

الباب الرابع

المحركات ثنائية الوقود غاز - ديزل Dual - Fuel Engines

4- مقدمة .

لما كان النمو المضطرد لإنبعاثات غازات العادم قد وصلت إلى المستويات الكبيرة والمضرة على سطح الكرة الأرضية وأثرت كثيرًا على البيئة ، وأيضًا إحتياجات الأسواق الأرضية والبحرية للطاقة النظيفة فقد تم التفكير في الغاز الطبيعي كمصدر للطاقة النظيفة مما شجع هذا المصممون على إنتاج محركات متوسطة السرعة وأيضًا محركات بطينة السرعة ثنائية الوقود Dual - Fuel ومع استخدام وقود الغاز الطبيعي مع وقود الديزل في المحركات تلاحظ أن فترات الصيانة قد تباعدت وكذلك طول فترة الصيانة الكاملة لوحداث توليد القدرة، ومن الناحية الصحية فإن إنتاج المحركات التي تعمل بوقود غاز- ديزل أفضل بكثير وذلك لإنخفاض الإنبعاثات المضرة على البيئة والصحة .

ومن السفن التي تعمل بمحركات ثنائية الوقود (وحدات التخزين ، معدات الحفر، حاملات الوقود المكوكية ، السفن التي تعمل وراء الشاطئ off shore vessels لدعم السفن ، سفن حاملات الغاز المسال Liquefied fuel Natural Gas - L.N.G - وسفن عابرات القنوات) ولقد تم إنتاجها على فترات متقطعة بدأ من عام 2000 بإنتاج محركات بحرية بمواصفات تعمل بحرق غاز- ديزل (ثنائي الوقود) .

ولقد أنتجت دولة النرويج وحدات صغيرة من العبارات تعمل بين مينائين منفردين وبها محركات من صنع شركة Mitsubishi high speed Engines ، وسفن تموين ، وسفينة حاملة للغاز الطبيعي المسال حمولتها 5000 متر مكعب بمحركات متوسطة السرعة ثنائية الوقود من شركة Wartsila .

ويعتبر الغاز الطبيعي المورد الوحيد الرئيسي للطاقة النظيفة التي يحتاجها العالم ويتم نقل الغاز الخام بسهولة من حقول البترول البرية ومنصات الحقول البحرية والمحتوية على غاز الميثان وبعض من غاز الإيثان بواسطة مواسير، ويمكن تحويل الغاز إلى غاز سائل في سفن L.N.G وكذلك إلى غاز مضغوط في سفن Compression Natural Gas - C. N. G ومن النتائج المرضية لإستخدام الغاز الطبيعي ، إنتاج القدرة ، إنخفاض الإنبعاثات في التكتات ، والحريق النظيف للوقود بأقل إنبعاثات وأقل تلوث بيئي .

وغاز الميثان هو العنصر الرئيسي والأعلى كفاءة من الوقود السائل Hydrocarbon Fuel وبناءً عليه فإن التشغيل بالغاز الطبيعي سوف يقلل الإنبعاثات الضارة للبيئة مثل غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة 20% بالمقارنة

بالتشغيل بوقود الديزل ، وللغاز الطبيعي خواص جيدة للحريق في المحركات ذلك لأنه أخف من الهواء ، وينتج عند احتراقه كمية حرارة كبيرة ودرجة حرارة عالية ، والغاز الطبيعي غاز آمن جدًا .
وفي شكل 4-1 يوضح الكفاءة الحرارية للمحركات المختلفة .

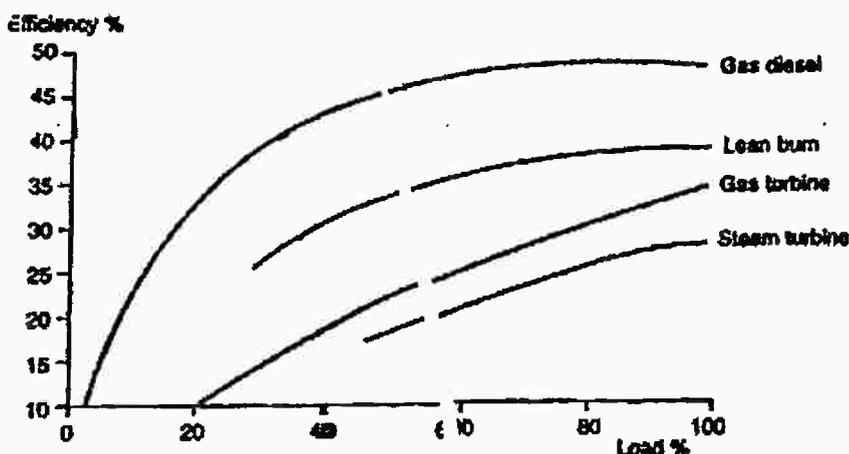


Figure 4-1 Thermal efficiency of diesel and Gas-diesel engines as a function of load (Wartsila).

وشركة Wartsila من الشركات الرائدة في مجال إنتاج المحركات ثنائية الوقود D.F Dual Fuel رباعية الأشواط. وتعمل بالغاز الطبيعي ووقود الديزل. والمحركات التي تعمل بالغاز الطبيعي تعمل بناءً على النظرية الرئيسية لدورة OTTO وهو الحريق للخليط المفترق للهواء والغاز في غرفة الاحتراق (وتفسيراً لمعنى الحريق المفترق Lean burn هو خليط من الهواء والغاز الطبيعي في إسطوانة المحرك ويكون نسبة الهواء أكبر مما يحتاجه وقود الغاز للحريق الكامل وتكون نسبة الهواء إلى الوقود 1-2.2 وهذا لا يتأتى إلا إذا استخدم نظام تحكم إلكتروني .

وبهذه النسبة تنخفض درجة الحرارة القصوى داخل الإسطوانة peak temperatures مما يقلل من إنتاج أكسيد النيتروجين .

وتوقيت الحريق المناسب والنسبة الجيدة للخليط المفترق ضرورية جدًا لتجنب الخبط knocking الناتج عن الإشتعال الذاتي للمحرك self ignition ويدخل الغاز إلى الإسطوانة عن طريق مواسير هواء السحب في شوط السحب كما هو موضح بشكل 4-2.

وبدلاً من استخدام شمعة الإشتعال يستخدم حقن الديزل بكمية صغيرة جدًا في المحركات ثنائية الوقود والتي تستخدم الوقود المفتقر lean burn وبالنسب السابقة وبواسطة حاقن الوقود (الرشاش) يحقن الديزل داخل غرفة الإشتعال ويصدر عن الوقود المفتقر كمية حرارة كبيرة وقوة حريق متضاعفة وخرج نوعي عالي للإسطوانة.

والخليط المفتقر من الهواء ووقود الغاز يعمل على ضبط وتقليل الإنبعاثات الضارة.

