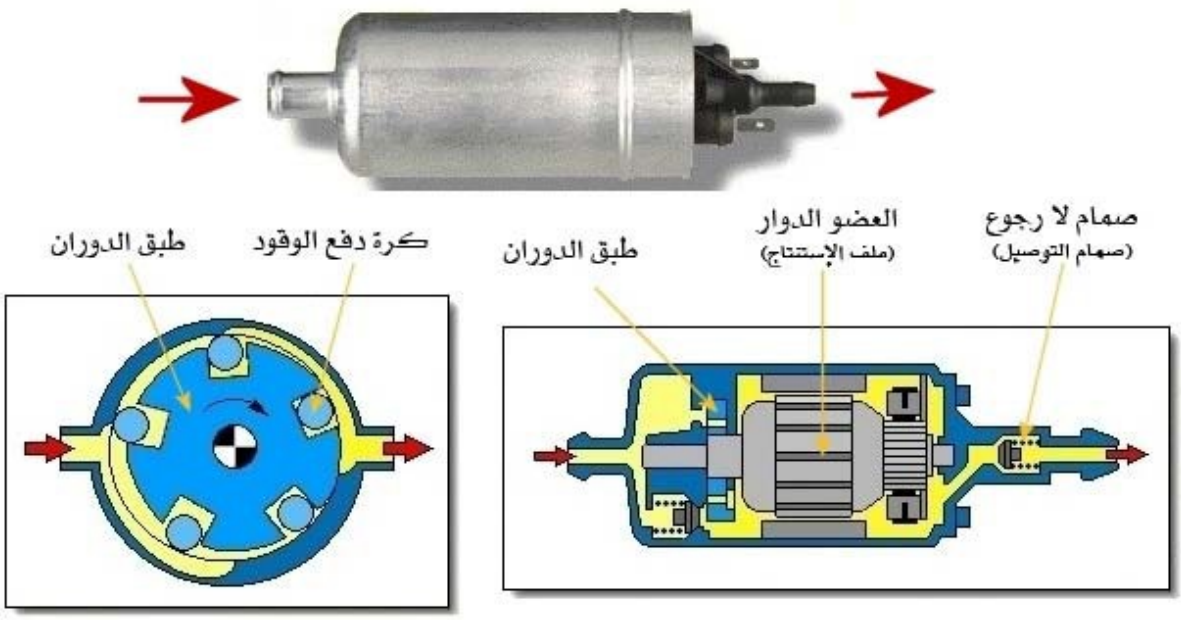
الشكل (3-4) مسميات أجزاء نظام الأنبوب المشترك



الشكل (3-5) يبين دائرة وأجزاء نظام الأنبوب المشترك

(3-2-2) الأجزاء والمكونات الأساسية لنظام الأنبوب المشترك

أولاً : مضخة توصيل الوقود Per – supply pump

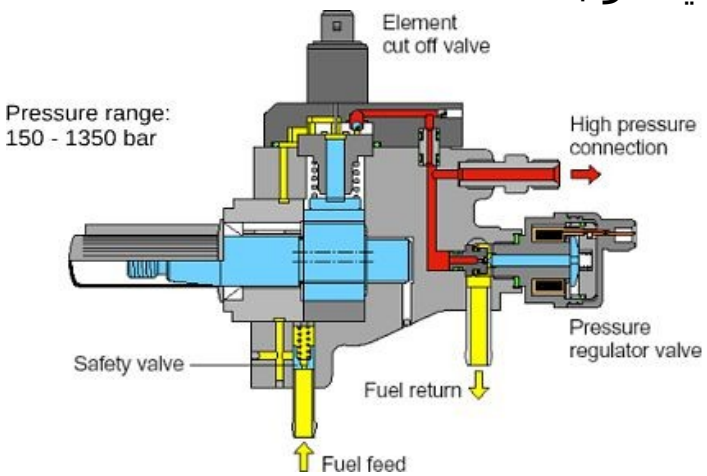


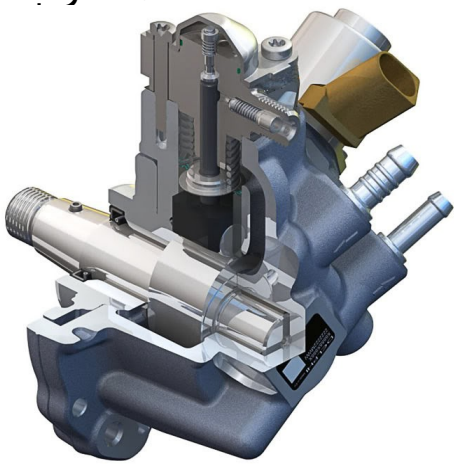
الأشكال**(3-6)** يبين مضخة توصيل الوقود

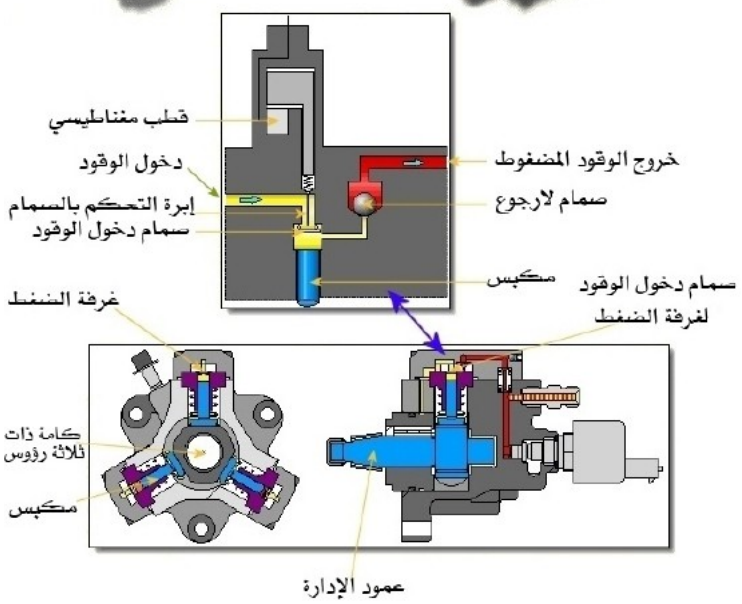
وهي شبيهة بمضخة توصيل الوقود لأنظمة حقن البنزين وتكون بداخل خزان الوقود مع مجموعة المنقيات الأولية وذراع تحديد كمية الوقود (العوامة) وتضخ الوقود بضغط يبدأ من 0.5 بار وتتخلص مهمتها في ضخ الوقود من خزان الوقود إلى مضخة الحقن ذات الضغط العالي مروراً بمنقي الوقود الرئيسى.

ثانياً : مضخة الضغط العالي High pressure pump

تستمد حركتها من دوران كامة لا مركزية تدفع ثلاثة مكابس داخلية لضغط الوقود بشكل مستمر إلى الخط المشترك (مجمع الضغط أو أنبوب تجميع الضغط العالي) ويتحكم حساس الضغط بإرسال إشارة للوحدة الإلكترونية بحيث يقوم صمام التحكم بالضغط في موازنة الضغط المطلوب في أنبوب الضغط.

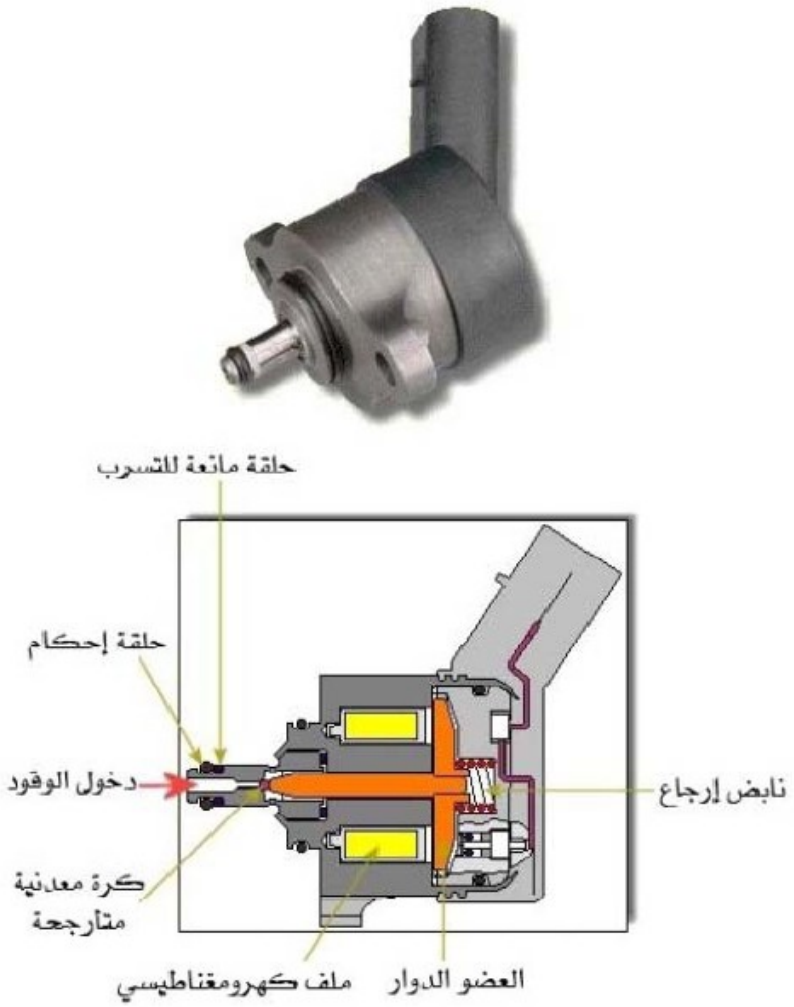






الأشكال **(3-7)** يبين أجزاء مضخة الضغط العالي

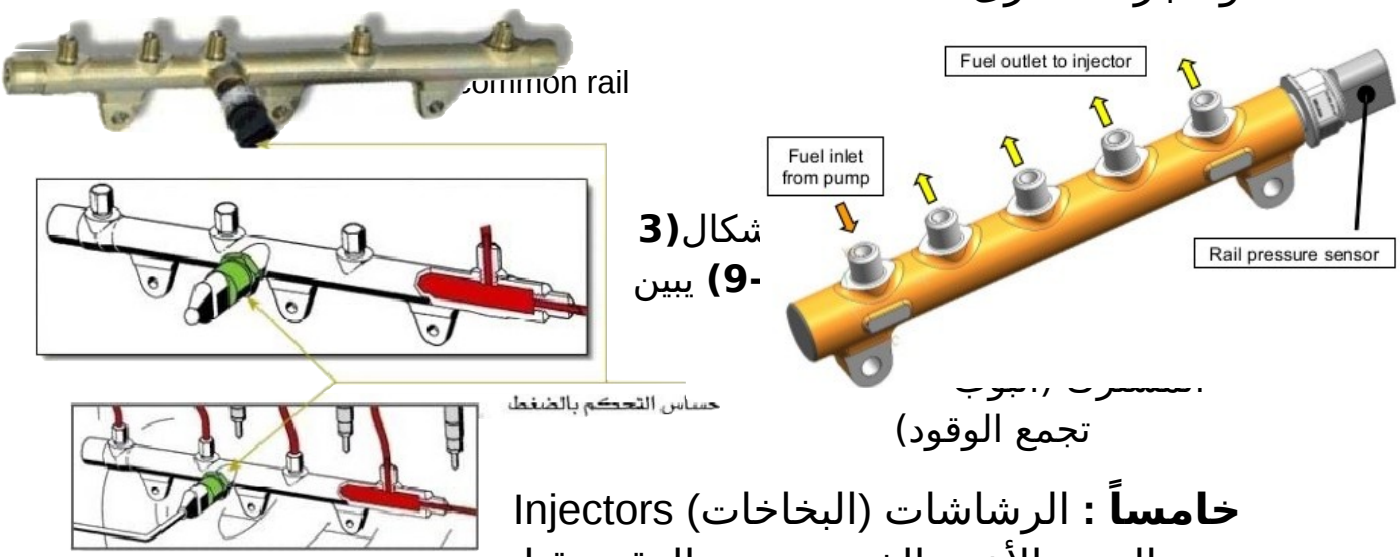
ثالثاً : صمام التحكم بضغط الوقود Pressure-control valve
يتحكم هذا الصمام بالضغط القادم من مضخة الضغط العالي لموازنة ضغط الوقود بالخط المشترك حسب القيم المطلوبة وذلك بواسطة نبضات كهربائية قادمة من وحدة التحكم
التي تتلقى الإشارة من حساس التحكم بالضغط وذلك بواسطة توليد مجال مغناطيسي جاذب للعضو الدوار عكس قوة النابض لفتح مسار تخفيض الضغط .



الشكلين**(3-8)** يبين شكل وأجزاء صمام التحكم بضغط الوقود

رابعاً: الخط المشترك (أنبوب تجميع الوقود)Rail-High Pressure accumulator
عبارة عن أنبوب معدني يتراكم به الوقود المضغوط القادم من مضخة الضغط العالي ويقوم بتزويد الرشاشات Injectors بالوقود المضغوط مع ثبات الضغط واستمرارية الإمداد ويقلل من تموجات سريان الوقود

عند الحقن والتوقف عن الحقن وتتراوح قيمة ضغط الوقود بداخل الأنبوب من 150 بار إلى 1600 بار.
يتحكم صمام الضغط بضغط الوقود داخل الخط المشترك بواسطة حساس الضغط المتصل بوحدة التحكم الإلكتروني للمحافظة على أجزاء منظومة الحقن من ارتفاع قيمة ضغط الوقود بداخلها مما يؤدي إلى :
1/ توقف الضغط من مضخة الضغط العالي وبالتالي تلفها.
2/ انهيار الضغط بدورة الوقود.
3/ تسرب الوقود من نهايات التوصيل بين أنابيب توصيل الوقود والأجزاء الأخرى.

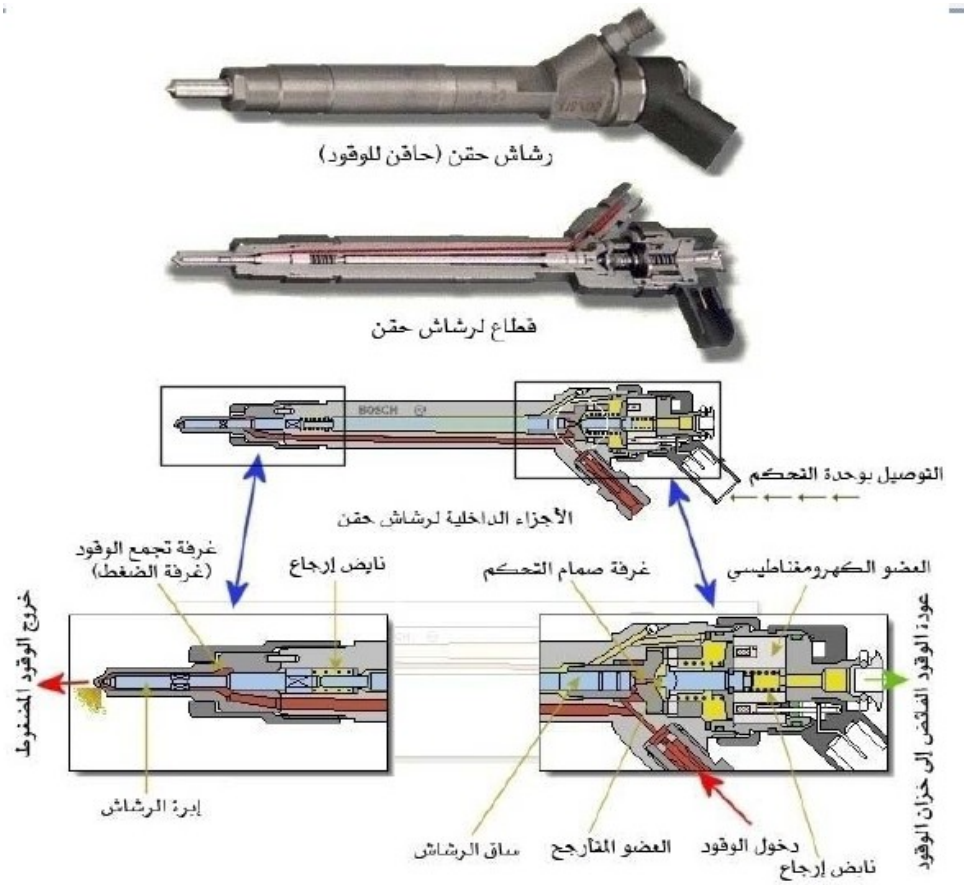


شكال **(3-9)** يبين
تجمع الوقود)

خامساً : الرشاشات (البخاخات) Injectors
وهو الجزء الأخير الذي يمر به الوقود قبل الدخول إلى غرفة الاحتراق ويقوم بتذرية الوقود بداخل غرفة الاحتراق حيث يستقبل الوقود المضغوط بشكله السائل وتحويله إلى قطيرات متناهية الصغر (شبيه بالغاز – ضباب) وهذا يتيح لذرات الوقود الاختلاط بالهواء الساخن ومن ثم الاشتعال بشكل مثالي.
ويبدأ حقن الوقود عندما تصل إشارة من الوحدة الإلكترونية إلى وحدة التحكم بحركة إبرة الرشاش الكهرومغناطيسية لإرجاعها إلى الخلف عكس قوة النابض سامحة للوقود بالخروج إلى غرفة احتراق المحرك .
وتكون أجزائه الداخلية مقاربة في الشكل والعمل للرشاش الميكانيكي العادي إلا أنه يختلف بوجود وحدة كهرومغناطيسية في جزئه العلوي للتحكم بحركة الإبرة التي تقوم بفتح وغلق الثقوب براس الرشاش حسب الإشارة القادمة لها من وحدة التحكم الإلكتروني وينتج عن ذلك :

1. تحديد بداية الحقن (ليتوافق مع توقيت المحرك حساس عمود المرفق) .
2. التحكم بكمية الحقن زمن فتح ثقوب الرشاش لسريان الوقود إلى داخل غرفة الاحتراق لتتوافق مع كمية الهواء المسحوب بشوط السحب (حساس تدفق الهواء + حساس معامل زيادة الهواء = لمدا).
3. تعديل ضغط الوقود بما يتناسب مع سرعة المحرك (حساس سرعة المحرك + حساس ضغط المحرك).