ومن الضروري تقليل وقود الديزل ، وبذلك فإن شركة Wartsila استخدمت نظام جديد هو نظام المرشد الإلكتروني للحقن Micro - pilot لمحركاتها التي تعمل بنظام ثنائي الوقود Dual Fuel والذي يقل فيه إستهلاك وقود الديزل عن 1% عند الحمل العادي وبالتالي يقلل من إنبعاث أكسيد النيتروجين إذا ما قورنت بالمحركات التي تستخدم وقود الديزل بنسبة العشر ، وعندما يعمل المحرك ثنائي الوقود بأسلوب الغاز (الخليط المسبق من الهواء والغاز) يجب أن يكون الخليط محكم بدقة لمنع حدوث الخبط knocking وكذلك منع إخفاق الإحتراق misfire ولعدم حدوث ما سبق فإن شركة Wartsila أنتجت نظام إلكتروني محكم يقلل من حقن الوقود لصمام المرشد ، وإدخال الغاز لكل إسطوانة على حده والتحكم في نسبة الهواء والغاز .

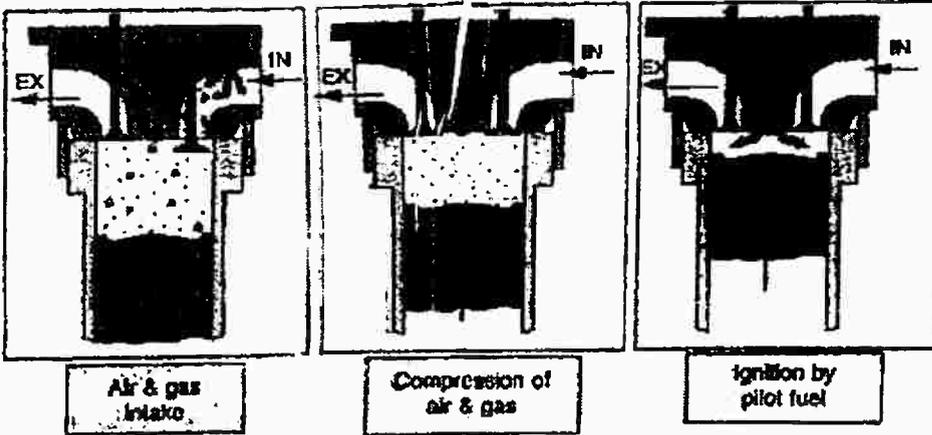


Figure 4-2 the lean burn dual-fuel diesel operating system(Wartsila)

وأيضًا يتحكم في صمام بوابة المخلفات wastage valve-w. v الذي يسمح ببعض من غازات العادم - النفايات - بالمرور إلى الشاحن الجبري جانب الهواء

و تضمن أن تكون قيمة النسب فيها صحيحة والتي تعتمد على تغيير الحالة المحيطة بها كما هو موضحة بشكل 4-3.

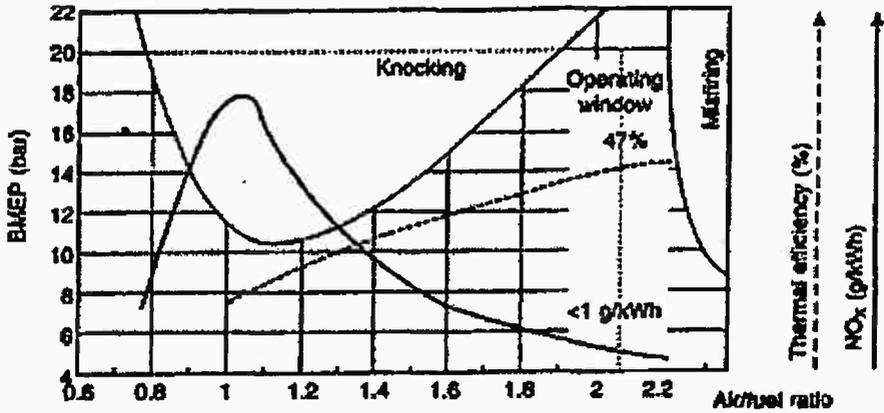


Figure 4-3 A special electronic system for the Wartsial DF engine controls combustion in each cylinder , and optimizes efficiency and emissions under all condition by keeping each cylinder within the operating window.

والنسب الشاملة لخليط الهواء والوقود تحفظ لكل إسطوانة عند نقطة تشغيل صحيحة من خلال فتحة التشغيل للخطب knocking وحدود إخفاق الحريق Misfire limits هذه هي العوامل الرئيسية للتشغيل الآمن عند استخدام وقود الغاز وعمل توليفة أوتوماتية للمحرك طبقاً لحالته المتغيرة .

وبتوضيح في حالة استخدام وقود الديزل عندما يعمل المحرك بناءً على وقود الديزل العادي وبتصور الاستخدام التقليدي لطلمبة حقن الوقود بحقن وقود الديزل تحت ضغط عالي في غرفة الاحتراق وبالضبط قبل النقطة الميتة العليا T.D.C top dead center وبخول الغاز إلى الإسطوانة غير مؤثر في الحريق ولكن المؤثر هنا هو الوقود المحقون من صمام المرشد ويعتمد عليه في الإشتعال ، ويكفل الحريق الأولى عندما يتم التحويل إلى وقود الغاز ويكون ضغط الغاز الداخل إلى المحرك أقل من 4 بار عند الحمل الكامل ، وتصنع مسورة هواء السحب من جدار منفرد Single wall إذا ما زوت غرفة المحركات بمراوح جيدة لسحب وضغط الهواء ، وكذلك بجهاز إنذار لإكتشاف تسريب الغاز ، ويركب صمام الغاز على جانب رأس الإسطوانة ويكون بسيط وقوى ويتحمل درجة حرارة غرفة المحركات ، ومجهز بصمام يتحكم فيه ملف لولبي Solenoid

يعمل بالكهرباء ومتصل بدائرة التحكم إلكترونى وتتم صيانته على فترات متباعدة.

ونظام صمام مرشد الوقود يتكون من نظام مشترك مع مضخه وقود ذات ضغط على مركبة على المحرك وتمتد كل صمام مرشد بالوقود وتأخذ حركتها من عمود الكامات وبضغط ثابت 900 بار.

ونتيجة للضغط العالى فقد صممت مواسير الضغط العالى بجدارين Double Wall وذلك لإكتشاف تسرب الوقود وفى نفس الوقت يتم تزويد النظام بإنذار مرئى ومسموع لنفس السبب.

ويتم تصميم صمام حقن الوقود بعدد واحد فونية Nozzle ، وكل فونية بها إثنين من الإبر ويتحكم فى عمل إحدى الإبرتين طلبمة حقن الوقود لصمام المرشد .

أما الإبرة الأخرى فهى للغاز ويتحكم فى هذه المنظومة جهاز تحكم إلكترونى بواسطة نظام تحكم المحرك Engine control system .

ومن أهمية نظام الحقن أن يعتمد على تداول كمية صغيرة من وقود المرشد مع تغيير طفيف لدوائر أخرى.

ونظام تصميم إبرة فونية الرشاس الرئيسى تقليدى وتعمل بنظام التحكم الميكانيكى لطلبمة حقن الوقود ، ولأكثر من عشرة أعوام تعمل شركة Wartsila على إنتاج أجزاء رئيسية ونظم بتصميمات جيدة وبمقاييس عالية الجودة للمحركات ثنائية الوقود.

4.1 تشغيل المحركات ثنائية الوقود. Duel – fuel Engine operation

المحركات ثنائية الوقود لشركة Wartsila باستطاعتها العمل بوقود الغاز والوقود الخفيف مثل (الديزل البحرى ، الجازولين ، وأيضاً الوقود الثقيل) وعند تشغيل المحرك بالغاز يتم التحويل إلى وقود الديزل لحظياً عن طريق التحكم الإكترونى للمحرك ويتم تشغيل المحرك بواسطة الديزل عند إنقطاع تغذية المحرك بالغاز أو حدوث عطل فى أى جزء من دائرة الغاز. ويأخذ التحويل أقل من ثانية ولا يوجد تأثير على السرعة أو حمل المحرك فى خلال عملية التحويل .

ويتم التحويل من وقود الديزل إلى وقود الغاز بتدرج فى عملية تغذية وقود الديزل بكمية قليلة وببطئ بينما ترتفع كمية الغاز الداخلة ويكون التأثير قليل فى سرعة المحرك وإستقرار الحمل وفى تقارير شركة Wartsila عند تحويل المحرك من وقود الغاز إلى الوقود الثقيل تفرض بعض التعديلات القليلة على المحرك ، وهى تعديلات ضرورية ولا يتعدى تنفيذها إلا يوم واحد فقط .

وإستخدام الوقود الثقيل H. F. O - heavy fuel oil - يتطلب إستخدام زيت تزييت عالى الجودة (أما عند التشغيل بوقود الغاز الطبيعي فيكون زيت التزييت هو نفسه المستخدم عند إستخدام الوقود الخفيف) والمحركت ثنائية الوقود عادة ما تبدأ التشغيل بحقن وقود للمرشد ويكون قادرًا على إعطاء سرعة حوالى %60 من الحمل العادى .

وعندما يلاحظ الحريق أنه طبيعيًا فى جميع الإسطوانات يكون الغاز الداخلى للإسطوانة مؤثرًا وتزداد سرعة المحرك إلى السرعة الطبيعية .
وللتأكد من التشغيل الآمن يلاحظ أنه لا يوجد تجاوز فى عدم حريق الوقود وتكون التغذية مباشرة لنظام الغاز الطبيعي .

وتملك شركة Wartsila نسخة وحافطة أوراق لنظم ثنائى الوقود لمحركات متوسطة السرعة بأقطار 320سم ، 500 سم و عقود لسفن تموين ما وراء الشاطئ offshore ، وحاملات غاز مسال liquefied natural gas L. N.G جميعًا تعمل بالغاز الطبيعي.

والمحركات طراز 32 D.F ، 50 D.F ، تنتج قدرات 2010 KW ، 17100 KW بالتوالى من 6 إسطوانات ، 18 إسطوانة ، وبرامج لإنتاج تشمل محركات غاز ديزل مختلفة من W32 ، W46 وأيضًا محركات صغيرة تعمل بالغاز ونظام الشرارة .

أنتجت شركة Wartsila عام 2000 محرك من طراز 32 D. F ثنائى الوقود للإستخدامات البحرية لىفى بمتطلبات جديدة ودرجة أمان عالية وتشمل على غاز يقل ضغطه عن 10 بار فى ماسورة وحيدة الجدار Single wall وتجهيزه للعمل بالتناوب مع محرك 32 GD غاز- ديزل (أنظر أسفل) ولقد لاقى نجاح فى أسواق ما وراء الشاطئ Off shore .

وفى الإستخدامات المبكرة يتم تسمية أربعة سفن بسفن المجموعة وكانت تحتوى على محركات طراز 32 D. F ، ومحرك يعمل بالغاز الطبيعي السائل وهذه المحركات ملحق بها مولدات كهرباء لتوليد الكهرباء Genset وكانت سعة السفينة 220 متر مكعب ، وسفن تخزين للغاز الطبيعي المسال عند ضغط 5.5 بار والمحرك الكبير D.F-50 ينقل الخدمة رسميًا ويحتوى على 6 إسطوانات قدرة كل إسطوانة 5700 Kw . ويعمل على إدارة مولد كهرباء لإدارة محرك كهرباء لدفع السفينة ، ومركب على سفينة حاملة وقود غاز مسال .

Wartsilä DF engine data	32DF	50DF
Bore	320 mm	500 mm
Stroke	350 mm	580 mm
Engine speed (rev/min)	720/750	300/314
Mean piston speed (m/s)	8.4/8.75	9.7/9.9
Mean effective pressure (bar)	19.9	20/19.5
Output/cylinder (kW)	335/330	950
Cylinder numbers	6.9L/12.18V	6.8.9L/12.16.18V
Power band	2010-6300 kW	5700-17 100 kW

4.2 تفاصيل محرك DF-50 لشركة Wartsila .

أنتجت شركة Wartsila 46 محرك يعمل بنظام تشغيل خاصة وهو نظام ثنائي الوقود وسوف نستعرض بعض الأنواع من هذه المحركات وهو المحرك DF-32 ويتكون من ستة إسطوانات على خط واحد .

وكذلك المحرك DF-50 ذو الثمانية عشر إسطوانة على شكل حرف V ويعطى قدرة 950KW لكل إسطوانة وعدد لفات من 500 لفة / د إلى 514 لفة / د وكفاءة حرارية 47% وهي أعلى من أى محرك آخر متساوى معه فى القدرة سواء كان يعمل بالغاز الطبيعى أو بالوقود الثقيل أو الوقود الخفيف وتكون نسبة الهواء للوقود هي 1:2.2 أى 2.2 هواء إلى 1 غاز طبيعى .

ولوجود كمية الهواء الكبيرة سبب فى إطلاق كمية حرارة نوعية كبيرة بواسطة الحريق ومع ذلك إنخفضت أقصى درجة حرارة لغرفة الإشعال ومع إنخفاض درجة الحرارة تتخفض كمية أكسيد النيتروجين .

ويكون الخليط متساوى فى جميع أنحاء الإسطوانات وبما أن الوقود والهواء تم خلطهم من قبل دخولهم الإسطوانة مما ساعد على تجنب تكون أكسيد النيتروجين داخل الإسطوانة .

ويبدأ تشغيل المحرك دائماً بوقود الديزل وباستخدام كل من وقود الديزل الرئيسى (وقود المرشد) وعند 300 لفة / د يتوقف حقن وقود الديزل الرئيسى ويتم التحويل إلى وقود الغاز وفى البداية لا يكون حريق الغاز مؤثراً إلا بعد إستمرار الحريق فى جميع الإسطوانات .

ولضمان التشغيل الآمن للغاز تكون كميات وقود المرشد أقل من 1% عند الحمل الكامل لإستهلاك الوقود ويتحكم فى كمية وقود المرشد نظام التحكم للمحرك

Wartsila system control engine لشركة Wartsila .

وتتم تغذية وقود الغاز الطبيعى للمحرك من خلال صمام مركزى وفلتر مرحله أولى وذلك لنظافة الغاز، وضغط الغاز يعتمد على حمل المحرك ويتحكم فيه صمام موضوع بجانب جهاز بدء الحركة .

ويكون ضغط الغاز في الحمل الكامل 3.6 بار وقيمة حرارية منخفضة 36MJ/mN وبإنخفاض القيمة الحرارية LHV ينخفض الضغط ، ولضمان الأمان فإنه من الضروري دمج جهاز الإيقاف مع صمام للتصريف (التنفيث) لتجنب أعطال تزويد الوقود .