الأشكال (3-10) يبين رشاش الحقن بالمحرك



الأشكال (3-11) يبين الشكل الخارجي والأجزاء الداخلية للرشاش

Fuel Injectors

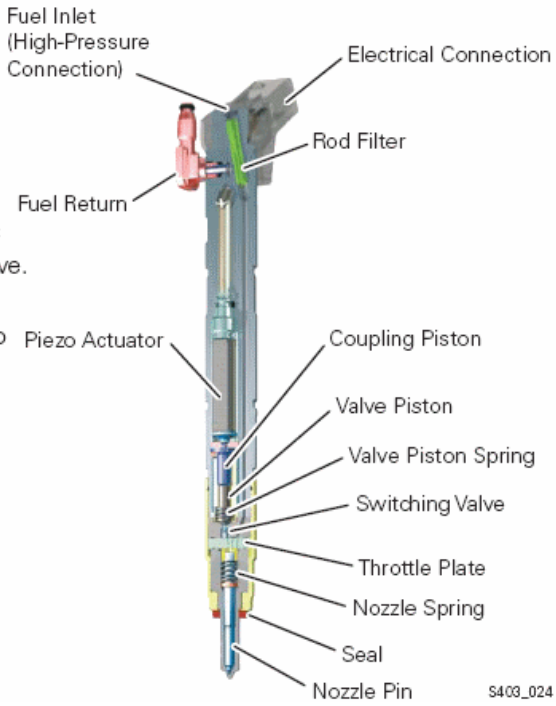
In the common rail system of the 2.0 Liter TDI engine, piezo-controlled Fuel Injectors N30, N31, N32, and N33 are used.

The fuel injectors are controlled over a piezo actuator. The switching speed of a piezo actuator is approximately four times faster than a solenoid valve.

Compared to solenoid actuated fuel injectors, piezo technology also involves approximately 75% less moving mass at the nozzle pin.

This results in the following advantages:

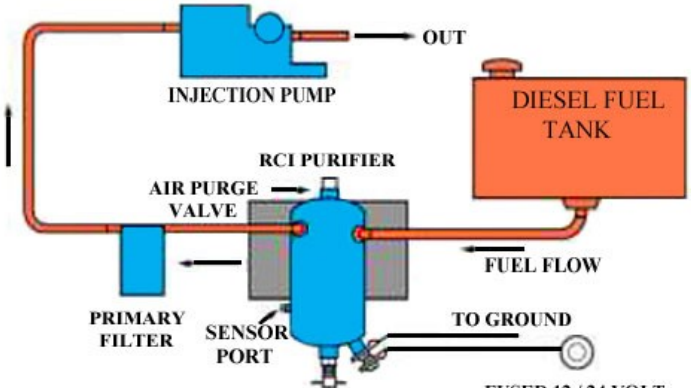
- Very short switching times
- Multiple injections possible per work cycle
- Precise metering of injection quantities



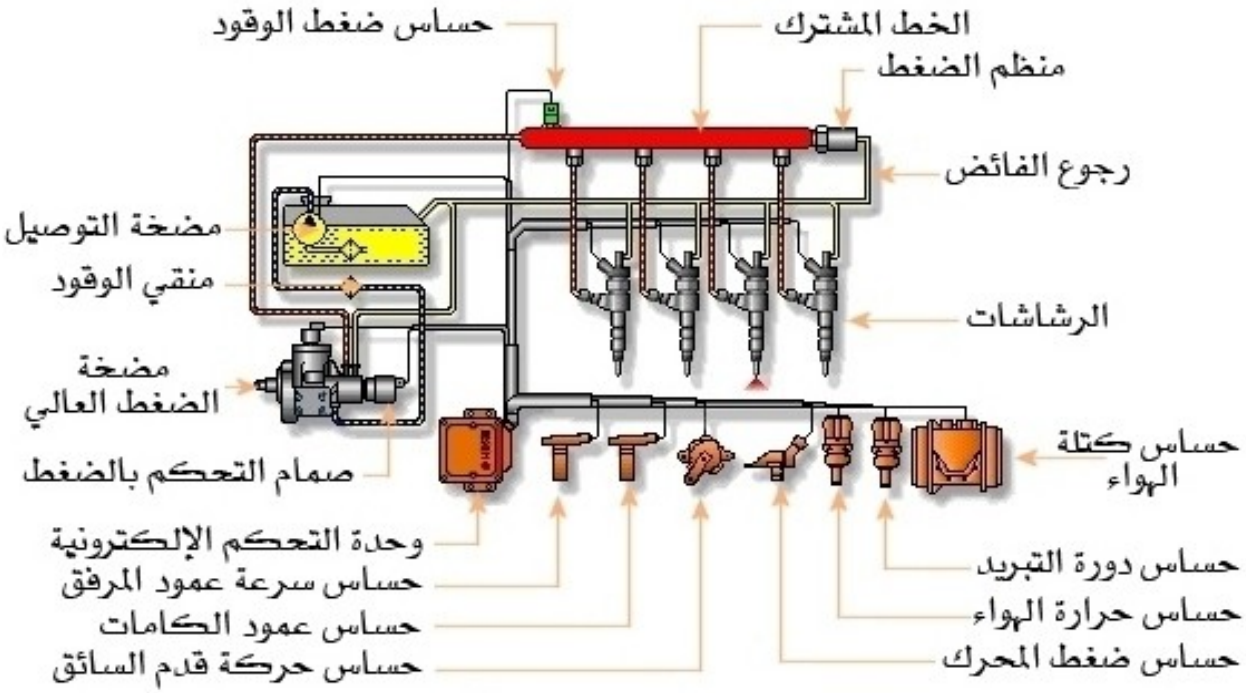
الشكل (3-12) مخطط رشاش TDi

(3-2-3) أجزاء إضافية توجد في جميع أنظمة الحقن

1- خزان الوقود Fuel tank
2- أنابيب توصيل الوقود Fuel lines (أنابيب الضغط المنخفض - أنابيب الضغط العالي)
3- المنقيات (المرشحات) Filters



الشكل (3-13) الأجزاءالأساسيةلأنظمة حقن الديزل



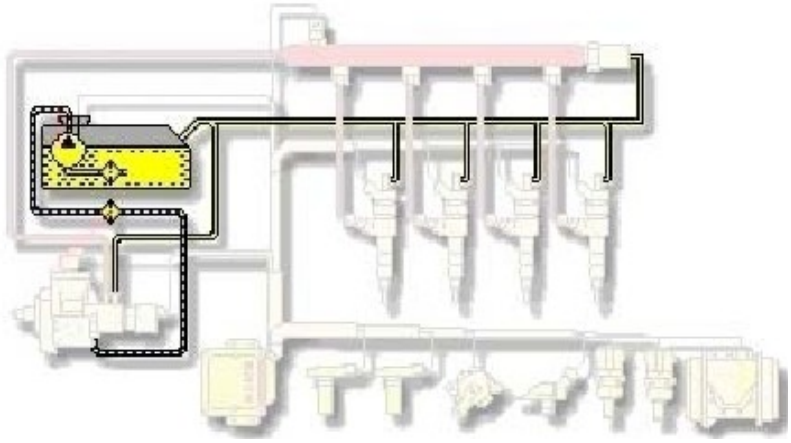
الشكل (3-14) يبين أجزاء النظام بالتفصيل

(3-2-4) مراحل ضغط الوقود

خلال سريان الوقود من خزان الوقود حتى يصل إلى الرشاش يمر بأربعة مراحل ضغط داخل منظومة الحقن فيما يلي سنستعرضها :

أولاً : مرحلة الضغط المنخفض

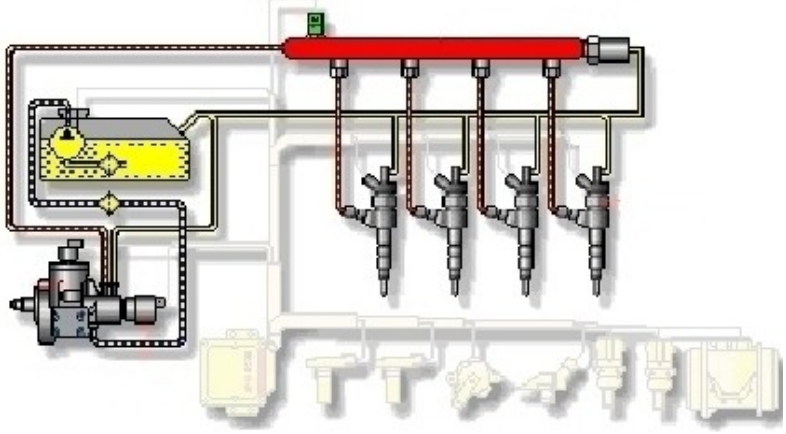
والتي يتم فيها سحب الوقود من خزان الوقود وضغطه إلى مضخة الضغط العالي وكذلك عودة الوقود الفائض من مضخة الضغط العالي والخط المشترك والرشاشات.



الشكل (3-15) يبين مرحلة الضغط المنخفض

ثانياً : مرحلة رفع ضغط الوقود

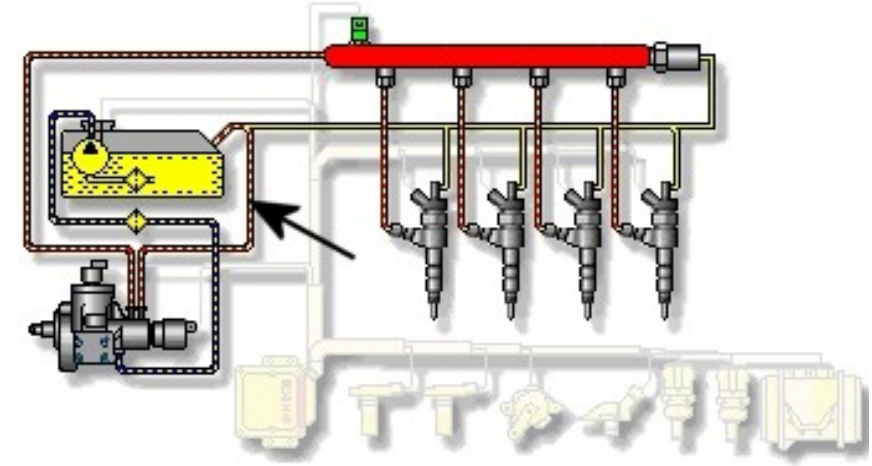
ويتم ذلك بواسطة مضخة الضغط العالي إلى الخط المشترك.



الشكل (3-16) يبين سريان الوقود من المضخة إلى الخط المشترك

ثالثاً : مرحلة التحكم بضغط الوقود

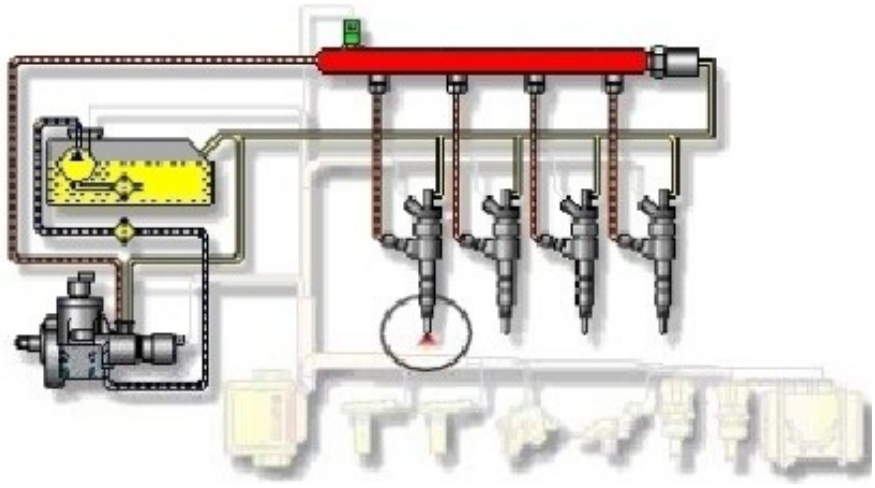
يعمل صمام التحكم بالضغط عند ارتفاع الضغط بداخل أنبوب الخط المشترك على تحويل مسار الوقود إلى خزان الوقود عبر أنابيب الفائض.



الشكل (3-17) يبين التحكم بمسار بالوقود وتوجيهه إلى الخزان عند ارتفاع الضغط

رابعاً : مرحلة حقن الوقود

تعمل المنظومة بالتوافق مع الإشارات القادمة لها من وحدة التحكم لحقن الوقود بداخل غرفة الاحتراق حسب القيم المعطاة لها من حساسات النظام ، فهذه المرحلة هي التي تقوم بالتحكم في توقيت وكمية وضغط الحقن .



الشكل (3-18) يبين المرحلة الأخيرة من الضغط لتصل إلى الرشاش

الفصل الرابع

- **الشاحن الجبري Turbocharger**
- **وحدة التحكم الإلكتروني ECU**

(4-1) مقدمة :

استحداث أحد مكونات المحرك ، يعرف بجهاز إعادة دوران غازات العادم ، وقد شكل في بداية سبعينات القرن الماضي أهمية خاصة في عملية التحكم في الغازات المنبعثة من عادم السيارة وبشكل عام التيربو عبارة عن شاحن هواء قصري ، يقوم بضغط الهواء الداخل إلى الأسطوانات وبالتالي يتم رفع كمية الأوكسجين الضرورية لإحتراق الوقود، ومن المعلوم أيضاً أن الأوكسجين ضروري جداً في عملية الإحتراق ، فإذا قمنا بإدخال كمية كبيرة من الوقود لا تتناسب مع كمية الأوكسجين في الأسطوانة ، فإنه لم يتم إحتراق كامل لكمية الوقود داخل الاسطوانة ، أما في حال استعمال التيربو فإنه سيكون بالإمكان إدخال كمية هواء أكبر تتناسب مع كمية أكبر من الوقود وبالتالي الحصول على عملية إحتراق أفضل ، تقوم الغازات المنبعثة الخاملة المحقونة بإبطاء احتراق الوقود ، فتخفض بذلك درجة حرارة الاحتراق التي تحدّ بدورها من كمية أكسيد النتروجين الناتجة.

وبحسب المزاعم الصناعية ، فقد أدى هذا المكوّن، منذ إدخاله في المحرك ، إلى خفض إنتاج أكسيد النتروجين بنحو ثلاثة أرباع وقد حصل تقدم نسبي آخر في هذا المجال يتمثل بجهاز إعادة دوران غازات العادم المبرّدة ، الذي يخفض درجة حرارة أدخنة العادم (عن طريق مزجها بالهواء الخارجي أو تبريدها ضمن مبادل حراري) قبل أن يتم ضخّها في أسطوانة الاحتراق .

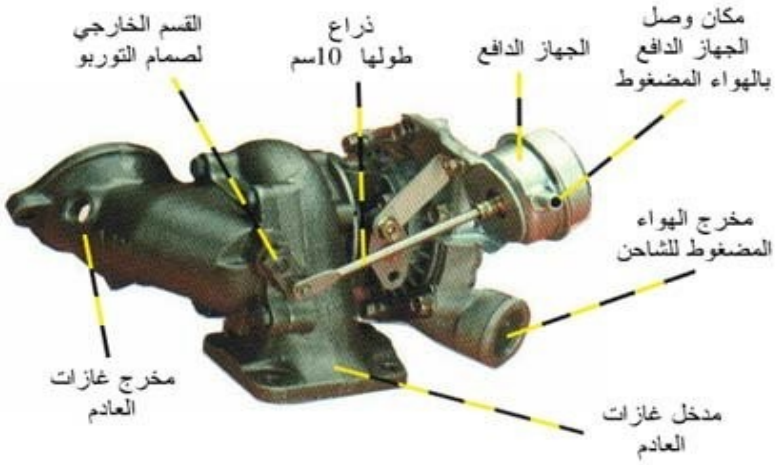
ويتميّز حقن وقود الديزل فعلاً بنقاط قوة عدة سمحت له بالنمو حتى وصول التقنيات الحديثة ، تلك التي تطرقت في الواقع الى ما تبقى من سيئاته الماضي ، خصوصاً في نواحي الضجيج والتلويث قديما لم تكن وحدة التحكم الالكتروني موجودة بالسيارة نظرا لعدم وجود نظام الحقن الالكترونى للوقود ، والهدف الأسمى للحقن الالكتروني هو الاقتصاد في استهلاك الوقود وتقليل الانبعاثات الضارة الناتجة عن الاحتراق ، فهناك عدد من الأنظمة الفرعية مسؤولة عن تحقيق هذا الهدف نظرا للتطور الهائل في وظائف وعمليات وحدات السيطرة الالكترونية ECU لمحرك السيارة .