ويكون تزويد المحرك عادة بالغاز عن طريق مواسير بجوار المحرك على هيئة قضبان ممددة بطول المحرك ويتم تغذية كل إسطوانة بواسطة ماسورة من هذه المواسير تأخذ طريقها إلى صمام دخول الغاز والمثبت على رأس كل إسطوانة يتم إمداد وقود الديزل للمحرك بنظامين أحدهم إلى مرشد الوقود والآخر احتياطي شكل 4-4 .

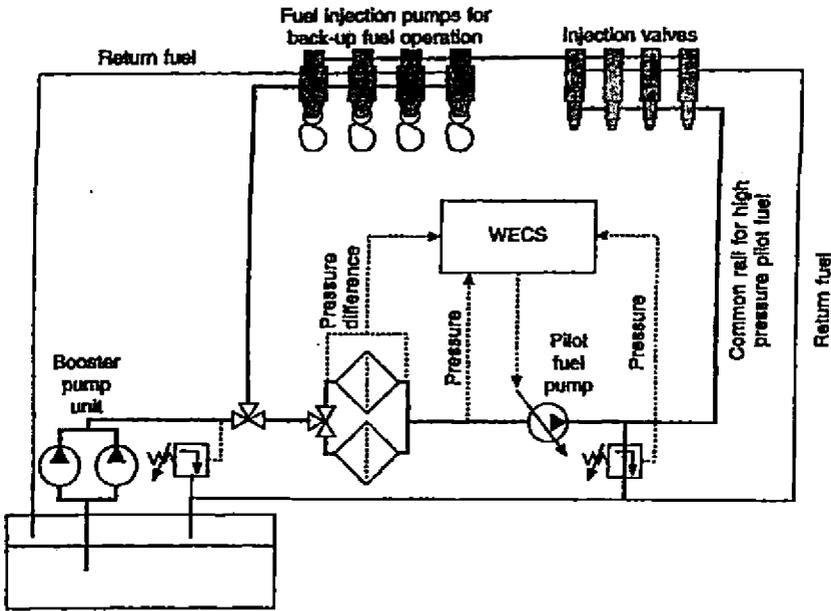


Figure 4-4 Diesel fuel oil supply system for the Wartsila DF engine
(WECS) = Wartsila engine control system

ويرتفع ضغط وقود المرشد إلى الضغط المطلوب بواسطة ضخ الوقود إلى الفلتر المزود ، منظم ضغط الوقود ، وتأخذ ظلمة ضخ الوقود حركتها من المحرك الرئيسي والضغط العالي لوقود المرشد ويتم توزيعه عن طريق ماسورة عمومية على هيئة قضيب إلى حواقي الوقود (الرشاشات) لكل إسطوانة على حدة . ويكون ضغط وقود المرشد حوالي 900 بار وتوقيت الحقن يتم عن طريق تحكم إلكتروني .

وعادة ما يتم تغذية الوقود عن طريق ظلمبة حقن الوقود والتي تأخذ حركتها من الكامات والتي تضخ الوقود بضغط عالي ضد مسسته حاقن الوقود (الرشاش) كما فى التصميم الأصى لمحرك الديزل .

ويشمل الرشاش الرئيسى على إبرتين ، الإبرة الكبرى من الإبرتين فى صمام الحقن تستخدم فى أسلوب وقود الديزل للمحرك والإبرة الصغرى لحقن وقود المرشد عندما يعمل المحرك بأسلوب وقود الغاز فإن حقن وقود المرشد يعمل بتحكم إلكترونى أما حقن وقود الديزل يعمل بالتحكم الهيدروميكانيك .

التحكم المنفرد للصمام اللولبى Solenoid دائماً ما يكون ميثالى فى توقيت حقن الوقود ، وفى أثناء الحقن بواسطة صمام المرشد لكل إسطوانة عندما يعمل المحرك بواسطة الغاز .

وبما أن أكسيد النتروجين NO يعتمد على كمية وقود المرشد فإن النظام الأمن يعمل على أن يكون غاز أكسيد النيتروجين أقل للمحافظة على الإستقرار .

وكذلك الحريق الأمن لخليط الهواء والغاز فى غرفة الإحتراق. ويحقن غاز الوقود إلى الإسطوانة عن طريق حقنه فى ماسورة الهواء قبل صمام السحب مباشرة.

ويعمل صمام حقن وقود الغاز إلكترونياً ويتم التحكم فيه بواسطة نظام التحكم للمحرك (Wartsila Engine Control System) W.E.C.S وبذلك يتم ضبط كمية وقود الغاز الداخلة إلى الإسطوانة ، والتحكم فى الحريق لكل إسطوانة يكون منفرداً .

وبما أن عمل صمام دخول وقود الغاز يعتمد على توقيت صمام السحب وكمية هواء الكسح الداخلى إلى الإسطوانة وكسح غازات العادم مباشرة بدون خطورة ويحتوى وقود الغاز الداخلى إلى الإسطوانة على النسب السليمة للهواء والغاز الذى يكفل كفاءة التشغيل وتقليل الإنبعاثات الضارة لأداء التغذية السليمة وبدون توقف ويعمل على عدم الخبط والإخفاق فى الحريق.

وفتحة دخول الغاز للصمام صغيرة ، ويصنع الصمام من معدن قوى مقاوم للتآكل وتكون فترات صيانتته متباعدة.

ونفتخر شركة Wartsila بتصنيع ظلمبات وقود خاصة تتحمل الضغوط العالية مع تزويدها بصمام تصريف للحفاظ على ثبوت الضغط ولتجنب التكهف Cavitations ومن مواصفات الكباسات أنها تصنع من معدن مقاوم للتآكل وتكون ظلمبة الوقود جاهزة للتشغيل فى أى وقت .

وظلمبة وقود المرشد تكون وحدة قائمة بذاتها وتشتمل على ظلمبة ترددية نصف قطرية مع الفلاتر والصمامات ونظام التحكم الخاصة بها .

وتأخذ الإشارة المطلوبة لمستوى الضغط من وحدة التحكم للمحرك WECS والمجموعة تعمل بحرية وإستقلالية للمحافظة على مستوى الضغط وثباته ويرمل وقود الغاز المضغوط إلى جهاز نظام تحكم المحرك.

والوقود المضغوط بضغط عالي يصل إلى الرشاش عن طريق مواسير ممتدة على هيئة قضبان بجانب المحرك والتي تعمل على تجميع الضغط وإخماده ضد النبضات الضاغطة للنظام .

وتصمم مواسير الوقود ذات الضغط العالي بجداريين Double wall وجهاز إنذار مبكر فى حالة تسريب وقود الغاز للجور.

وتستطيع محركات DF 50 التحويل الأوتوماتى من حالة وقود الديزل إلى حالة وقود الغاز عند أى حمل أقل من 80% من الحمل الكامل .

ويأخذ التحويل وضع الأوتوماتى بعد أمر التشغيل مباشرة بدون التغير فى الحمل- وخلال التحويل الذى يستمر حوالى دقيقة يستبدل وقود الديزل بوقود الغاز ومن الممكن أن يتعثر التحويل من وقود الغاز إلى وقود الديزل عند التشغيل الأوتوماتى لحظيًا (مثل حدوث عطل فى تزويد وقود الغاز) ونسبة الهواء إلى الوقود تكون مضبوطة تحت أى حالة من حالات التشغيل لإتمام الأداء المثالى ولتلافى الإنبعاثات الضارة يتم توجيه جزء من غازات العادم بواسطة صمام النفايات عن طريق صمام التحويل إلى تربيئة العادم جانب الهواء الذى يعمل على تصحيح نسبة الهواء إلى الوقود بقيم صحيحة والتي تعتمد على الحالات المختلفة للأحمال العالية للمحرك.