فالسيارات الحديثة تستخدم نظام أكثر تعقيدا وهناك وسـائل اتصال بين هذه الأجـزاء حتى يتم تأدية مهمتها على أكـمل وجه فعقل الكمـبيوتر وهو جهاز الكتـروني رقمي يسيطر عـلى العمليات الأساسية ، ونحن اليوم بحاجة للبحث والتطوير في مـجال فحص هذه الوحدات الالـكترونية منضديا بعيداعن السـيارة وتشخيص اعطالها وتصـليحها ومن ثم اعادتها للخدمة .

(4-2) الشاحن الجبري Turbocharger

ديزل القديمة كانت هذه السيارات مزعجة لارتفاع أصوات محركاتها ولأنها بطيئة وذات رائحة سيئة بسبب الديزل لكن سيارات الديزل الحديثة هي أبعد ما يكون عن هذه الصورة فمحركات الديزل الحديثة مزودة بشاحن توربيني وذلك لزيادة قدرتها وعزمه ، فعزم محرك التيربو ديزل أعلى بكثير من محركات البنزين ذات السحب الطبيعي للهواء ، وارتفاع العزم يعني أنك قادر على استخراج أقصى قوة للمحرك على دورات محرك منخفضة مما يعطي الشعور بأن محرك الديزل أقوى .

عملية شحن الهواء داخل محركات الديزل أسهل من محركات البنزين، والسبب الرئيسي في ذلك يعود إلى أن الاحتراق في محركات الديزل لا يمكن أن يتم أبداً قبل حقن وقود الديزل الذي يحقن عند وصول المكبس إلى أعلى الأسطوانة في شوط الضغط ، أما في محركات البنزين فإن عملية ضغط الهواء بواسطة التيربو ومزجها مع وقود البنزين ومن ثم ضغط المزيج)بنزين وهواء (داخل الأسطوانة في شوط الضغط ، قد تؤدي إلى حصول اشتعال مبكر داخل الأسطوانة قبل وصول المكبس إلى أعلى الأسطوانة وإطلاق شرارة من شمعة الاحتراق ، مما يؤدي إلى حصول خلل كبير في عمل المحرك ، وحصول ظاهرة علمية تعرف بظاهرة الصفع، لذلك تم انتشار أجهزة التيربو على محركات الديزل أكثر منها على محركات البنزين، كما أنه توجد أسباب أخرى منها الإقلاع الأصعب لمحرك البنزين من محرك الديزل عند درجات الحرارة المنخفضة.

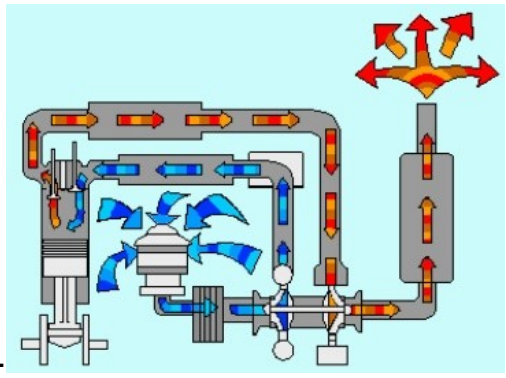


شكل (4-1) الأجزاء الخارجية لشاحن الهواء التوربين

(4-2-1) تاريخ التيربو

استخدم التيربولأول مرة فى صناعة الطائرات الحربية فى الحروب العالمية و ذلك قبل استخدامه فى السيارات وكانت الفكرة منه هي زيادة قوة الطائرات.

فكرة استخدام شواحن التيربو فى صناعة السيارات ولدت فى أوروبا باستخدامها فى المحركات ذات الأداء العالي (High performance)ذات الثمانية أسطوانات والتى خصصت لسيارات سباقات الفورميلا والتى كانت تسمح قوانينها



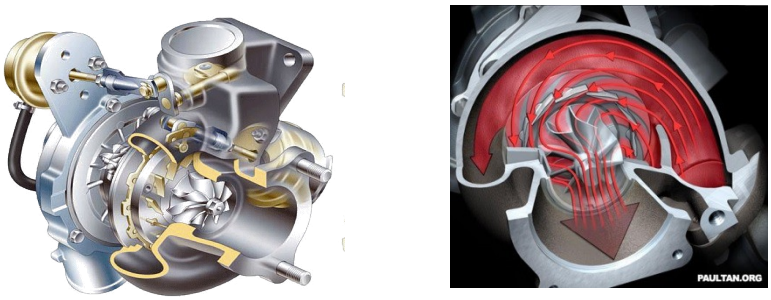
1 978م .

الأشكال (4-2) مخطط وشكل التيربو وقراءات الطبلون TDi

الشكلين (4-3) نماذج من الشواحن الجبرية
التيربو التي تركب لمحركات الديزل

(4-2-2) تعريف التيربو

شواحن التيربو (Turbo) هى أجهزة تساعد المحرك على حرق المزيد من الوقود و ذلك عن طريق إدخال المزيد من الهواء للمحرك مع ضغطه بصورة اكبر حتى يزيد من نسبة اشتعال الوقود داخل غرفة الاحتراق .

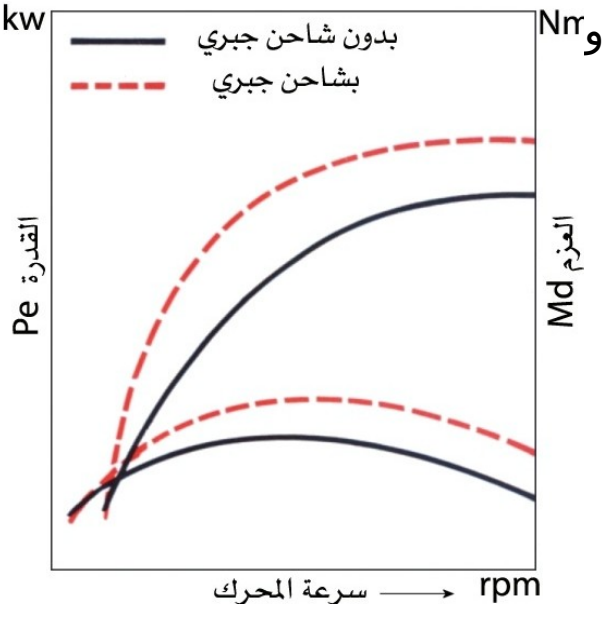


شكل (4-4) يوضح التيربو من الداخل

(4-2-3) فكرة عمل التيربو

ضخ وضغط كمية من الهواء للمحرك عن طريق المروحة المثبتة في التيربو (Turbine wheel) والتي تدورعن طريق دفع غاز العادم (Exhaust) اى أننا نستفيد من غازات العادم في تدويرعجلة التوربين.

تعتمد فكرة شاحن الهواء علي استخدام ضغط وسرعة غازات العادم التي يخلفها المحرك لزيادة كمية الهواء أثناء شوط السحب وتتلخص مهمة الشاحن الجبري في زيادة الكفاءة الحجمية (حجم امتلاء الأسطوانة بالهواء) خلال شوط السحب وبهذا تزيد كمية الأوكسجين وبالتالي حرق كمية الوقود الإضافية أثناء زيادة السرعة مما يؤدي ليزيادة العزم و^{Nm} ^{kw}؛ أوالحمل الكامل لمحرك الديزل.



شكل (4-5) يوضح العزم والقدرة في حالة استخدام شاحن جبري او بدونه

(4-2-4) أجزاء التيربو

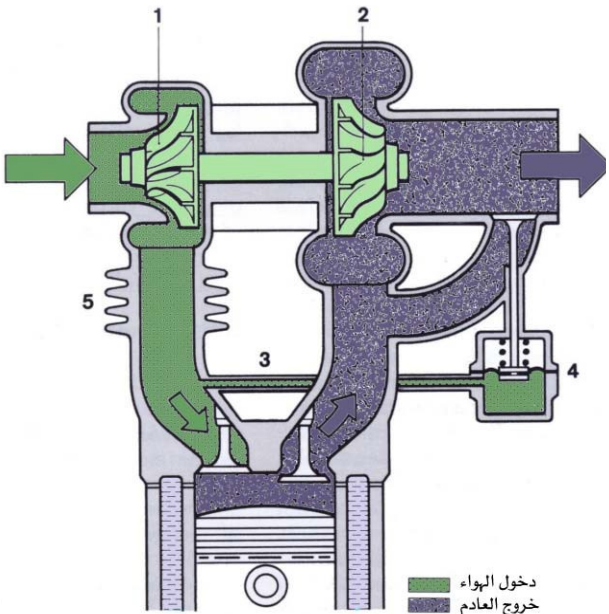
1/فتحة إدخال الهواء للمحرك (Intake)

/2فتحة إخراج العادم (Exhaust)

3/ فلتر الهواء يراعى عند تركيب التيربو ان يوضع في ابعد مكان عن المحرك حتى لا تؤثر حرارة المحرك عليه.

(4-2-5) مسار دخول الهواء وخروج العادم أثناءعمل الشاحن الجبري

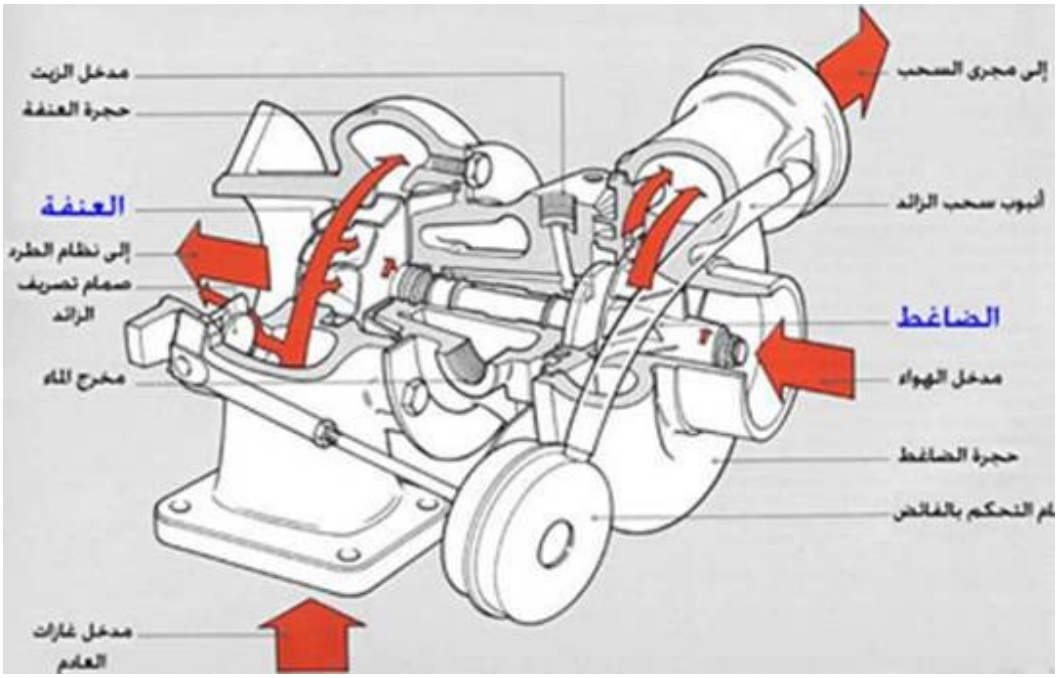
تعمل بطرق مختلفة واشهرها مايعمل بواسطة اختلاف الضغوط التي تأتي من مجاري السحب عند زيادة سرعة المحرك حيث يصل أنبوب بين مجاري السحب وصمام التحكم (4) الذي يقوم بقفل مجري خروج العادم بالطريقة الاعتيادية وإجباره علي المرور من خلال الشاحن فتدورالشفرات (2) بفعل سرعة مرورالعادم مدورة الشفرات (1) المتصلة معها بواسطة عمود إدارة مما يزيد من سحب الهواء وإجباره علي دخول الأسطوانة بضغط يزيد عن الضغط الجوي المعتاد وهذا يؤدي اليزيادة كمية الأوكسجين بداخل الأسطوانة أثناء شوط السحب. وفي حالة زيادة الضغط في مجاري السحب أو قفل صمام دخول الهواء للأسطوانة يفتح صمام التحكم بقوة الضغط القادم من الأنبوب الموصل بمجاري السحب عكس قوة النابض ليمكن العادم من الخروج بالشكل المعتاد (بدون المرور بمجري شفرات التدوير) مما يقلل أو يوقف دوران شفرات التدوير بمجاري العادم وذلك للمحافظة علي ضغط هواء معين بداخل الأسطوانة وحفاظا علي عدم حدوث مقاومة ضغط بين شفرات ضغط الهواء والضغط بداخل الأسطوانة مما يؤدي الي إجهاد المحرك .



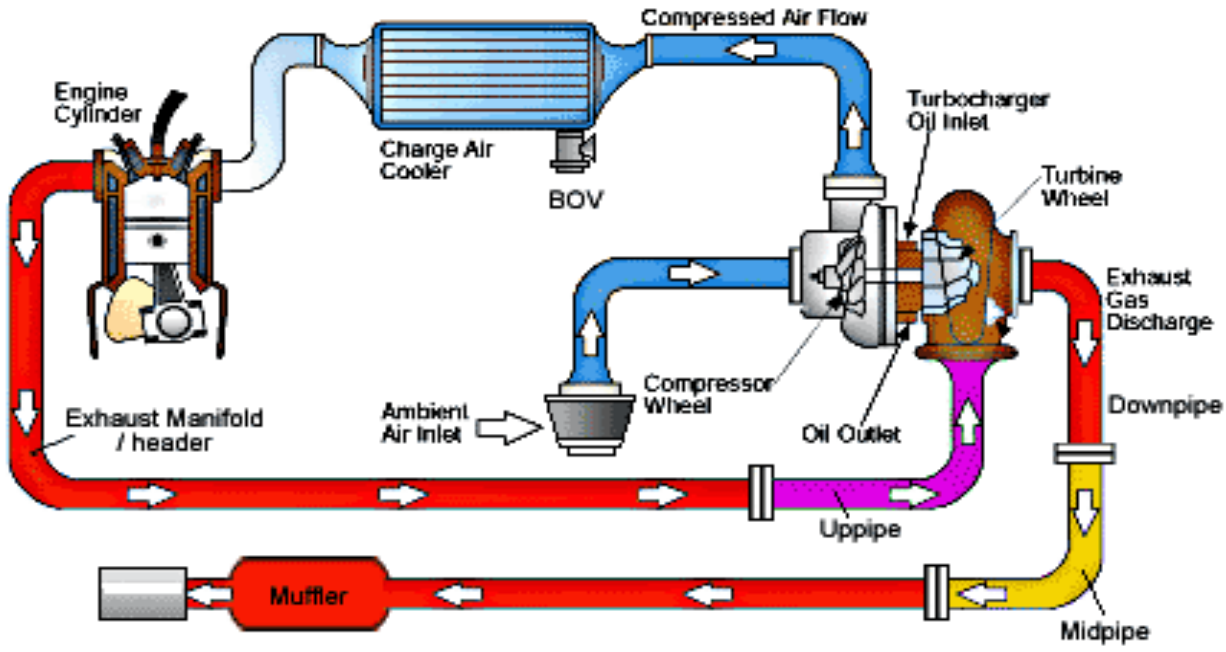
شفرات ضغط الهواء

2- شفرات التدوير
3- أنبوب الخلخلة
4- صمام التحكم
5- زعانف تبريد مجاري السحب

شكل (4-6) يبين مسار دخول الهواء وخروج العادم أثناء عمل الشاحن الجبري



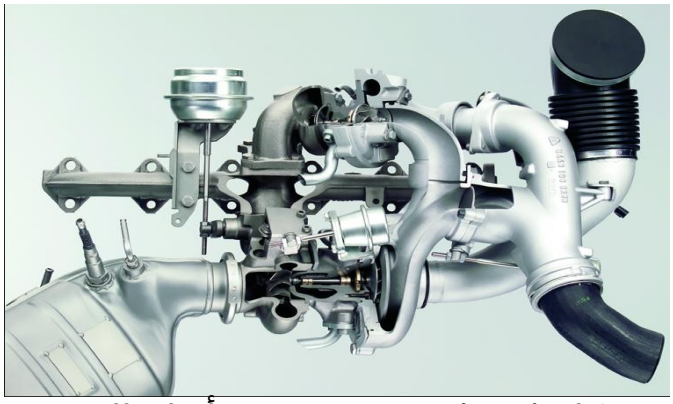
شكل (4-7) قطاع لأجزاء التيربو



شكل(4-8) يوضح طريقة عمل التيربو تشارجر

(4-2-6) أحجام وأنواع التيربو

شواحن التيربو ذات أحجام و أنواع مختلفة فلكل سيارة شاحن مخصص به .



شكل (4-9) حجم ونوع من أنواع التيربو

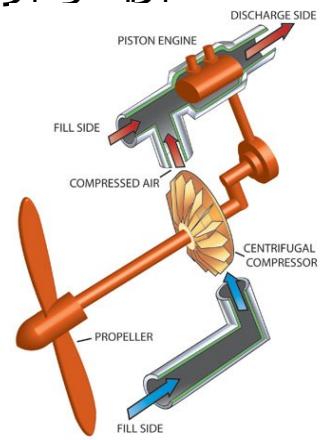
أولا : أنواع التيربو

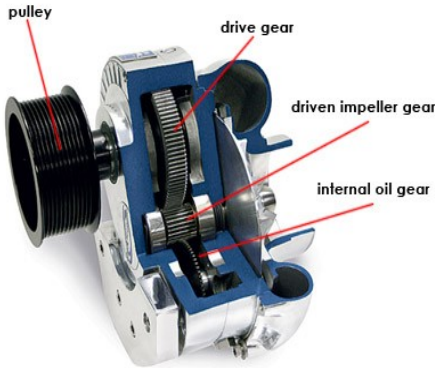
1. **التيربو تشارجر** : هو جهاز من أجهزة زيادة القدرة في المحرك وذلك عن طريق الاستفادة من غازات العادم،وهي تعتمد على غازات العادم الخارجة من المحرك حيث يتم اعادة توجيهها الى توربين تلك التوربينة بداخلها الريشة او المروحة المعدنية التى تدور بسبب اندفاع غازات العادم اليه ويودى دورانها الى سحب الهواء من الخارج وضغطه الى داخل المحرك وبذلك يزيد من نسبة الانضغاط داخل المحرك بنسبة كبيرة مما يزيد من كفاءة الحريق.