ويعمل صمام النفايات بواسطة تحكم إلكترونى .

4.3 نظام التبريد المرن وتطبيقاته المثالية.

ويتم تبريد المحرك عن طريق دائرتين منفصلتين للتبريد .

4.3a دائرة الحرارة العالية H. T. C .

4.3b ودائرة الحرارة المنخفضة L. T. C .

وتتصل الدائرتين بالتوالى مع مبرد هواء التربيئة ذو المرحلتين ، ولكل من الدائرة H. P ، L. P ، H. P طلمبة مياة تأخذ حركتها من المحرك الرئيسى.

ودائرة الحرارة العالية تتحكم فى درجة حرارة مياه الإسطوانة بينما دائرة الحرارة المنخفضة تتحكم فى مبرد زيت التربيئة ، وكل ما يتعلق بأداء المحرك يتم التحكم فيه بواسطة نظام التحكم لمحرك (Wartsila Engine Control System WECS) وتم تركيب معالج البيانات الدقيق micro processor على المحرك ويعمل بنظام توزيع محكم للبيانات المختلفة لجهاز WECS وهذا الجهاز قدم مهام مثالية وأكيدة لنظام المحرك .

ومع إتصاله بالأجزاء الأخرى عن طريق ناقل البيانات والتشخيص فإنه يعمل على تحرى العطل وإصلاحه Trouble shooting ، وجهاز التحكم الرئيسي يكون النواة لنظام تحكم إلكتروني لشركة Wartsila والذي يكون مسئول مسؤولية كاملة لحفظ الأداء المثالى فى جميع حالات التشغيل على سبيل المثال درجة الحرارة المحيطة، كمية وقود الميثان ، والمقاييس الرئيسية لقراءات المعلومات وإرسال كل البيانات الأخرى وذلك بضبط سرعة المحرك والتحكم في الحمل المحدد بالقيمة المقارنة لسحب وقود الغاز ، ونسب الهواء والغاز ، وكمية وقود المرشد وتوقيت الحقن يعمل أيضًا بتحكم أوتوماتى في بدء التشغيل والإيقاف للمحرك لتأمين نظام التشغيل بنظام التحكم للوحدة.

ومقياس التحكم لكل وحدة يكون مراقب ويتم التحكم في كل ثلاث إسطوانات علي حده . والرقابة لنسب كمية الهواء للإسطوانة وكمية الغاز ، ويقوم بضبط الغاز الداخلى للمحرك منفردًا لكل إسطوانة ، وقياس معامل شدة الخبط Knocking ، والتحكم فى ميعاد الحريق للإسطوانة ، وهذه المعلومة تكون منضبطة بميعاد حقن وقود المرشد ودخوله إلى الإسطوانة .

والخبط الخفيف يؤدي إلى الضبط الأوتوماتى لتوقيت ميعاد حقن وقود المرشد والنسب النوعية للوقود .

والخبط القوي يؤدي إلى تقليل الحمل ، تقليل شوط الوقود.

4.4 محركات غاز- ديزل Gas-Diesel Engine .

تختلف تكنولوجيا محركات غاز - ديزل GD لشركة Wartsila عن الإستخدامات المباشرة لمحركات ثنائية التشغيل ديزل وذلك لإرتفاع ضغط حقن وقود الغاز ، كمية حقن وقود المرشد التى تصل إلى حوالى % 3 من إستهلاك الوقود السائل .

إن محركات GD المتوسطة السرعة بإستطاعتها أن تعمل بالوقود الثقيل ووقود الديزل والوقود الخام من بئر الوقود مباشرة أو الغاز الطبيعى .

وعملية تحويل تغذية الوقود يكون لحظيًا وأوتوماتيكيا من وقود إلى آخر وبدون توقف وعادة ما يكون التعديل من نظام الوقود الثقيل إلى نظام تشغيل غاز- ديزل تعديلات قليلة وتحتوى غرفة المحركات على مجموعة من الآلات المساعدة منها ضاغط وقود الغاز .

ومحرك غاز- ديزل الذى أبتكر منذ عام 1980 كان المحرك الأساسى فى صناعة ما وراء الشاطئ off shore والضغط العالى المباشر لوقود الغاز يحافظ على عمليات الديزل المتعاقبة .

وفي الماضي كان غير دقيقاً أن يقال أن الميثان لا يمكن استخدامه كوقود ومن سمات عمل محرك GD ملاءمته لعمليات إنتاج زيت الحركة حيث أن الغاز ربما يتغير مع تغير مكان السفينة وكذلك مراحل عملية الإنتاج .

وبداية التحكم في حقن الوقود يتم بنظام الهيدروميكانك باستخدام كاما لتحريك ظلمبة الوقود لتوليد ضغط محكم لإبرة وقود الغاز وعلى الرغم من الإعتماد على شرح شركة Wartsila فإن هذا النظام لا يقدم الغرض لمتطلبات الحقن وأخيراً تم إزاحته بواسطة نظام أساسي هو نظام إلكتروهيدرليك .

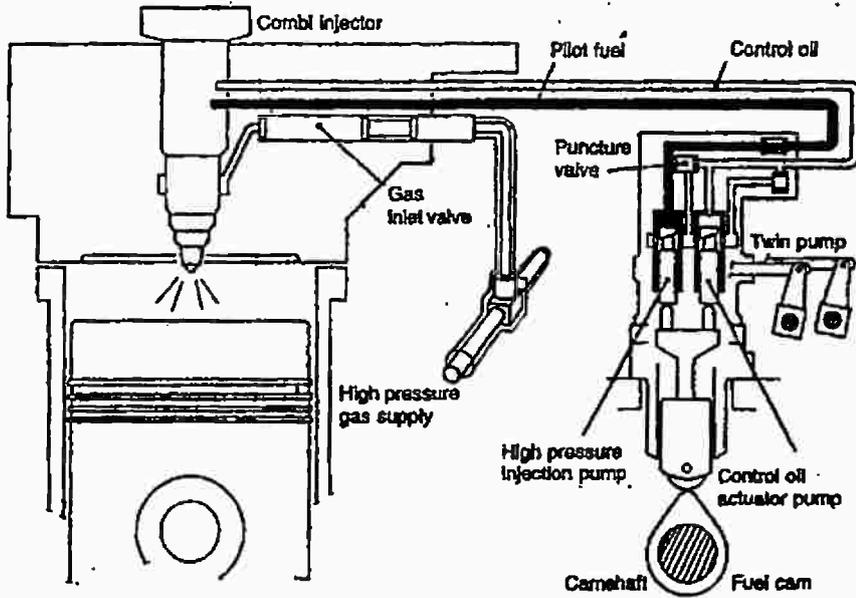
وهذا النظام يحتوي على ضغط ثابت للتحكم في حقن الغاز عن طريق صمامات نو ملف لولى Solenoid ، مع مراقبة الغاز ، وأمان التشغيل كلها مندمجة في نظام واحد . ويسمح النظام بالتحكم الفردي لكل إسطوانة على حدة وهذا يمثل أول خطوة في اتجاه نظم التحكم الكامل عن طريق الكمبيوتر للتحكم في مكونات المحرك وهذا مكسب لكل متطلبات برامج الحاسوب ومكوناته .

وشركة رولزرويز هي الشركة الثابتة والأفضل في التكنولوجيا الفنية وبالتعاون مع شركة Bergin النرويجية للديزل والتي تملك تطوير محركات الديزل وتحويلها إلى نظام الخليط المفتقر غاز- ديزل وهي نسخة من سلسلة محركات K ديزل متوسطة السرعة في منتصف عام 1980 ، ولقد تم بيع محركات عديدة من هذا النوع لتوليد القدرة وإستخدامها في المصانع وتم تركيبها معاً وتوضح التقارير الكفاءة العالية في التشغيل وقلة الانبعاثات الضارة منها. ولقد بذلت الشركة مجهود كبير في إستخدام سفن العبارات والتي تعمل بوقود الغاز- ديزل والوقود السائل الرديئ .

وذلك مع إنخفاض الانبعاثات الملوثة للبيئة، ومما شجع على ذلك وجود مواسير غاز متاحة لإمداد السفن بوقود الغاز، وتم تطوير محركات Bergin الرولزرويز Rolls-Royce التي تعمل بالشرارة والخليط المفتقر من الهواء والغاز من خلال أربعة أجيال من المحركات و بعد آلاف الساعات من التجارب على القدرات المختلفة والتي يتم تزويدها عن طريق المحطات الأرضية ومثال ذلك محرك طراز KV-G4 بقطر إسطوانة 250مم وهذا المحرك تختلف فيه السمات الخاصة لتربينة العادم ، وكذلك تحكم إلكتروني لوقودالغاز والهواء لكل إسطوانة على حدة وذلك لإنتاج كفاءة عالية تصل إلى حوالي 44% من عمود الإدارة shaft power وللحصول على ضغط متوسط مؤثر من 16 إلى 18 بار وانبعاثات قليلة جداً من أكسيد النيتروجين تصل إلى (0.1 جرام لكل كيلواط/ ساعة) وذلك بتقرير من بيانات المحرك .

وهذا المحرك يكون قادراً على إعطاء معدل قدرة يصل إلى 3600 كيلواط وكذلك تحويل محرك الديزل متوسط السرعة Bergin طراز 40 32 B بقطر المكبس

320 مم للعمل بوقود الغاز وأثبتت التطبيقات العملية أن محركات KV-G4 تعمل بكفاءة عالية وكان المخطط توفير قدرات تصل إلى 6000 كيلوواط وتم عرض تصميم لمجموعة محركات ووقود الغاز للسرعات المتوسطة والبطيئة لشركة MAN B & W منها محرك 16V28 / 32-GI (حقن غاز) Gas Injection رباعي الأشواط شكل 4-5 وكذلك لمحرك طراز 6L35MC ثنائي الأشواط .



Figuer 4-5 Fuel injection system of the MAN B & W Diesel 16 V 28 / 32-GIhigh pressure gas injection engine .

ولقد تم تطوير نظام الضغط العالي لحقن الوقود لمحركات MC بطيئة السرعة بالإشتراك مع المجموعة الرئيسية اليابانية متسوبيشى Mitsubishi مع شهادة للتطوير والتي قامت بتطوير محرك طراز 12 K80MC . GI 12 إسطوانة و بقدرة كهربائية متولدة 41000 كيلوواط شكل 4.7 , 4-6 .

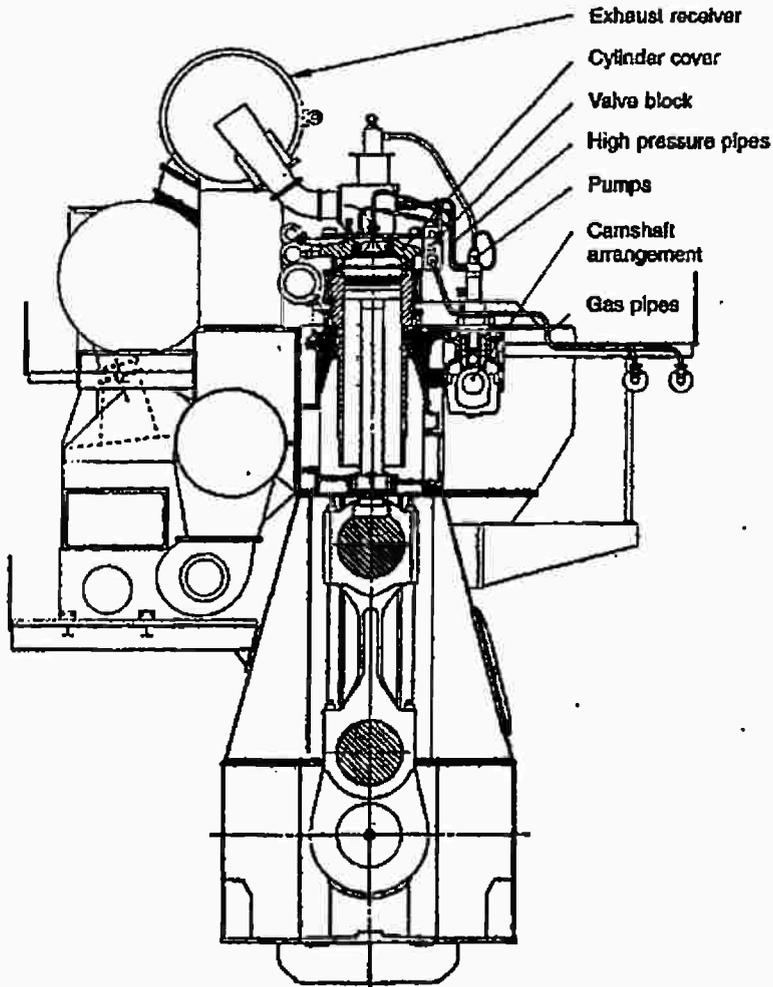


Figure 4-6 MAN B & W diesels MC-GI low speed dual fuel engine , indicated new or modified components compared with the standard diesel version

أهداف المحركات الرئيسية (والتي تستخدم وقود الغاز - ووقود الديزل كوقود للسفن حاملات الغاز المسال) liquefied natural gas L.N.S للدفع وتسيير السفن propulsion وكذلك السماح بتفريغ شحنة الغاز المسال. ولرغبة مجموعة شركة M.A.N B & W في تعديل الضغط العالي لحقن الوقود وتحويل المحرك mc بطيء السرعة لإستخدامه المكون العضوى المشتعل (لبخار الوقود المسائل) عند شحن حاملات الوقود المكوينية lightship ومكوناته

الخفيفة من الوقود الخام وغالبًا ما يكون هذا البخار يتكون خلال شحن وتفريغ الوقود وأيضا في خلال الرحلة وذلك لخض الوقود في تنكات السفينة. ويمثل المكون العضوي المتبخر عند تفريغ الشحنة فقد للطاقة وأيضا مشاكل البيئة، والمكون من المواد الغير ميثانية والغير فعالة والمتطايرة في الجو مع أكسيد النتروجيين وفي ضوء الشمس ربما تتكون طبقة من الأوزون الأرضي السام وطبقة هواء ضارة بالصحة.