الأشكال (4-10) التيربو تشارجر

السوبر تشاجر أو الشاحن الميكانيكي : وظيفته تشبه تماما وظيفة الشاحن التوربينى حيث انه يستخدم لزيادة قدرة المحرك وفكره عمله تعتمد على توربينة تدور مثل الشاحن التوربينى ولكن فى الشاحن الميكانيكى تلك التوربينة لا تستخدم غازات العادم بل تستمد

حركتها من المحرك مباشرة عن طريق سير وطمبور . ومن عيوبه تسبب إجهاد للمحرك نتيجة التحميل ويحتاج الى تبريد ومبرد دائم.





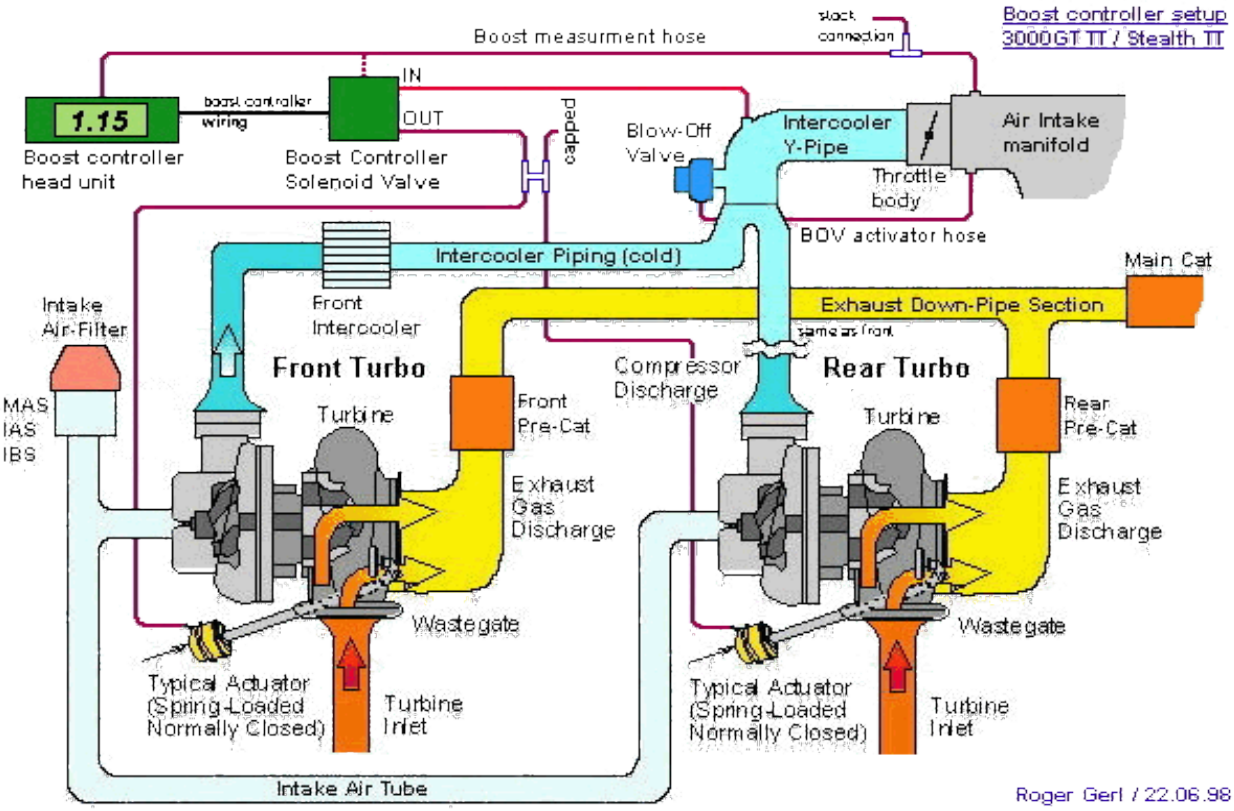
الشكلين (4-11) نوعين من الشاحن الميكانيكي Super charger

ثانيا :أنواع التيربو من حيث التركيب

شاحن تيربو فردى (Single turbo) اى إننا نركب شاحن واحد فقط.

شواحن تيربو تتابعية (Sequentiol turbo) اى اننا نركب شاحنين احدهما كبير (أساسي) واحدهما صغير يستخدم فى البداية سرعة دورانه ستكون اسرع بكثير من الكبير و القوة التى سنحصل عليها فى زمن اقل بكثير من الكبير.

Twin turbo وتستخدم فى هذه الطريقة شاحنين من نفس الحجم وفى هذه الطريقة سنحصل على ضغط اكبر من الطريقتين السابقتين.



شكل (4-12) Twin turbo

(4-2-7) مميزات وعيوب التيربو

1. **الميزة الأساسية للتيربو:**

هو الحصول على المزيد من القوة الحصانية بنسبة قد تصل الى ضعفين او ثلاث اضعاف القوة الأساسية فمثلا محرك بقوة 300 حصان قد تصل قوته الى 900 او 1000 حصان وتختلف على حسب القطع المستخدمة.

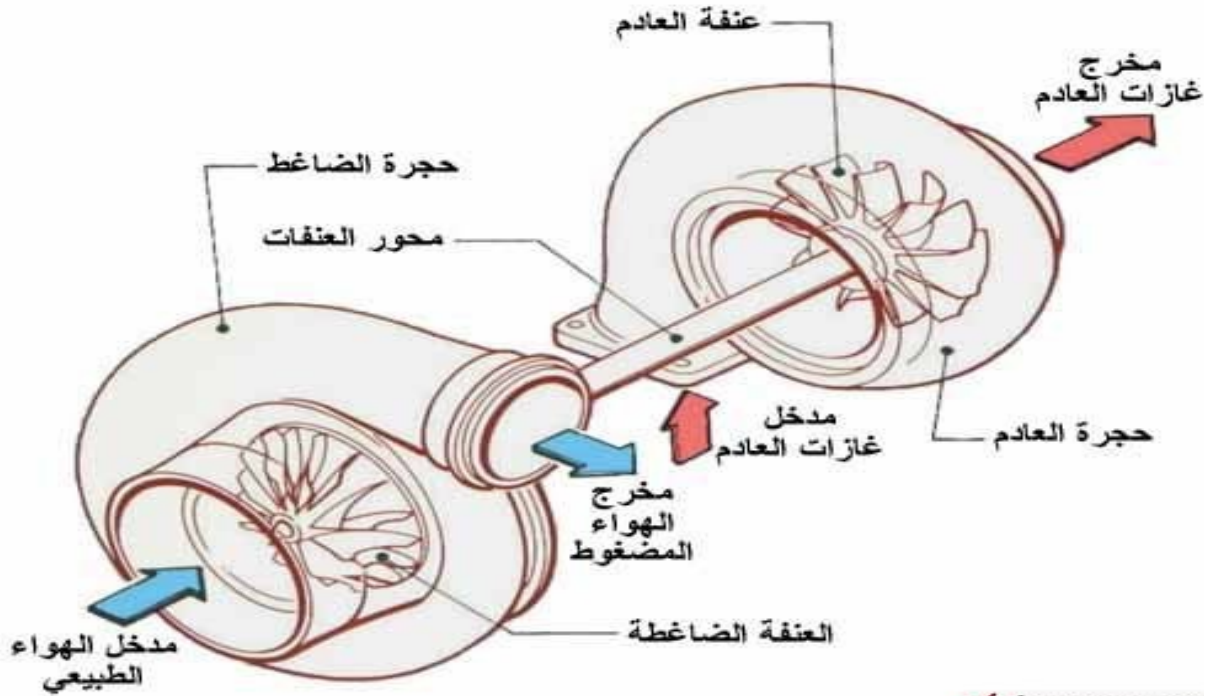
2. **العيب الأساسي للتيربو:**

زيادة درجة الحرارة طبعا ستزيد حرارة المحرك بشكل كبير نتيجة لزيادة نسبة الاحتراق فى المحرك وهذه الزيادة ستؤدى الى تناقص العمر الافتراضي للمحرك ان لم ينفجر المحرك نتيجة لعدم تحمل البساتم لهذا الضغط والحرارة ولكننا نستطيع التغلب على جميع عيوب التيربو باستخدام القطع المناسبة.

(4-2-8) تصميم شاحن الهواء التيربو

مهمة الشاحن هي تحويل قوة اندفاع غازات العادم إلى حركة دورانية لعنفات الشاحن ، ومهمة هذه العنفات هي تحويل الحركة الدورانية إلى قوة دفع للهواء الداخل إلى المحرك هذا الهواء يصبح مضغوطاً وساخناً .

كل عنفة من عنفات الشاحن تقاس بحجم كل قسم من أقسامها، وهما قسمان القسم الساحب والقسم الدافع .
الحجم والشكل لكل قسم يحدد شكل جنيحات العنفة وبالتالي خواص الشاحن.



تصميم التيربو

أولا : العنفه الضاغطة

القسم الساحب من العنفه الضاغطة مسئولة عن شفط الهواء إلى داخل الشاحن ، أما القسم الدافع فيدفع الهواء عبر أجنحتها إلى خارج الشاحن . وبسبب مرور الهواء عبر الأجنحة أثناء خروجه يكتسب حركة دورانية كالزوبعة ، ولما كان الشاحن قريب جداً من مدخل الهواء الخاص بالمحرك في المحركات القديمة كان لابد من وضع شفرات مانعة لدوران الهواء عند مخرج الشاحن كي توقف هذه الحركة الدورانية والتي تؤثر سلباً على خصائص جريانه .
إن حجم العنفه الضاغطة يحدد الحد الأعظم للضغط القادرة على توليده ، كما يحدد زمن جيشان التيربو ، وتحدد نوعية العنفه الضاغطة حسب حجم كل من أقسامها ، والقاعدة الأساسية هي أن يكون القسم الدافع أكبر من الساحب.

شكل (4-14) العنفه الضاغطة

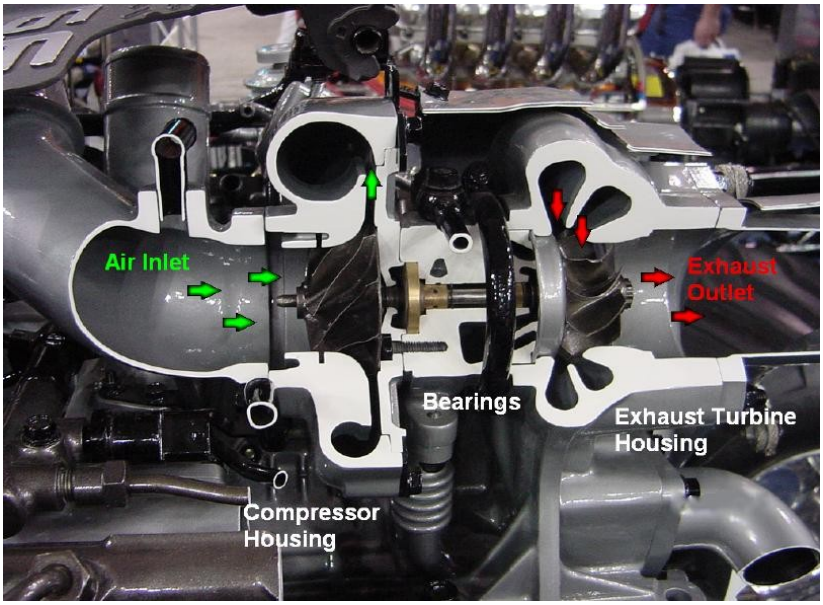
ثانيا : عنفة العادم

تقسم عنفة العادم إلى قسمين أيضاً الساحب والدافع ويتم تصميم عنفة العادم للموازنة بين أمرين مهمين هما الاستفادة من قوة خروج غازات العادم قدر الإمكان دون ممانعة خروج هذه الغازات أيضاً ، وهذين الأمرين يتأثران جداً بحجم حجرة العادم وعنفتها ، فكلما زاد حجم عنفه العادم استطاعت العنفه استغلال طاقة أكبر وتحويلها إلى حركة دورانية لمحورها ، لكنها أيضاً بزيادة حجمها ستؤدي إلى إعاقة خروج غازات العادم مما يؤثر سلباً على أداء المحرك .

شكل (4-15) عنفة العادم

ثالثا : حجرات الشاحن

تمتلك حجرات الشاحن سطح أملس من الداخل وتلتف بشكل أنبوبي حول العنفات لتقوم بتوزيع الهواء بشكل متساوي على كافة أجنحة هذه العنفات.



شكل (4-16) حجرة الشحن

(4-2-9) بعض الطرق لحماية المحرك من الأثار السلبية للتيربو

أولا : للتغلب علي مشاكل الحرارة

1/ تركيب مبرد داخلي للمحرك inter coller و له أهمية كبيرة لتقليل درجة الحرارة ، (كما أن التيربو مزود بنظامي تزييت وتبريد متصلين مع المحرك)

2/ تركيب التيربو فى ابعد مكان عن المحرك حتى لا تؤثر حرارة التيربو على المحرك.

3/ محاولة فتح فتحات تهوية فى غطاء المحرك وفى الصدامالأمامي.

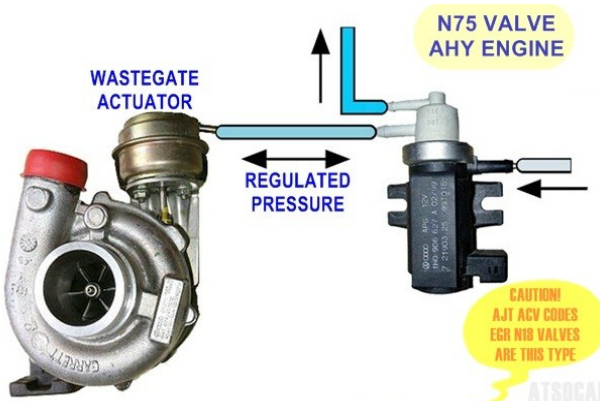
4/ تركيب نظلم عادم (Exhaust system) حتى يستطيع تحمل ضغط العادم بصورة كبيرة لانه ان لم يغير سيؤدى الي زيادة حرارة المحرك بشكل كبير.

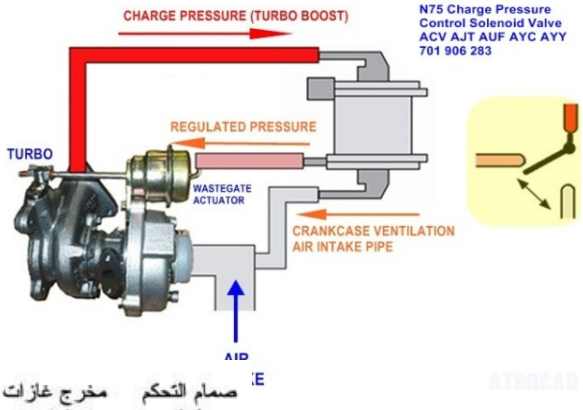
ثانياً : بالنسبة للبساتم

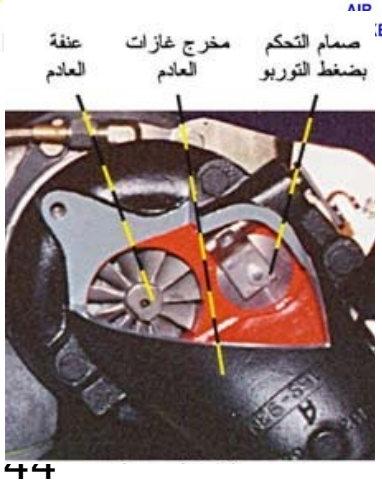
عند زيادة الضغط داخل المحرك بنسبة معينة قد نحتاج الى تغيير بساتم المحرك باخري مصنوعة من مواد ذات قدرة كبيرة على التحمل الضغط و تسمى (Pressure Pistons).

ثالثا : التحكم فى الضغط

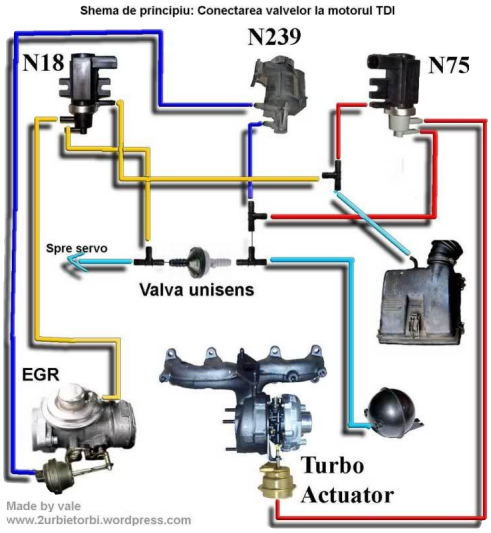
يتم التحكم بكمية الضغط المتولدة عن شاحن الهواء عن طريق جهاز آخر يدعى بوابة الهدر "Waste Gate" ، وهذه البوابة هي عبارة عن صمام كبير يوضع على الشاحن بالقرب من مدخل غازات العادم ، وعند فتح هذا الصمام يحول جريان غازات العادم إلى المخرج مباشرةً بدلاً من المرور عبر العنفه ، ويتم التحكم بحركة الصمام عن طريق جهاز دافع صغيرمن المميزات الأساسية للتيربو اننا نستطيع التحكم فى فتحه و غلقه و ذلك بعكس ال Super chargerلأنه ببساطه يعمل متوازيا مع المحرك فعندما تزيد عدد دورات المحرك فتلقائياً تزيد عدد دورات التيربو بصورة اكبر و ينتج عن ذلك ضغط الهواء الى المحرك الذى تنتج عنه القوة الحصانية و نستطيع ايضا عن طريق جهاز يركب للتيربو يسمى Boost controller من التحكم فى فتح وغلق التيربو بطريقة افضل فنستطيع مثلا ان نبرمجه بان لا يفتح التيربو الا عندما تصل عدد دورات المحرك الى 4000 دورة فى الدقيقة او 5000 دورة فى الدقيقة وهذه سيوفر جهدا كبيرا على المحرك وان تستخدم السيارة بصورة يومية وعملية بدون اى إجهاد على المحرك لأنك ستسير بهدوء ولن تجعل المحرك يصل الى عدد الدورات التى عندها سيفتح التيربو وبهذه الطريقة ستوفر جهد و ضغط كبير على المحرك عن استخدامه بهذه الصورة.







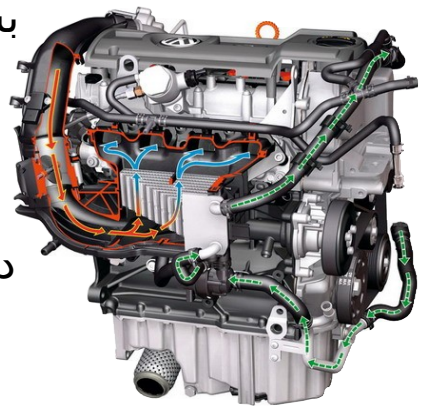
الأشكال (4-17) يوضح أشكال صمام تحكم التيربو



الأشكال حساس وصمام تحكم التيربو

(4-2-10) تزيت وتبريد عنفات التيربو

يتم تزيت وتبريد محور عنفات التيربو عن طريق خط زيت من المحرك ، وبماأن غازات العادم ذات حرارة عالية فقد تصل حرارة مخرج العادم إلى مئات الدرجات ، مما يؤدي إلى احتراق الزيت وتركه رواسب فحمية في مجاري الزيت وهوأمر يسبب أذىً خطير للمحرك ، لذلك يتوجب استبدال زيت المحرك في السيارات المزودة بشاحن هواء كل 3000 كم كحد أقصى ، أو استخدام زيوت تركيبيه خاصة تمنع ترك رواسب ويتم استبدالها كل 6000 كم كحد أقصى ، ومن المشاكل أيضاالتي تواجه اعتماد الزيت في التبريد هي الحرارة ما بعد إطفاء المحرك ، فبدون تبريد الشاحن سيرشح الزيت الموجود حول محور العنفات إلى مخرج العادم وذلك بعد إطفاء المحرك مما يسبب ارتفاع كبير جداً في درجة الحرارة الآتية من جسم مخرج العادم ، هذه الحرارة كفيلة بإتلاف الشاحن أو تقصير عمره الافتراضي ، لذلك يتوجب ترك المحرك دائراً بشكل هادئ لمدة لا تقل عن 30 ثانية قبل إطفاءه ليتم في هذه الفترة تبريد الشاحن وخفض درجة حرارة جسم مخرج العادم ، وقد عمدت بعض شركات التعديل إلى تزويد السيارات بمؤقت إلكتروني يبقي المحرك دائراً بعد إطفاءك له لمدة يتم برمجتها مسبقاً .



شكل (4-19) يبين تبريد هواء التيربو TDi

(20
وضح
يربو
ثمان

صلات
TD

(4 - 3) وحدة التحكم الإلكتروني ECU

(4-3-1) تاريخ وحدة حاسب السيارة

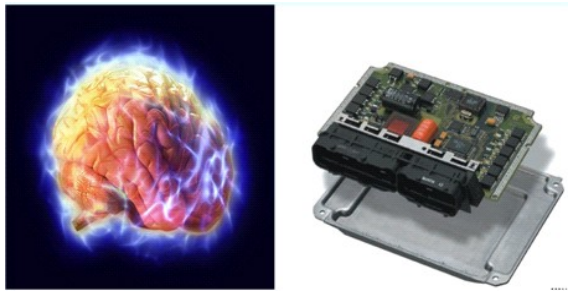
اقترن ظهور وحدة حاسب السيارة مع ظهور تقنية الحقن الإلكتروني للوقود التي تعتمد فكرة عمل هذه التقنية علي حقن الوقود وطبعا هناك عوامل متغيرة لها شان بتغير نسب الوقود المحقون بنسب مختلفة الي محرك السيارة عن طريق الرشاشات (Injectors) وينظم هذه العمليات هو حاسب السيارة وهو العقل المدبر للمحرك وبدونه لن

يعمل المحرك تماما (فكلما قل عدد دورات المحرك ، كلما احتجنا الي وقودا اقل والعكس صحيح) .
وأدى ظهور المعالجات المصغرة Microprocessors والمتحكمات المصغرة Microcontrollers يستخدم التحكم الرقمي ، وتوافرها بأسعار معقولة إلى إحداث ثورة حقيقية في صناعة السيارات ، أدت إلى تحسين أدائها بشكل مذهل وتضمين أنظمة جديدة لم يكن تنفيذها سابقاً ممكناً على الإطلاق.

(4.3.2) الغرض من اكتشاف وحدة التحكم الإلكتروني ECU

تم اكتشاف الـ ECU للتفادي استهلاك الوقود وتقليل ملوثات العادم وتعتبر وحدة التحكم الإلكتروني هي العنصر الأساسي في منظومة التحكم في المحرك ويمكن تلخيص اهم وظائفها في التالي :

1- استقبال المعلومات المرسلة من الحساسات التي تراغب أوضاع المحرك .
2- تحليل هذه المعلومات القادمة من الحساسات ومقارنتها بمعلومات مخزنة (معرفة) داخل معالج وحدة التحكم .
3- تحديد الحالة التي يجب ان تكون عليها المركبة وإرسال امر التحسين الي المشغلات.
4- وتقوم بتحديد العطل (الخاص بالأجزاء المتحكم بها عن طريق الوحدة) ثم تعمل علي إضاءة اللمبة التحذيرية في الطبلون لإشعارقائد المركبة بوجود عطل ما حيث يخزن هذا العطل في الذاكرة KAM بشفرة معينة ويتم قراءتها بواسطة جهاز الفحص .



الشكلين (4-21) نموذج لعقل السيارة وهو جهاز الكتروني رقمي يسيطر على العمليات الأساسية

(4.3.3) العناصر الأساسية لوحدة التحكم الالكتروني

- مكيف الدخل Input Conditioners

مكيف الدخل عبارة عن جهاز يستقبل المعلومات المرسلة من الحساسات ويرسلها الي المعالج الصغير باللغة التي يتعامل الصغير لمعالجتها ويحتوي علي العناصر التالية :

(1) مكبر الإشارة AMP
(2) محول الإشارة A D

- الحاسب الصغير Microcomputer

يستقبل الحاسب الصغير إشارة رقميــة من مكيف الداخـــل ، وتعمل علي مقـــارنة هـــذه المعلومات الداخلية والمرسلة من الحساسات مع المعلومات المخزنة داحل الذاكرة ومن ثم إصدارالأوامر التشغيلية .

- وحدة المعالجة المركزية CPU

هذه الوحدة من اهم أجزاء الحاسب الصغير فهي تقوم بتوجيه مراحل برامج العمل المختلفة وبإجراء معالجة المعطيات الوحدة المركزية تختلف عن بعضها البعض بحجم تعليماتها وبسرعة تحليل الأوامر وتطبيقاتها وكذلك سعة الحد الأقصى لقدرة الاختزان الممكن استعماله فعليا .

- الذاكرة Memory

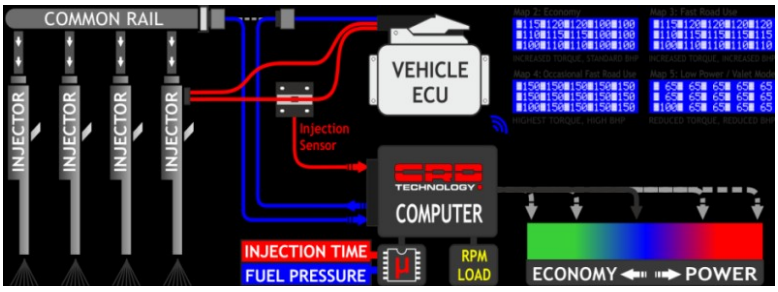
يتم فيها تخزين وقراءة المعلومات الدائمة والمؤقتة وتحتوي الذاكرة علي مواقع والموقع تحتوي علي آلاف العناوين ويوجد ثلاث أنواع من الذاكرة RAM – PROM – KAM .

- الناقلة Bus

تعمل الناقلات علي جمع المعلومات المتعلقة بالقياسات الرئيسية الداخلة . وبواسطة الناقلات يتم تزويد جميع الوحدات داخل المعالج بالمعلومات والإشارات والعناوين تعمل وحدة التحكم في عدد من المشغلات وتختلف هذه المشغلات وعددها حسب نوع المحرك .

- الإشارات الخارجية Signals output

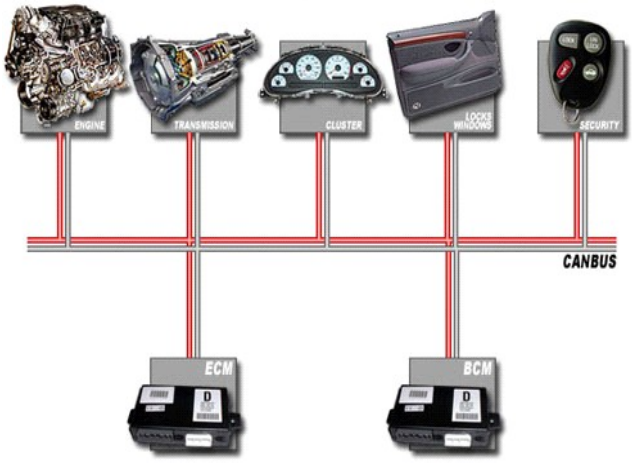
بعد معالجة المعلومات الداخلة وحدة التحكم تقرر الأوامر حول حالات المركبة التشغيلية المطلوبة ثم تعمل علي هذا القرارات بإصدارالأوامر علي هيئة إشارة كهربائية رقمية هذه الإشارات ترسل الي وحدة الخروج ومن ثم الي المشغلات .



شكل (4-22) معالجة الإشارات وعمليات وحدة التحكم الإلكترونية

(4.3.4) أنظمة الربط بين أجهزة التحكم الالكتروني

يستخدم الـ CAN-Bus بشكل أساسي كخط نقل معطيات في السيارة ، وهو عبارة عن خط نقل معطيات تسلسلي ذو بروتوكول خاص تم تطويره من قبل شركة Bosch ويستخدم من قبل جميع صانعي السيارات في العالم.



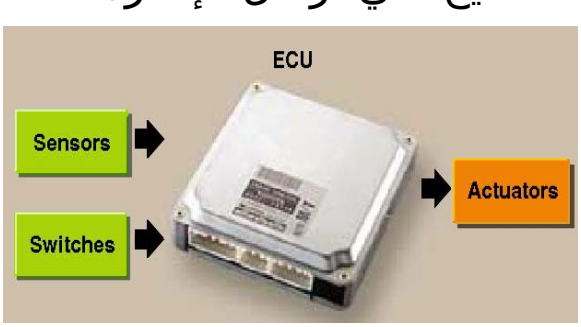
شكل (4-23) يوضح أنظمة الربط

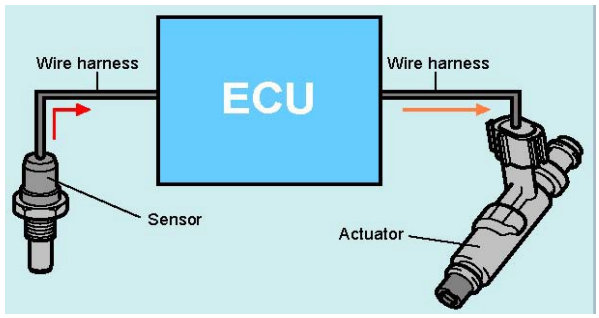
(4.3.5) الإشارات التي تدخل إلى عقل محرك السيارة الـ ECU

تنقسم الإشاراتالي قسمين :

1/ الحساسات ذات الإشارات المتغيرة

2/ المفاتيح التي ترسل الإشارة





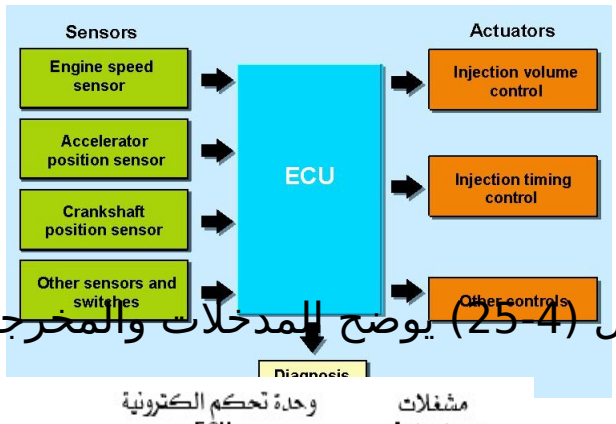
الشكلين (4-24) الحساسات والمشغلات هي مصدر التغذية

(4.3.6) مكونات وحدة التحكم الإلكتروني ECU

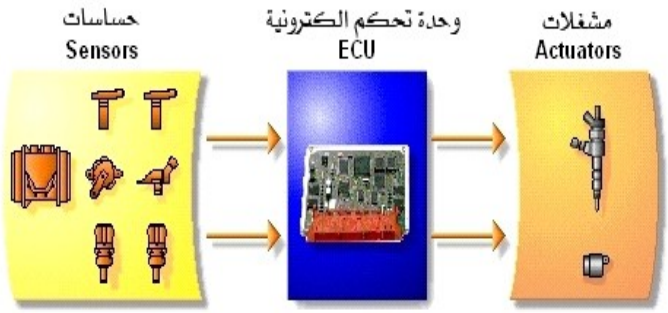
عبارة عن معالج دقيق يقوم باستقبال الإشارات القادمة من الحساسات ومن ثم مقارنتها بالمعادلات الرياضية المخزنة بذاكرة شريحة خريطة البيانات والتي تشتمل على القيم المثالية لتشغيل المحرك وبعد ذلك ينتج هذا المعالج إشارات إلكترونية تذهب إلى المشغلات.

وتحتوي وحدة التحكم الإلكترونية على:

(1) معالج دقيق.
(2) الخرائط التي تحتوي على القيم المثالية لتشغيل المحرك.
(3) وحدة خاصة بالتحكم في كمية الوقود.
(4) وحدة خاصة بالتحكم في إغلاق المحرك.
(5) وحدة خاصة بالتحكم في بدء الحقن.
(6) وحدة خاصة بالتحكم في إرجاع غازات العادم.
(7) وحدة خاصة بالتحكم في بدء التشغيل.
(8) وحدة خاصة لاكتشاف الأعطال.



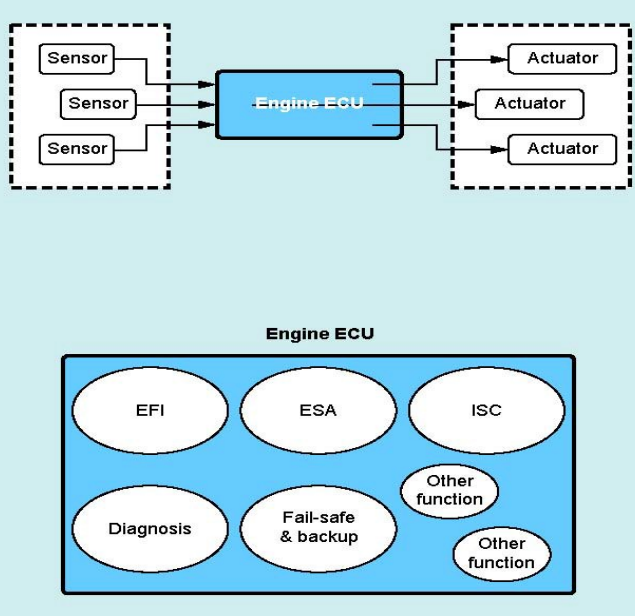
الشكل (4-25) يوضح المدخلات والمخرجات في وحدة ECU



شكل (4-26) أجزاء النظام الرئيسية الكهربائية والميكانيكية

(4.3.7) الحساسات SENSORS

هو جهاز يحول الكمية الفيزيائية الي كمية كهربائية (يستشعر بالمتغيرات الفيزيائية) تقوم الحساسات بتسجيل قراءات حالات التشغيل وبالتالي تحويل المؤثرات الطبيعية (ضغط – درجة حرارة – حركة) إلى إشارات إلكترونية تذهب إلى وحدة التحكم الإلكتروني (ECU) .