ونظام المكون العضوي المتبخر - المشتعل - يمثل الإستخدام الأول في البحار لمحركيين رنسيين من طراز 6155gu ca بحمولة ساكنة 125000 طن لسفينة

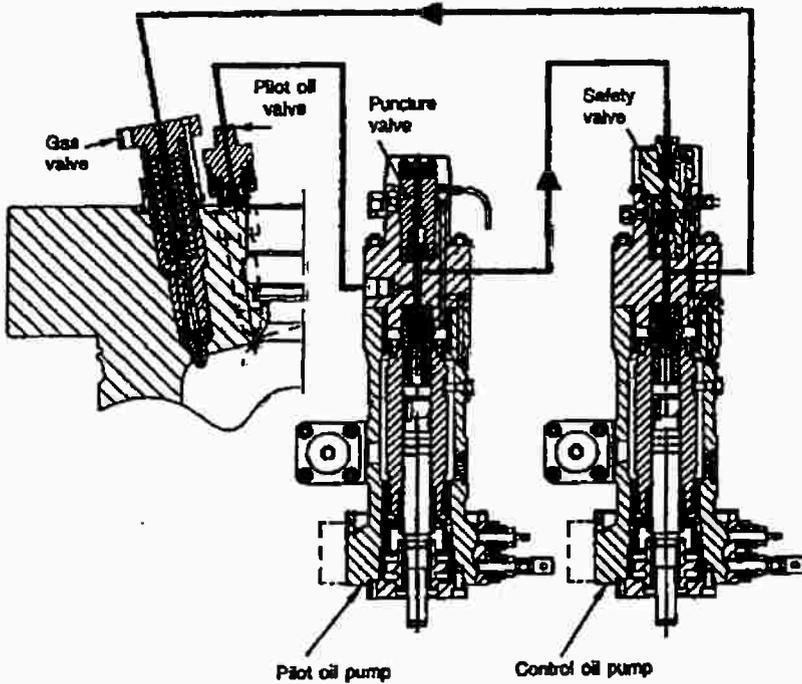


Figure 4-7 Gas injection is stopped immediately on the first failure to inject the pilot oil by the patented safety valve incorporated in the control oil pump of the B & W MC- G1 engine .

مكوكية lightship باسم Novion Viking في عام 2000 ويتم تجميع الغاز المتطاير في تنكات السفينة ويسحب ويضغط ثم يبرد لتحويله إلى غاز مكثف condensate vapour وتخزينه وإستخدامه كوقود للمحرك الرئيسي لدفع السفينة ، ويعود هذا على السفينة بتوفير إستهلاك الوقود السائل كما هو موضح بشكل 4-8 .

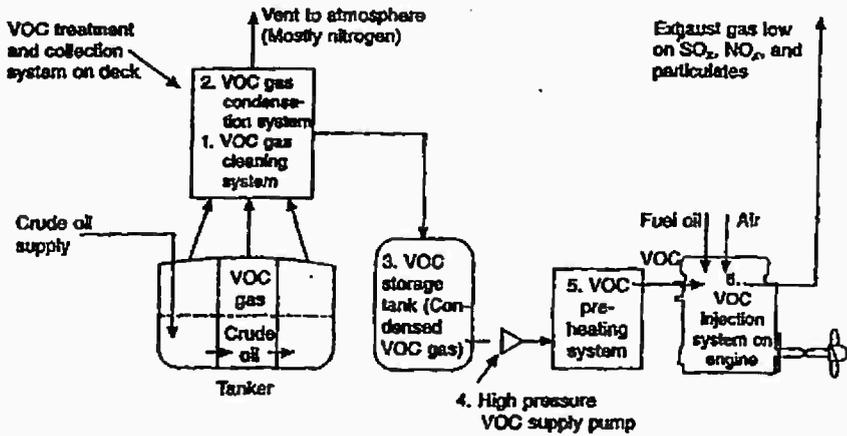


Figure 4-8 schematic representation of system for burning volatile organic compound (VOC) discharge in the main engine of shuttle tankerMAN B&W diesel

كما أنه على المحركات التي تستخدم وقود الغاز المتطاير استخدام الوقود الثقيل عندما يتعذر الحصول على الغاز المتطاير كوقود .
 ويجب أيضاً استخدام مزيج من المكون العضوي المكثف عند عدم استطاعة استخدام أى مواصفات وقود أخرى وكل ما يجمع يتم استخدامه فى المحركات وقامت شركة Man B & w ديزل بعمل إختبارات للمحرك طراز MC ثنائى الوقود وكانت النتيجة استطاعة المحرك استخدام أى نسبة من Hfo- voc ما بين 8 % إلى 92% وصفر % إلى 100% وأيضا أى نوع مناسب من Voc .

4.5 عرض لتصميمات محركات المستقبل والتي تستخدم الغاز المشتعل :

ملاحظات شركة Man B & w ديزل .
 سوف يعتمد نوع الوقود على طلب وحدة التشغيل إذا ما كان مصنع أو سفينة على الوقود المتاح ، وتم استخدام نظام ثنائى الوقود مع الوقود السائل للمرشد فى المحركات الكبيرة ، كما أنه تم تجهيز الوحدة الصناعية بوصلة للتشغيل بالوقود السائل فقط فى حدوث فشل تزويدها بالوقود الغازى أو عدم وجود مخزون للغاز .
 وفى الوحدات الصناعية الصغيرة ربما تشتغل المحركات بنفس المصدر باستخدام نوع واحد من الغاز أو أنواع كثيرة ، وربما بتصميم آخر بتقسيم غرفة الحريق إلى غرفتين أولية وأخرى رئيسية أما الأخيرة عادة ما تعمل مع الخليط الغنى بالهواء والوقود ، ويتم إما بواسطة تزويد الغرفة بالغاز فقط أو بواسطة حقن الوقود بواسطة صمام المرشد والهدف من كلا الحالتين الإستقرار الثابت للحريق

فى الغرفة الأولة والحصول على أقل شكل من أشكال أكسيدة النيتروجين نتيجة نقص الأكسجين .

ويشتعل خليط الهواء والغاز المفتر الخارج من الغرفة الأولة وعند إستعمال الخليط المفتر يتولد عنه درجات حرارة منخفضة والتي يكون بسببها الإقلال من تكون أكسيدة النيتروجين فى الغرفة الرئيسية .

ويختلف شحن الهواء من شحن جبرى لتربينة العادم أو أى وسيلة أخرى ويكون هواء فقط أو خليط من الغاز والهواء .

والمحركات الصغيرة عادة ما يكون السحب خليط من هواء وغاز بينما المحركات الكبيرة رباعية الأشواط والتي تعمل بواسطة الشاحن الجبرى للهواء ربما تستخدم الهواء فقط أو خليط من الهواء والغاز ولكن المحركات G.D الثنائية فتتخصص فى إستخدامها للهواء فقط .

ويتم إختيار نسبة الهواء والوقود بناءً على نوع المحرك وإستخدامته والخليط الذى بمقدرته تأمين القدرات العالية مع إستقرار التشغيل للمحركات الصغيرة ولكن بدون ضبط الإنبعاثات وبذلك سوف تصبح إستخداماته عزيزة فى المستقبل وعدم الإهتمام بتأثير نسب خليط الهواء والوقود ، والتحكم فيها بواسطة الجهاز الحساس والمتحد مع الصمام المساعد ثلاثى الإتجاهات مما يساعد على تنظيم الإنبعاثات ويعتبر أكثر الخيارات مناسبة ما عدا المحركات الصغيرة والتي تستخدم الخليط المفتر Lean burn فى معظم التحسينات الجديدة ، وربما يعمل المحرك بدون غرفة أولية تكون من الأسباب المناسبة لتحسين الإنبعاثات والكفاءة العالية لمكونات حريق المحرك وتكون عملية خلط الهواء والغاز بواسطة حقن الغاز مباشرة عند ضغط منخفض بعد غلق صمام السحب وصعود المكبس لشوط الضغط .