شكل (4-27) طريقة توصيل الحساسات بالوحدة ومنها الي المشغلات وأماكنها

(4.3.8)أنواع الحساسات التي تحتويها منظومة حقن الديزل بتحكم إلكتروني

- حساس حركة الرشاش .
- حساس درجة حرارة مياه التبريد .
- حساس حركة طوق جلبة التحكم .
- حساس درجة حرارة الهواء الداخل للمحرك .
- حساس درجة الوقود بداخل المنظومة .
- حساس تدفق كمية الهواء .
- حساس سرعة دوران المحرك .
- حساس سرعة المركبة .
- حساس قياس الضغط الجوي .
- حساس التسارع .
- حساس إختيار السرعة .

(4.3.9) المشغلات

المشغل الميكانيكي Actuator

هو آلة ميكانيكية لتحريك أو للتحكم في آلية أو نظام ، المشغلات الميكانيكية بشكل عام هو جهاز يستهلك طاقة ، عادة ما تنشأ عن طريق الهواء ، الكهرباء ، أو السائل ، ومن ثم يحولها إلى نوع او شكل من أشكال الحركة .

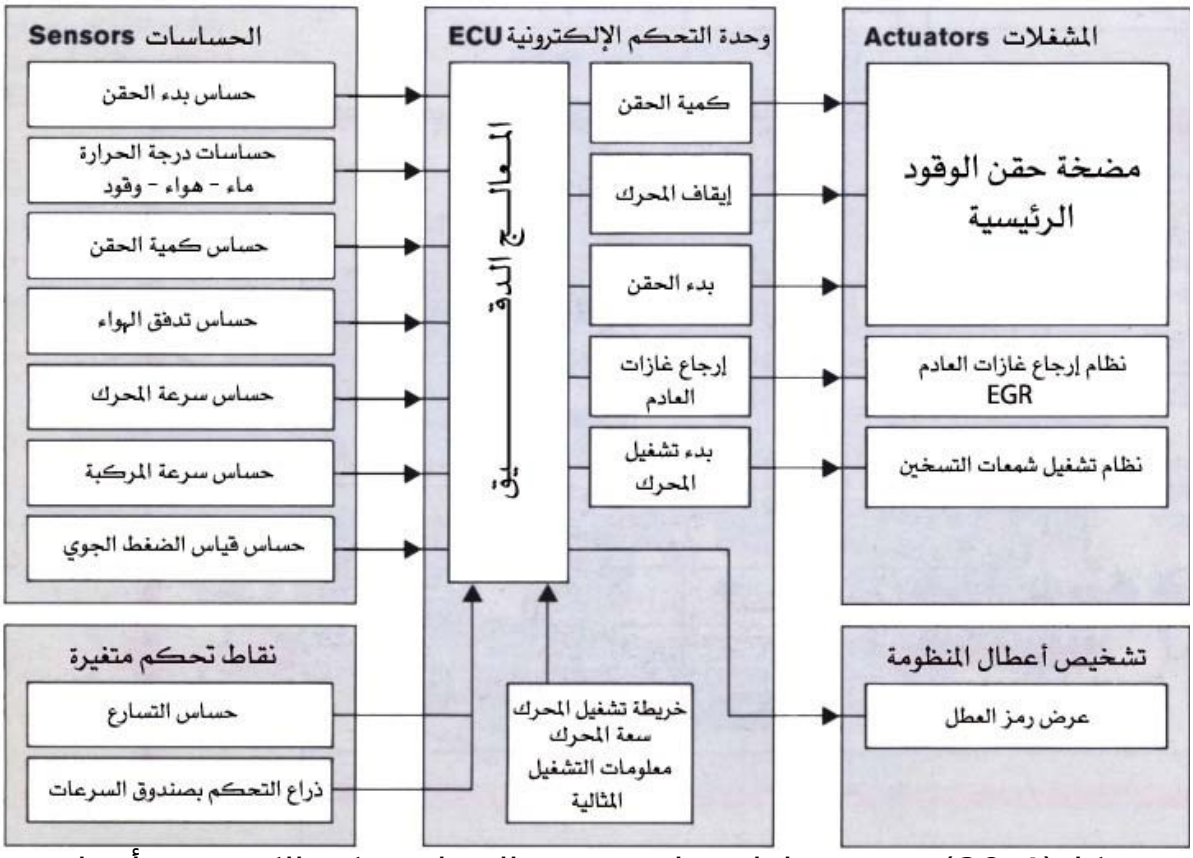
شكل (4-28) يوضح مشغل ميكانيكي

(4.3.10) طريقة عمل المشغلات

تقوم المشغلات بتحويل الإشارات الإلكترونية القادمة اليها من وحدة التحكم الإلكترونية الي حركة ميكانيكية تتحكم في أداءأجزاء المنظومة حسب ما هو مطلوب .

(4.3.11) الأجزاء المكونة للمشغلات

1. مضخة حقن الديزل وتستقبل الإشارات الصادرة اليها من وحدة التحكم الإلكتروني لتغيير كمية الحقن وقطع الحقن عن المحرك وتوقيت بدء الحقن ، وفي الحقن الحديث الـ common rail منظم الضغط يقوم بهذه المهمة .
2. صمام إرجاع غازات العادم .
3. وحدة التحكم بشمعات التسخين .
4. لوحة عرض رمز العطل .



شكل(4-29) يبين مخطط منظومة حقن الديزل بتحكم الكتروني وأجزاءه الأساسية

(4.3.12) اهم جزء في مضخة حقن الديزل بالتحكم الإلكتروني

أن أهم جزء في مضخة حقن الديزل هو التحكم الإلكتروني الذي هو بمثابة منظم إلكتروني لحقن الديزل ، وبالتالي هو المسؤول عن تقليل أو زيادة كمية الوقود للمحرك وذلك حسب ظروف التشغيل مما يؤدي إلى :

(1) تحسين أداء المحرك وسلاسته.
(2) تقليل استهلاك الوقود.
(3) تقليل غازات العادم.

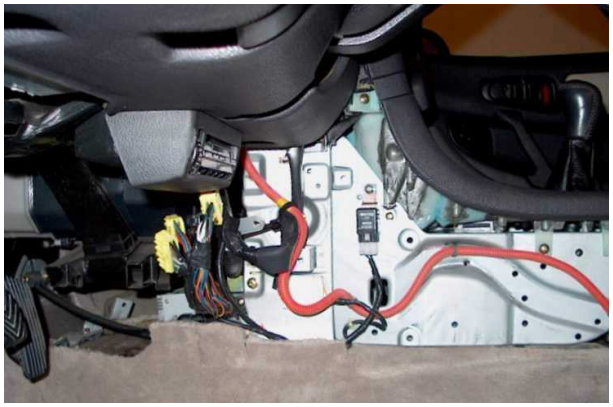
(4.3.13) مميزات استخدام الـ ECU

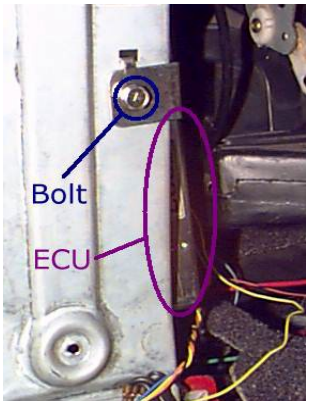
1/ استهلاك اقل للوقود.
2/ تلوث اقل بسبب عدم ضخ نسبة كبيرة من الوقود إلا عند الاحتياج.

(4.3.14) تركيب وحدة التحكم الإلكتروني بالسيارة

تم وضع وحدة التحكم في غلاف معدني داخل مقصورة الركاب منعاً لوصول الحرارة او الماء الي داخلها وحمايتها من الصدمات , وتوجد وحدة التحكم الإلكترونية اسفل طبلون السيارة او بجوار المحرك

اسفل غطاء المحرك ويكون مؤمن بشكل كبيرٍ لضمان عدم وصول المياه اليه حتى فى حالة غسل السيارة وهو أيضاً مؤمن كهربيا بحيث لا يتأثر بأى عيب او مشكلة كهربائية بالسيارة .
عناصر الوحدة الإلكترونية مطبوعة علي لوحة خاصة موصلة مع الطاقة اما العناصر الاخري تم تركيبها علي الغلاف المعدني وهذا يساعد علي إشعاع الحرارة الي الخارج ومنها الي المشغلات .





الشكلين (4-30) تركيب الـ ECU داخل مقصورة الركاب بالسيارة

(4.3.15) الأعطال الشائعة في وحدة التحكم الإلكتروني (الكمبيوتر)

الأعطال الشائعة في وحدة التحكم الإلكتروني سهل التعرف عليها من شخص متمرس لديه الخبرة القليلة في مجال الإلكترونيات حيث يستطيع تحديد دائرة القصر او العطل في وحدة التحكم ومن اهم تلك الأعطال الشائعة :

أولا : أعطال وحدة القدرة في الكمبيوتر

أسبابالأعطال : من اهم أسباب التعطل هو وجود توصيل رديء في البطارية او تذبذب وارتفاع الشحن الكهربائي من المولد للبطارية ومن ثم حدوث دائرة قصر كهربائي في مغذيات المجسات .

تلافي الأعطال : يتم من خلال التأكد من التوصيل الجيد للبطارية والفحص الدوري للشاحن وعدم أحداث دوائر القصر أثناء الفحص والصيانة غير المدروسة .

تصليح الأعطال :يحدث العطل عادة في موحدات التيار (الدايوت) الرئيسية والتي تحمي وحدة التحكم من انعكاس القطبية ومن التيار العالي وتعتبر دائرة ضعيفة من مهامها الانهيار وحماية وحدة التحكم كما تتأثر المتسعات (المكثفات) التي تقوم بدور المرشح للتيار بتذبذب الشاحن وتوصيلاته مما يسبب انهيارها وخروج مواد حامضية منها تسبب

بدورهاحدوث قصر كهربائي في دائرة وحدة التحكم.
كما يتأثر مثبت الفولتية (5 فولت) بوحدة التحكم بارتفاع الجهد بسبب الشاحن مما يؤدي لانهياره وقطع الفولتية (5 فولت) عن وحدة التحكم مما يوقفه عن العمل .
وتتم أعمال التصليح بتبديل الدايوتات والمتسعات (المكثفات) والتوصيلات المتضررة وعادة تكون واضحة للعين المجردة .

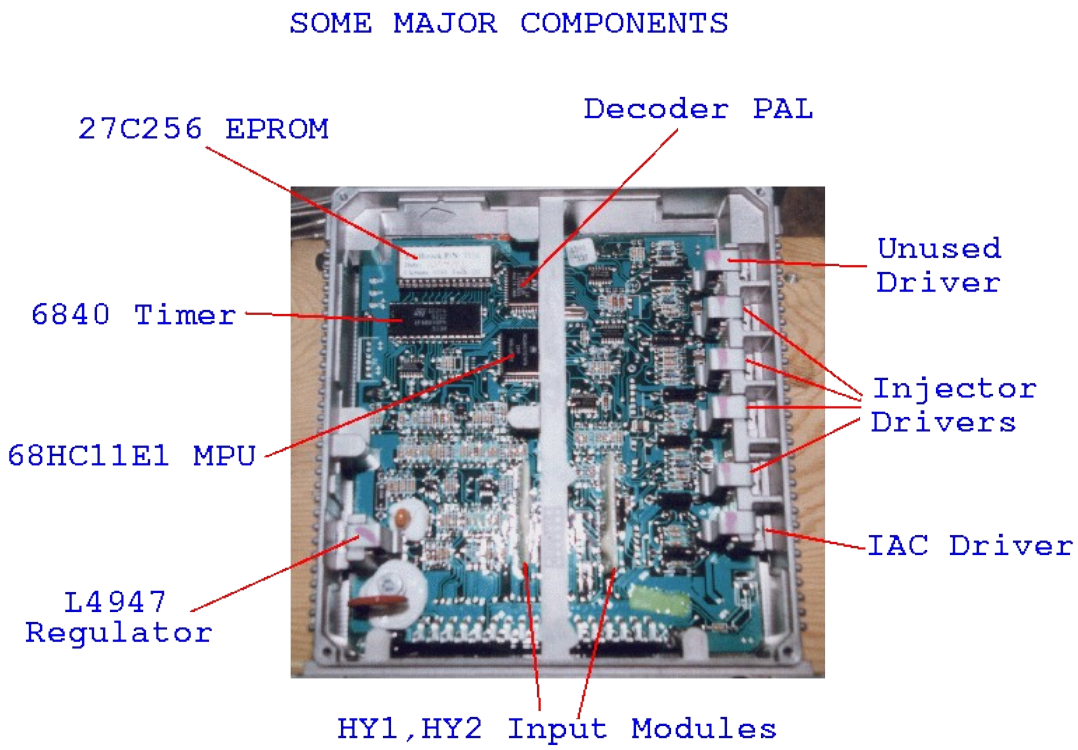
ثانياً : **أعطال دائرة الحساسات**
الأسباب: وتكون دائما" بسبب مسبب اماأثناء الفحص او انهيار في المجسات نفسها نتيجة العمر الافتراضي للدوائر او الظروف البيئية التي تعمل بها وحدة التحكم .
تلافيها: المحافظة على سلامة التوصيلات الكهربائية دائما" وتقليل عمليات الغسل لان الماء ينفذ الى داخل التوصيلات بسبب انهيار الإطارات المطاطية العازلة للماء بعد عمر زمني بسبب المتغيرات الحرارية .
تصليحها : تتم عملية التصليح بإعادة توصيل الأجزاء المقطوعة عادة من دوائر المغذي للحساسات في العقل وتبديل التالف منها من عقل آخر يستخدم كمادة احتياطية كما يجب فحص او تبديل الحساس ذو العلاقة بالعطل **.**
ثالثاً : أعطال الدوائر التنفيذية
أسبابها: وجود قصركهربائي في المستهلكات او ضرر في التوصيلات الكهربائية لها
تلافيها : المحافظة على جفاف التوصيلات الكهربائية دائما" وتبديل المعطل بنفس النوع وبقطع اصلية عند توفرها وعدم ربط أحمال إضافية للمستهلكات لاي سبب كان .
تصليحها : تتم العملية بتحديد العطل وتبديل التالف بعقل آخر اذا امكن ذلك نستخدمه كمادة احتياطية للتصليح لضمان النوعية ولان الأرقام الموجودة في العقول خاصة بالشركات المنتجة وليست عامة في اغلب الأحيان .
رابعاً : أعطال الذاكرات والبرامج
أسبابها : وجود رطوبة دائمة في وحدة التحكم او تعرضه للصعق الكهربائي العالي الجهد من ملفات الإشعال وأعطال أسلاك البوجيات

والتي تتسبب في التشويش على الإشارات الداخلة لوحدة التحكم الإلكتروني والكهربائية الاستاتيكية .

تلافيها: المحـافظة على جفاف التوصيــلات والتأكد من سلامة ملفات الإشعال وشمعات الإشــعال واسلاك البوجيــات بشكل دوري وعـدم تســـرب ماء الغــسل لوحدة التحكم الإلكتروني.

التصليح : اما باستخدام الأجهزة الحديثة عن طريق وصلة تحميل برنامج جديد بعد إزالة اسباب الضرراو بالطريقة الكلاسيكية برفع الذاكرة من العقل ومسحها او التأكد من سلامة البرنامج الذي فيها او استبدالها شرط توفر برنامج صالح من عقل آخر كمادة احتياطية او مخزون في أرشيف .

- من الأعطال التي يصعب متابعتها أحياناً" هي أعطال الذاكرة والبرنامج في العقل حيث لاتحل في اغلب الأحيان الا بالتجربة اي بالتبديل والفحص للبرنامج الموجود في الذاكرة .



شكل(4-31) نموذج توضيحي لأجزاء منظومة الـ ECU

الفصل الخامس

- **أجهزة فحص واختبار السيارة**
- **أجهزة الفحص المساندة**

(5-1) مقدمة :

تستخدم معظم السيارات الحديثة لتشغيل اجهزة السيارة المختلفة اجهزة الحاسب الالي لتقوم بالتحكم في تشغيل هذه الاجهزة وفقا لطلب السائق او حسب متطلبات تشغيل الجهاز ، ويتشابه عمل الحاسب الالي في السيارة بالحاسب الالي العادي ولكن وجود بعض التعديلات علي نظام التشغيل ونوعية وسائل التخزين حيث توجد عدد ثلاثة ذواكر الاولي للقراءة فقط والثانية للقراءة والكتابة والثالثة ذاكرة للقراءة قابلة للبرمجة ، وهنالك ايضا اجهزة ومعدات فحص مساندة لتحديد وتشخيص الاعطال .

فنجد نوعين من المصلحين واحد يقوم بفتح المحرك ويبدل اجزائه حسب تقديراته الخاصة الى ان يكشف الجزء المعطل بعد ضياع الوقت وتكاليف كثيرة ، واخر يستعمل الذكاء ويحاول الحصول على بعض الحقائق عن المحرك ويفحصه حتى يشخص العطل وبعدها يبدأ بتبديل هذه الأجزاء التالفة ولهذا فإن الفحص والتشخيص هى الطريقة الوحيدة والصحيحة التى يجب ان يستعملها المصلح عند تصليح محرك السيارة واجزاءه .