أو بواسطة الضغط العالى لحقن الغاز عند النقطة الميتة العليا T.D.C وتحتاج المحركات ثنائية الأشواط لتطبيق واحد من هذه الإختيارات لتجنب الزيادة فى فقد الغازات والتي سوف ينتج عنها إنخفاض الإنبعاثات من HC الهيدروكربون .

ومع الضغط المنخفض للحقن المباشر يكون خليط الهواء والغاز مهياً لعملية الإنضغاط ويعمل هذا على تقليل الكفاءة ومن ثم عدم الزيادة فى الضغط ودرجة الحرارة مما يؤدى هذا إلى حريق ضعيف وخبث متكرر .

ولقد استبعد هذا فى إستخدامات المحركات الحديثة وعلى أى حال فنظام الدوائر الحرارية الحديثة تعمل على إرتفاع ضغط حقن الغاز وتسمح بدخوله إلى غرفة الإحتراق فى الوقت المناسب للإنضغاط .

مبنيًا يكون ضغط الغاز إما بواسطة صمام المرشد لحقن الوقود أو بواسطة دفع الغاز بقوة إلى حشوة متوهجة .

ونظام الضغط العالي للوقود عالي نسبيًا ويرجع ذلك لحساسية عمل المحرك وخواص الإشتعال الذاتي للغاز .

ولهذا السبب إقترحت شركة Man B & W ديزل هذا النظام ويعتبر الضامن الحقيقي للمحركات متعددة الوقود والمحركات رباعية الأشواط والتي تستخدم غاز الشعلة مكون الخليط الداخل إلى الأسطوانة ويستثنى منه محرك الضغط العالي لحقن الوقود وفيه يخلط الغاز مع الهواء المتولد من ضاغط الهواء لتربيئة العادم . وفي نظام الحقن لحجم كبير من غاز الشعلة يحقن الغاز إلى داخل غرفة الإشتعال أو يضاف إلى الهواء المار في ماسورة سحب الهواء للمحرك مازًا بصمام الدخول أو بواسطة رشاش مجهز بفونيتين للغاز وفونيتين أخرتين للوقود السائل أو بفصل صمام الغاز عن صمام الوقود .

تأخذ مصادر الحريق أشكالاً مختلفة وتكون مصدرًا لدرجة الحرارة العالية والطاقة الكبيرة وتفسر شركة Man B & W ديزل هذا بأنه يزود النظام بصمام مرشد لحقن الوقود والموضوع في مكان معين وبإستطاعته عمل ضغط يعمل على إختراق طبقات خليط الهواء والغاز ويعمق في أماكن متعددة في الأسطوانة . ويعمل هذا على زيادة كفاءة الحريق للوقود المقتدر مما يؤدي إلى تباعد فترات الصيانة ولكن هذا النظام مكلف كثيرًا إذا ما قورن بنظام الإشتعال بالشرارة أو الإشتعال بواسطة الحشوة ومن الطبيعي أن يعمل صمام المرشد عند إستخدام الوقود السائل ، وفي بعض الحالات يعتبر ضار وأحيانًا جيد كما أنه يعتبر من وسائل الزيادة في إستهلاك الوقود .

4.6 أنواع محركات الغاز وخصائصها .

GAS ENGINE TYPES AND CHARACTERISTICS

غالبًا تعمل المحركات الصغيرة بواسطة الجازولين ، الديزل بقدرات أكثر من 500kw بقليل ، وعادة ما تعمل بواسطة الشرارة وبدون غرفة حريق أولية ، بخليط من العناصر المتحدة ويوجد نظم لإشعال الخليط المختلف ، وطبيعيًا يتم سحب الهواء من تربيئة المحرك وتجهز بثلاث طرق ويوجد تحكم بواسطة حساس للإنبعاثات الضارة .

والمحركات التي تعمل بالخليط المقتدر والتي تستخدم الشرارة تتطور بطرق تعاقب الأجيال من المحركات البحرية ذو أقطار المكبس الصغيرة وعلى سبيل المثال المحركات ذات القدرات من 500kw, 1000kw إلى حوالي 7000kw وغالبًا ما تكون من محركات الخليط المقتدر والتي تستخدم تربيئة الشحن الجبرى وغرفة أولية وخليط وقود خارجي .

وهذه المحركات كفاءتها عالية وينتج عنها كمية صغيرة من إنبعاثات أكسيد النيتروجين NO وبدون أن يضطر إلى إستخدام نظام المواد المحفزة .

ولضبط انبعاثات أول أكسيد الكربون ربما يتطلب استخدام المواد المؤكسدة المحفزة وعادةً ما تستخدم المحركات ثنائية الأشواط وقود الديزل ومعظمهم يستخدم تربيئة شحن جيرو وبدون غرفة إحتراق أولية مع مخلوط خارجي من الهواء والغاز وكمية الوقود تكون مثالية أو % 5 إذا ما تطلب استخدام وقود الديزل .

والمحرك يكون قادرًا على التشغيل بهذه النسبة وإذا لم يتوفر بسهولة نظام الكمية الصغيرة للحقن يسمح صمام المرشد بحقن وقود بكمية من 1 إلى 2% وهذا يؤثر على تخفيض انبعاثات أكسيد النيتروجين .

وعموماً هذا الإنخفاض للانبعاثات أقل من الانبعاثات الصادرة من المحركات التي تستخدم وقود الديزل وغالبًا ما تكون قدرة محرك الديزل أقل بنسبة من 1 إلى % 20 ويعتمد على كمية الميثان في الغاز الطبيعي ، ومحركات الضغط العالي للغاز المحقون والتي تعمل بوقود الديزل البحري وله نفس الأداء والقدرة وتكون قدرته حوالي من 2000kw إلى 8000kw ويركب عليه تربيئة شحن جيرو وتتخفف قليلاً انبعاثات أكسيد النيتروجين عما يناظره من محركات الديزل بنسبة حوالي % 20 .

ويكون من الضروري استخدام نظام إختيار المواد المحفزة وذلك للحصول على النسب المرضية لغاز أكسيد النيتروجين .

حيث أن كمية الوقود لصمام المرشد من 5 إلى 8% فإنه من الضروري الحصول على أقصى قدرة إذا ما استخدم وقود الديزل فقط .

ومحركات حقن الغاز تكون معقدة نسبيًا وتحتاج إلى ضاغط لضغط الغاز ضغطاً عاليًا وبناءً على ذلك يبرر ارتفاع التكلفة في مجال القدرة المنخفضة حيث تستثنى الغازات الخاصة المستخدمة ولكن في محركات القدرات العالية والغازات الخاصة فإن الضغط العالي لحقن الوقود يعتبر من الخيارات فقط .

وتؤكد الخبرة بأن خدمة المحركات لفترات طويلة تعمل بأمان ويعتمد عليها في التشغيل .