(5-2) أجهزة فحص واختبار السيارة

أجهزة فحص و اختبار السيارة هي معدات تستخدم للاتصال مع البرنامج الداخلي للعقل الإلكتروني لقراءة المعلومات التي يستقبلها العقل الإلكتروني وقراءة الأعطال التي يسجلها العقل الإلكتروني علما أن هذه الأجهزةلا ستطيع الوصول إلى الأعطال الميكانيكية أو الكهربائية

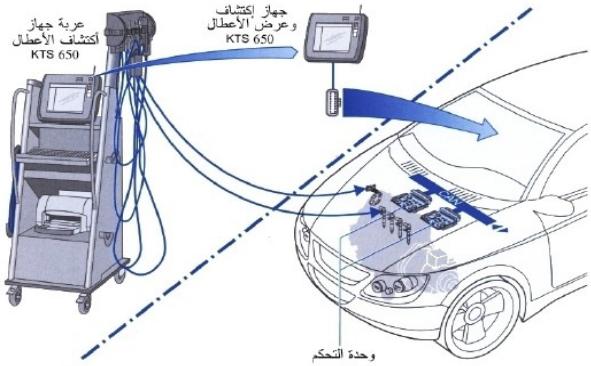
العامة إلا إذا كانت تحت المراقبة من قبل حساسات العقل " الكمبيوتر " مثلا أعطال ميكانيكية للمحرك في الكرنك او السلندر لا يمكن التحقق منها بالجهاز لا نها خارج دائرة المراقبة للحساسات.

(5-2-1) تاريخ اجهزة الفحص

توجد أجهزة فحص منذ الثمانينات للسيارات الأمريكية واليابانية والأوربية التي كانت شائعة وكانت كل شركة تصنع فيشة الفحص الخاصة بها ومن شركة تتفق معها وحتى بداية التسعينات بدأت الشركات الكبرى توحد فيشة فحص لمنتجاتها من السيارات ومن ثم مع دخول شركات كثيرة وجديدة لسوق صناعة السيارات مثل الكوري والصيني والأسترالي ومن اوربا الشرقية وغيرها تولدت الضرورة لتوحيد نظام فحص السيارات في كل العالم فخرجت لنا فكرة فيشة الفحص او بي دي 1OBD I وبعدها تطورت فكرة فيشة الفحص الموحدة إلى او بي دي OBD II 2 وذلك في منتصف التسعينات وفي مطلع الألفية الثانية 2000 تم استحداث نظام الفيشة الجديدة للفحص وهي فيشة CAN BUS .

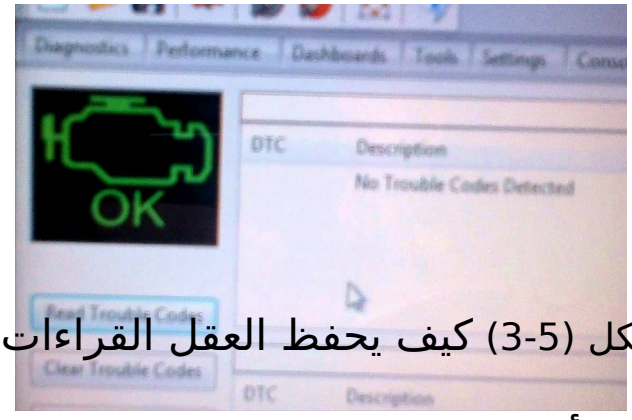
شكل (5-1) يوضح جهاز فحص السيارة

(5-2-2) عملية فحص السيارة



الشكلين (5-2) مدخل الفيشة

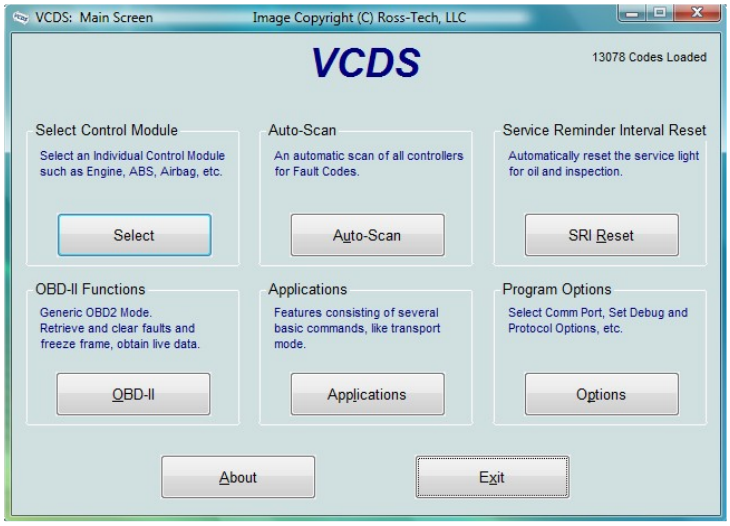
تتم بواسطة الاتصال بين العقل والجهاز عن طريق نقاط إرسال واستقبال المعلومات التي توجد في كل العقول بالتصميم الأساسي للعقل وفي بعض الموديلات تتم بواسطة سلك واحد يسمى كي لاين حيث يتم من خلال هذا السلك عملية السؤال والجواب بين العقل والجهازحيث تقارن البيانات المقاسة مع البيانات المثالية وتظهر نتائج الفحص علي شكل رموز ونقاط لتحديد أماكن الخطأ في منظومة الحقن مباشرة وهذا يؤدي الي اختصار الجهد والوقت كما يجب مراجعة كتاب الصيانة الخاص بالمركبة وجهاز اكتشاف العطل للحصول علي الطريق الأمثل في العمل وهذا الاختيار يتم بفحص عمل المحرك بشكل كامل سواء الحساسات الخاصة بالمنظومة او بغيرها من أجزاء المحرك ويعطي نتائج الفحص لمعرفة أسباب الخلل التي قد لا يكون لمنظومة الحقن علاقة بها.



شكل (5-3) كيف يحفظ العقل القراءات والأعطال

(5-2-3) برامج أوامر التشغيل والصيانة

تصل للعقل قيم الحساسات المتصلة معه ويقوم بحفظ القيم في ملف خاص بجهاز الفحص وكذلك يقوم عقل السيارة بمراقبة قيم الحساسات اذا خرجت عن القيم المقررة يسجل عطل عن ذلك الحساس ويحفظ معلومات عن لحظة التعطل في ملف اخر خاص بالجهاز يسمى مسجل الأعطال وملف المعلومات المجمدة وعندما تصل السيارة للفحص يسأل الجهاز العقل عن كل الفقرات ويقوم العقل بالإجابة عنها حسب ما مخزن في الملفات التي ذكرت.



شكل (5-4) برامج أوامر التشغيل

(5-2-4) طريقة استخدام أجهزة الفحص

- يجب أن تكون لنا المعرفة بالسيارة المراد فحصها من حيث النوع الموديل ونوع المحرك ونوع النظام الإلكتروني .
- تحديد نوع فيشة الفحص الموجودة اذا كانت متوفرة بجهازك ام لا .
- تحديد عام للعطل بالسيارة من خلال محادثة صاحبها لمعرفة الجدوى الممكنة من عملية الفحص .
- توصيل الجهاز بالفيشة المتوفرة والمناسبة على ان يكون البرنامج يحتوي بالسيارة المراد فحصها .
- فتح مفتاح السيارة وتشغيل الجهاز وتركه ليعد البرنامج ومن ثم اتباع تعليمات الشاشة الخاصة بالجهاز من خلال تحديد نوع السيارة وموديل السنة اذا طلب ونوع الفيشة المستعملة اذا طلب ونوع المحرك الموجود اذا طلبت هذه الخطوات يبدأ الجهاز بالمسح الإلكتروني بحثاً عن السيارة وعندما يؤمن الاتصال معها

سوف يعرض عليك قائمة تحوي المنظومات التي يمكن قراءتها في السيارة مثل المحرك الكهربائي والبريك الكهربائي ومنظومة الاكياس الهوائية وغيرها من المنظومات ذات التحكم الإلكتروني في السيارة .

- الان يجب ان نختار المنظومة التي نريد فحصها اولا مثلا المحرك قد يعرض علينا حينها انواع من المحركات ذو الكامشفت الواحد أو ذو الكامشفت الثنائي او يسأل المحرك ذو وقود خالي من الرصاص او وقود يحتوي على الرصاص ليحدد منطقة التوريد حسب النوع او نوع السلندر اربعة مستقيمة او V 6 او ثمانية سلندر مثلا.
- بعد هذا التحديث يتم الدخول للمنظومة المطلوبة ويعرض علينا اختيارات الدخول لمسجل الاعطال لقراءة الاعطال السابقة المسجلة في ذاكرة العقل او إجراء عملية مسح للأعطال السابقة لتحديد الأعطال الحالية فقط او قراءة قيم الحساسات الحالية او قراءة المعلومات المجمدة منذ اخر عطل مسجل او إجراء عملية تحكم بتشغيل وأطفاء بعض المكونات التي يتحكم فيها العقل مثل طلمبة التغذية او البخاخ المعين او الـ ECU وغيرها .
- عند قراءة الاعطال المسجلة لايجوز اعتبارها اعطال فعلية دائمة وانما قد تكون سجلت أثناء اعمال الفحص غير المدروسة لذا نقوم بتسجيل كل الاعطال التي نجدها ثم نقوم بمسحها من ذاكرة العقل لان العقل احيانا يوقف بعض العمليات بسبب وجود أعطال مسجلة ومن ثم نجري عملية تشغيل وإطفاء للسيارة ونعود بعدها لقراءة مسجل الأعطال لمعرفة الأعطال الثابتة من الغير ثابتة واذا وجدنا عطل ثابت نرجع الى قراءة الحساس الذي يمثله العطل اذا كانت طبيعية فالعطل كاذب او بمعنى اصح يسجل بسبب ضرر في المحرك مثلا يسجل عطل حساس الكرنك عندما تكون البطارية ضعيفة وعندما يكون مشغل السلف ضعيف بالتدوير للمحرك وعلى هذا الأساس لايجوز اعتباره عطلاً الا بعد اجراء عمليات الفحص الكلاسيكية المعتادة للبحث عن العطل لكن في هذا المثال نحن ضيقنا منطقة البحث عن العطل من خلال استخدام الجهاز بالبحث .

(5-2-5) جهاز فحص السيارات Carman scan الكورية

هي من أجهزة الفحص الشائعة وهي جهاز تشخيص الأعطال للسيارات الحديثة

أولا : نوع الجهاز CARMAN scan

الشركة المنتجة – Nextech الدولة المنتجة KOREA

ثانياً : المميزات العامة للجهاز

- وتعتبر الاجهزة المعتمدة لشركة HYUNDAI هونداي للسيارات وكذلك
لشركة KIA كيا للسيارات .
- يعتمد الجهاز على عدة بطاقات ذاكرة نوع CF CARD في تبديل البرامج حسب نوع السيارة المطلوبة للفحص الأوربي والأمريكي والأسيوي .
- ويتميز بسرعة التحميل وسهولة الاستخدام وانخفاض عدد الاوامر في الشاشة .
- يمتلك الجهاز عدد كبير من التوصيلات الخاصة بالسيارات القديمة اي قبل نظام OBD .
- يمتلك الجهاز القدرة على التحول الى جهاز قياس مولتيميتر متعدد القياسات والأغراض MULTI METER كما يتحول الى راسم الإشارة اوسلوسكوب OSCILLOSCOPE ذو قناتين للقياس .
- ويمكن توصيل الجهاز مع الحواسيب لغرض التحديث ونقل المعلومات الخاصة بالسيارة المفحوصة من ذاكرة الجهاز الى الحاسوب .

- كما يتمكن الجهاز من توليد الإشارات المتغيرة بالفولتية والتردد لتقليد إشارات الحساسات وإصدارأوامر لتحريك الصمامات والمنفذات عن طريقه بالتوصيل المباشر مع أسلاكها .

شكل (5-5) صندوق جهاز Carman scan

(5-3) أجهزة الفحص المساندة

أولاً : يجب توفر أجهزة ومعدات القياس لتحديد وتشخيص الأعطال ومنها:

تجهيز تحديد كمية الوقود الفائض (الراجع) من رشاشات الحقن .

الشكلين (5-6) تجهيز تحديد كمية الوقود الفائض

ثانياً : تجهيز الكشف علي الضغط المنخفض في دورة حقن الوقود.

شكل (5-7) تجهيز كشف الضغط المنخفض

ثالثاً : تجهيز الكشف علي الضغط العالي في دورة الحقن الوقود.

شكل (5-8) تجهيز كشف الضغط العالي

(5-3-1) فحص رشاش النظام علي المحرك

أولاً : فصل أنابيب الوقد الفائض (الراجع) من الرشاشات .

شكل (5-9) فصل أنابيب الوقد الفائض

ثانياً : توصيل أنابيب تجهيز الوقود الفائض بفتحات الفائض في الرشاش ومن ثم تشغيل المحرك علي سرعة متوسطة لمعرفة كمية الوقود الراجع ومقارنته بالمقاييس المثالية المدرجة في الأقراص المدمجة الخاصة بفص النظام .

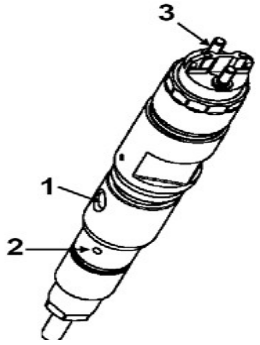
شكل (5-10) توصيل أنابيب تجهيزه الوقد الفائض

ثالثاً : يجب تغيير حلقات الأحكام الخاصة بتثبيت الرشاش في كل مرة يفك فيها الرشاش .

شكل (5-11) حلقات أحكام تثبيت الرشاش

(5-3-2) أجزاء الرشاش الخارجية

أولاً : نوع CRIN1 or 2 type 1 للمحركات المتوسطة والكبيرة الحجم (نوع عام) :

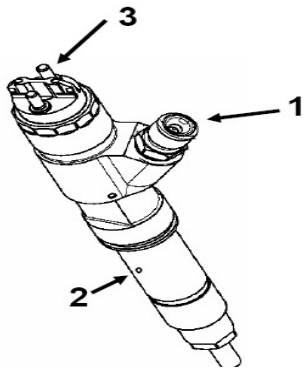


1. فتحة دخول الوقود (ضغط عالي).
2. فتحة خروج الوقود الفائض.
3. مقبس التوصيل الكهربائي.

شكل(5-12) type1

ثانيا : نوع CRIN1 or 2 type 4 للمحركات الصغيرة المتوسطة والكبيرة الحجم (نوع عام) :

1- فتحة دخول الوقود (ضغط عالي).
2- فتحة خروج الوقود الفائض.
3- مقبس التوصيل الكهربائي



شكل (5-13) type 4

(5-3-3) تنظيف الرشاش

يتم تنظيف الرشاش في منطقة تخلو من الغبار والرطوبة .

الشكلين (5-14) غرفة تنظيف الرشاش وجهاز المعايرة

أولاً : في حالة وجود عيوب ظاهرة علي أجزاء الرشاش الخارجية لا يمكن إصلاحها ويجب تغيير الرشاش.

الأشكال (5-15) عيوب أجزاء الرشاش الخارجية

ثانياً : حين تكون الأجزاء الخارجية سليمة يمكننا اختبار وفحص صلاحية الرشاش علي الجهاز المخصص لفحص وضبط أجزاء المنظومة ويكون ذلك بواسطة عدة أجهزة مختلفة مثل جهاز فحص وضبط أنظمة حقن الديزل Bosch EPS 815 وهو احد احدث الأجهزة التي تقوم باختبار وفحص جميع أنظمة حقن الديزل العادية منها والإلكترونية.

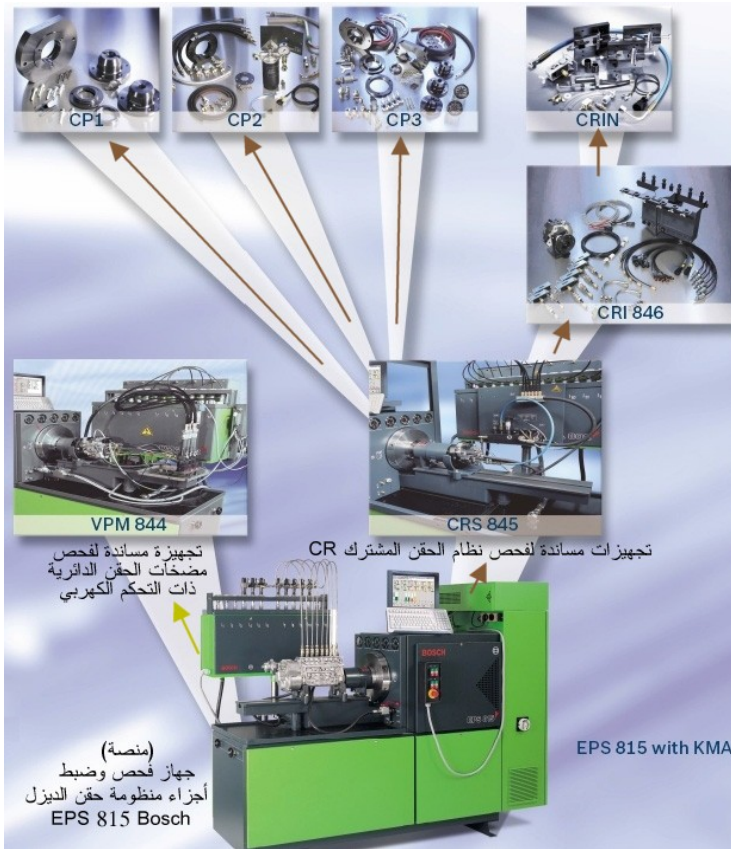
شكل (5- 16) جهاز فحص وضبط أنظمة حقن الديزل Bosch EPS 815

ثالثاً : لفحص نظام الخط المشترك CR يجب وجود تجهيزات مساندة للجهاز للقيام بذلك كما هو مبين في الصورة السابقة من حيث أنابيب التوصيل الخاصة والحوامل الخاصة بالرشاشات وأدوات لتركيب مضخة الحقن ذات الضغط العالي الخاصة بالنظام .

شكل (5-17) تجهيزات مساندة للجهاز

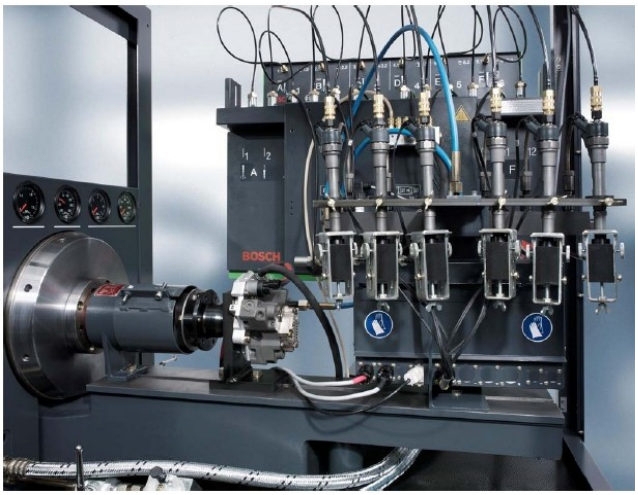
رابعاً : تختلف التجهيزات المساندة للجهاز حسب نوع منظومة الحقن ففي النظام العادي الذي يخلو من اي تحكم كهربائي يقتصر الأمر علي وجود اقراص مدمجة (ESI tronic) لمعرفة البيانات الخاصة بكل مضخة وشاشة لعرض القياس ولكن مضخات الحقن ذات التحكم الكهربائي

مثل مضخة الحقن الدائرية VP 44 يجب الحصول علي التجهيزات المساندة لذلك.
أما لفحص نظام الخط المشترك CR باجياله المختلفة فان الامر يتطلب الحصول علي تجهيزات متعددة .



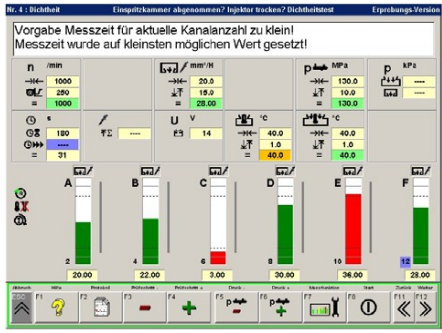
شكل (5-18) تجهيزات متعددة لفحص نظام الخط المشترك

خامساً : بعد تنظيف الرشاش توصل بالجهاز حسب كتاب الصيانة المرفق مع تجهيزات الفحص المخصصة للرشاشات وكذلك مضخة الحقن ذات الضغط العالي ويتم قبل عملية الفحص ضبط الجهاز من ناحية الضغط المناسب للمنظومة المراد فحصها .



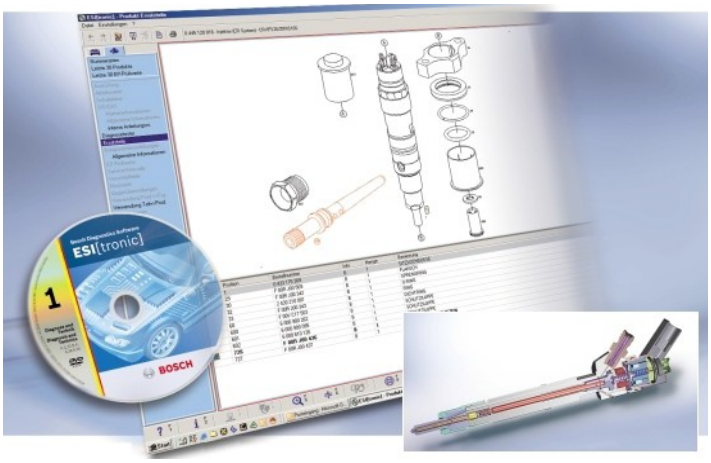
شكل (5-19) جهاز فحص الرشاشات

سادساً : تؤخذ البيانات من الأقراص المدمجة حسب نوع المنظومة ثم تدرج في برنامج القياس وذلك لمقارنتها مع القياسات الفعلية التي تحدد عمل الرشاش الفعلي الظاهرة علي شاشة الجهاز .



الشكلين (5-20) شاشة الجهاز

سابعاً : اذا كانت النتائج صحيحة او في نطاق المسموح به تنتهي عملية الفحص اما اذا كانت غير ذلك فانه يجب فك أجزاء الرشاش ومعرفة حالة أجزائه الداخلية ويمكننا الاستفادة من برامج الصيانة لمعرفة الأجزاء ومسمياتها .

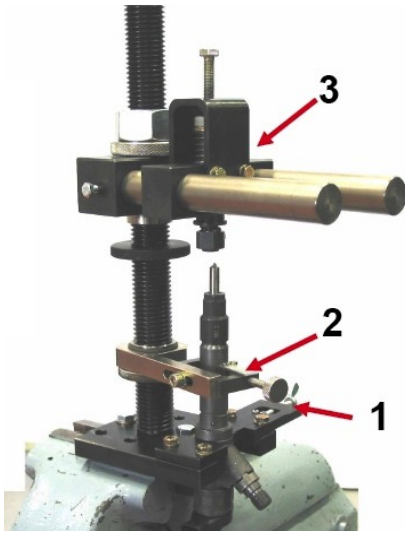


شكل (5-21) معرفة أجزاء الرشاش ومسمياتها من برامج الصيانة

(5-3-4) أدوات فك الرشاش

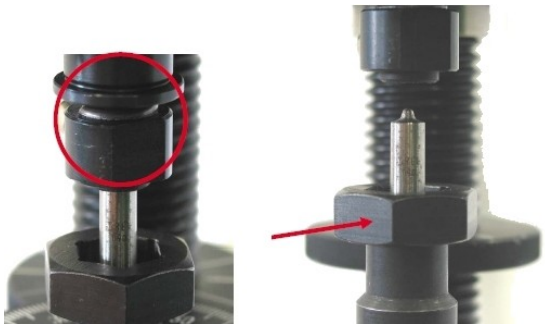
اولاً : تستخدم أداة خاصة لفك رشاش نظام الحقن المشترك CR كما هو مبين في الصورة.

1. جزء تثبيت الرشاش السفلي.
2. جزء تثبيت الرشاش العلوي.
3. أداة لتثبيت راس (أسطوانة) الرشاش.



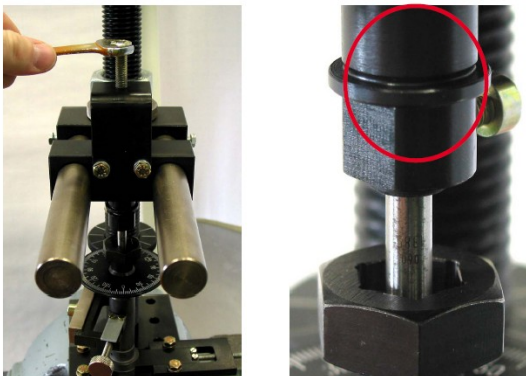
الشكلين (5-22) أدوات فك الرشاش

ثانياً : وضع صامولة التثبيت الخاصة بأداة الفك حول راس الرشاش لتثبيته.



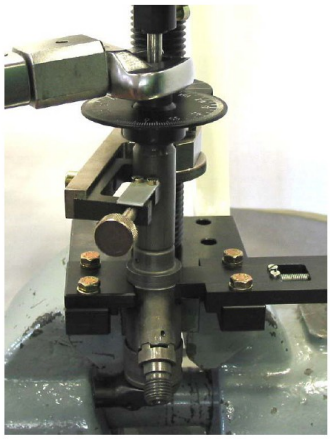
الشكلين (5-23) فك الرشاش

ثالثاً : شد مسمار التثبيت العلوي لمنع الرشاش من الانزلاق عند فكه.



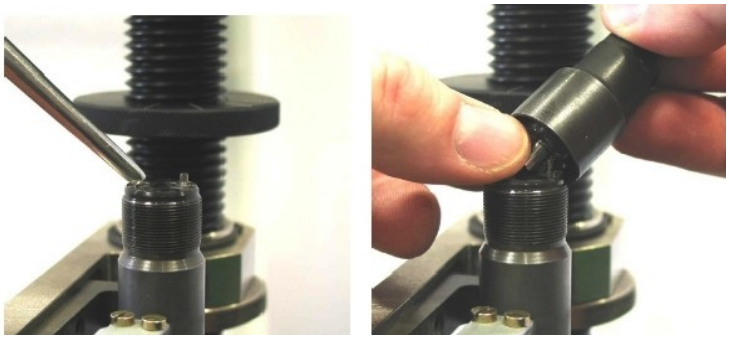
الشكلين (5-24) شد مسمار التثبيت عند فك الرشاش

رابعاً : استخدم المفتاح المناسب لتدوير صامولة التثبيت لفك الجزء السفلي من الرشاش.



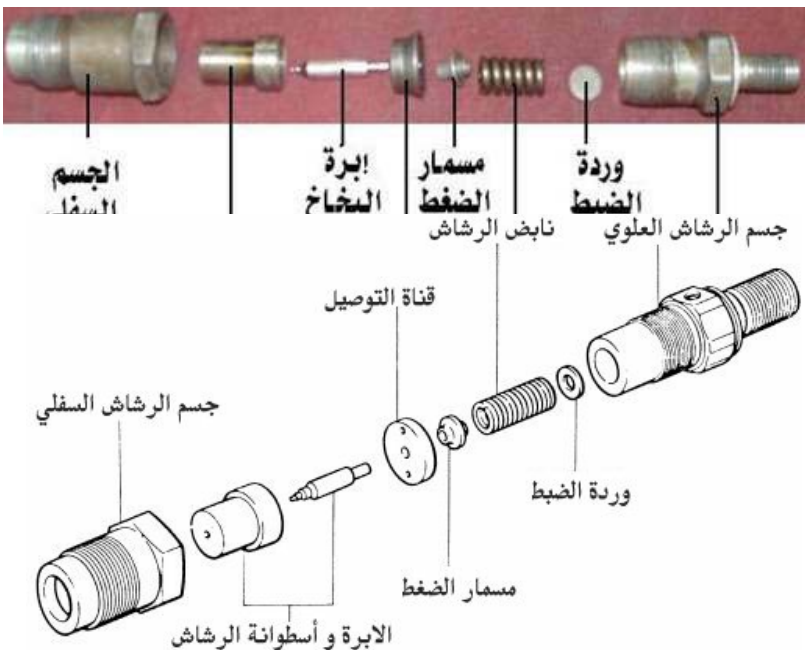
شكل (5-25) استخدام المفتاح

خامساً : فك أجزاء الرشاش علي بروز التثبيت بين أجزاء الرشاش الداخلية.



الشكلين (5-26) فك أجزاء الرشاش الداخلية

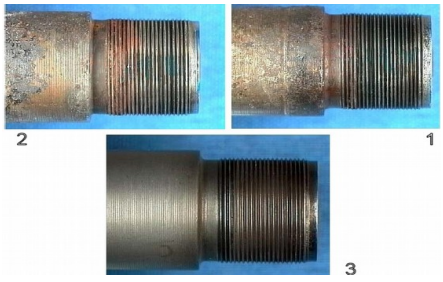
سادساً : ترتيب أجزاء الرشاش علي طاولة نظيفة لفحصها بواسطة عدسة مكبرة لمشاهدة الأسطح الخارجية لكل قطعة.



الشكلين (5-27) ترتيب أجزاء الرشاش

شكل (5-28) TDi injector

سابعاً : فحص نهايات الشد الخارجي في الرشاش والتي توصل بأنابيب توصيل الوقود حيث في الصورة 1 و 2 النهايات تحتاج الي تنظيف او تغيير جسم الرشاش ، فيجب ان تكون سليمة كما هو ظاهر في الصورة 3 .



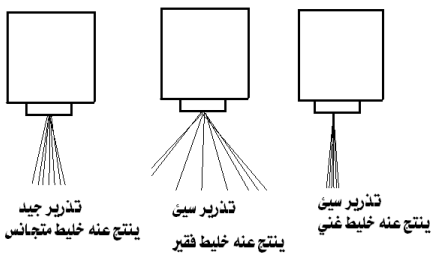
الأشكال (5-29) ميل الرشاش

شكل (5-30) جهاز اختبار الرشاشات

شكل (5-31) يجب معرفة الضغط الصحيح للرشاش

الأشكال (5-32) أشكال التذرية عند عمل رشاش الديزل

الفصل السادس



التوصيات . .

- **المراجع والمصادر**
- **الملاحق**

(6-1) التوصيات

من خلال دراستنا للبحث يوصي الباحثون بالتوصيات الأتية :
ان هذا المجال من البحوث المتقدمة في مجال السيارات يجب التركيز عليه ونحن الان مقبلون على عصر جديد في تقنيات السيطرة الإلكترونية لمحرك السيارة وهو عصر بدائل الوقود البترولي للمحافظة علي البيئة .
فتكمن أهمية دور التقنيات الحديثة في حقن وقود الديزل الإلكتروني للمحرك وربط جميع الأنظمة الملحقة بالسيارة الكتر ونيا والتي تحقق الأهداف المرجوة منها والتي نسعي علي معرفة هذه الأنظمة من خلال التوصيات أدناه :

1- نوصي إدارة الجامعة بتوفير الأجهزة والمعدات الحديثة وكذلك عمل النماذج التي تعمل علي محاكاة الأنظمة بدقة جيدة .
2- نوصي كذلك بتوفير الكتب والمراجع الخاصة بأنظمة السيارات الحديثة والمتطورة وذلك لمواكبة الطلاب الدارسين علي هذا التطور .
3- الاهتمام باستخدام أجهزة الفحص الحديثة في عمليات تشخيص الأعطال والصيانة بورشة السيارات .
4- نوصي الشركات التي تعمل في هذا المجال بإتاحة الفرصة لتدريب الطلاب حتي تعم الفائدة وتوسع مداركهم بالأنظمة الحديثة وكيفية استخدامهذه الأجهزة حتي تعم الفائدة وتساهم في تطوير البلاد تقنياً .

(6-2) المصادر والمراجع

1. فريدريك نيس وأخرون .تكنولوجيا المركبات الألية a، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني المملكة العربية السعودية.
2. انظمة وفود الديزل ، مهندس : احمد نصيف ، المكتبة العلمية الحديثة ، دار الكتاب العربي د مشق الطبعة الاولى 1986.
3. كتاب محاضرات في محركات الاحتراق الداخلي جامعة عين شمس كلية الهندسة قسم الميكانيكا و السيارات .
4. محركات الديزل ومحركات الغاز عالية الانضغاط مجموعة الكتب الدراسية و المراجع الأمريكية المترجمة ترجمة الدكتور:محمد حسن السبيلجى .
5. تقنية السيارات : من قسم – التقنية موقع المهندسون العرب الأكبر .
6. تقنيات الهايبري : بقلم / هاني عبابنة .
7. منتدي عالم السيارات والمحركات .
8. تقرير التعرف علي وحدة التحكم الإلكترونية من عدة نواحي م/ حسن موسي قصادي HQUSADI@yahoo.com.
9. تصنيف صيانة السيارات.
10. مكتبة البخاري كتب تقنية ميكانيك السيارات Technology car mechanics
11. منتدي الجلفة لكل الجزائريين والعرب.
12. منتدى السيارات.

(6-3) الملاحق

اولاً : معنى الحروف المكتوبة على السيارات

يجهل الكثير من سائقي السيارات ماذا تعني الحروف التي تكون مكتوبة خلف السيارة أو في الأبواب الأمامية.

تعتبر **TDI–**ماركة مسجلة لشركة فلكسواجن وهي تعني turbocharged Direct Injection الحقن التوربيني المباشر ويوجد في مجموعة محدودة من السيارات وهي :

*Volkswagen *Skoda * Seat *Audi *Porsche

- HDIهي فئة من محركات ديزل خاصة بشركة بيجو(Peugeo) و HDi هي اختصار لجملة اشتعال الديزل الهيدروليك (hydraulic diesel injection) وهي موجودة فقط في ا لسيارات الفرنسية
*Peugeot * Citroen

- DCIهي فئة من محركات ديزل خاصة بشركة رونو (renault) و DCi هي اختصار لجملة ديزل diesel common rail injection وهي موجودة في محركات
Renault * Dacia *Nissan*

- **CDI**وهي اختصار لجملة common rail injectionمن فئة محركات الديزل الخاصة بالمرسيدس وهي تعمل بنظام الحقن الإلكتروني للوقود. وقد ابتكرت من قبل مرسيدس بنز وتوصف بأنها الأنظف حرقاً للديزل وأخر محرك تم إنتاجه من طرف مرسيدس هو CDI BLEU EFFICIENCY
تقلل هذه التقنية مصرف الوقود بنسبة 10% حيث اصبح السيارة S320 CDIبحاجة إلى 7.6 لتر من الديزل لقطع 100 كم .وهذا يعني تقليل مقداره 0.7 لتر

- JTDوهي اختصار لكلمة جيت تيربو ديزل
Jet Turbo Diesel وهو من فئة المحركات ا لخاصة بـ
*Fiat *Suzuki *AlfaRoméo*Lancia

ثانياً : هناك العديد من الأنواع والمهم أن حرف **D**يعني ديزل وحرف **G** يعني غاز ومثال GTI

CDI	**CRD.CRDi**	**CRDI**
CTDi	**D-4D**	**dCi**

Di	DI-D	DiTD
DTi	HDi	i-CTDi
JTD	TD	TD4
TDCi	TDi	TiD
VD		

الجدول (6-1) يوضح أنواع حرف الـ D

الشكل (6-2) تنبيه طبلون السيارة

الشكل (6-3) مبين الأعطال بالسيارة

الشكل (4-6) TDi common rail board