التقنيات المستخدمة في تطوير الشحن التوربيني في محركات الديزل البحرية ثنائية الأ شواط

* الأستاذ/ نبيل محمد محيسن

الملخـــــص:

يعد تطوير منظومة الشحن أحد أهم شروط تحسين أداء محركات الديزل البحرية ثنائية الأشواط التي تكون عادة ذات حجوم كبيرة وتقوم بدفع معظم السفن التجارية في العالم .

هذا البحث يتناول التقنيات المستخدمة في الوقت الحاضر في الشحن بهدف تطوير محركات السفن وسيتم التركيز على نسبة انضغاط الشاحن ومردوده باعتبارهما البارامترين الأساسين في تحسين أداء محركات الديزل البحرية ثنائية الأشواط ورفع مردودها .

و لمراعاة المتطلبات المستقبلية من جهة التشحين فإن البحث سوف يتعرض إلى التقنيات التي هي قيد الدراسة في مراكز التطوير والبحث مثل التحكم بزاوية دخول الغازات إلى التوربينة الغازية, والشحن الثنائي المراحل, وتدوير غازات الاحتراق ,وأجهزة الشحن باستخدام مصدر مساعدة للقدرة.

مصطلحات ومفاهيم: محركات الديزل البحرية , الشحن التوربيني , المردود , نسبة الانضغاط.

المقدمـــة:

في علم المحركات (محركات الاحتراق الداخلي) فان الشوط يعرف بالمسافة المحصورة بين النقطيين الميتا العليا (T.D.C) وهى أقصى نقطة في الاسطوانة تصل إليها حركة المكبس إلى أعلى والنقطة الميتا السفلى (D.D.C) وهى أدنى نقطة في الاسطوانة تصل إليها حركة المكبس إلى أسفل [1] وعليه فان المحركات واستنادا إلى عدد الأشواط تصنف إلى محركات رباعية الأشواط أي أن المحرك ينجز دورته الحرارية خلال أربع أشواط لحركة المكبس أي خلال دورتين كاملتين لعمود المرفق والأشواط كالتالي السحب, الضغط, التمدد, (القدرة) والعادم. أما المحركات ثنائية الأشواط فهي تلك المحركات التي تنجز الدورة الحرارية خلال شوطين لحركة المكبس داخل الاسطوانة وعليه فان عمود المرفق يدور دورة كاملة, ففي الشوط الأول يتم انجاز كل من العمليات التالية

*عضو هيئة تدريس بالمعهد العالي للمهن الشاملة – زليتن

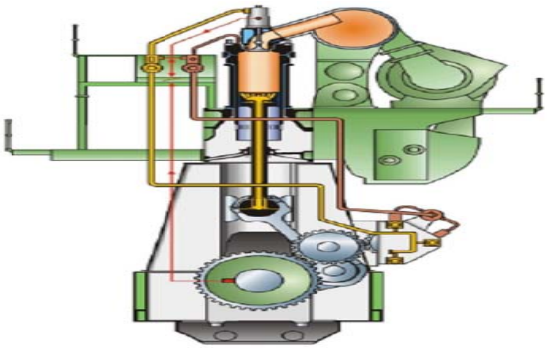
سحب, ضغط, احتراق أما الشوط الثاني فإن العمليات تكون على النحو التالي احتراق ,تمدد ,عادم (تصريف). إن المحركات ثنائية الأشواط بمقارنتها مع رباعية الأشواط, وفى حالة ثبات مقاييس المحرك في كل منها فان الثنائي يعطى قدرة مضاعفة وهذا ما يعطي المحركات ثنائية الأشواط الأفضلية في الاستخدامات التي تتطلب قدرة عالية وسرعة دوران منخفضة وهذا ما يفسر هيمنة محركات الديزل ثنائية الأشواط في دفع السفن وأن تكون الأكثر انتشارا في التجارة البحرية العالمية , أما محركات الديزل الرباعية الأشواط فيظهر استخدامها في السفن الصغيرة أو السفن ذات المتطلبات الخاصة كالسفن الجوالة (Cruisers) والعبارات (Ferries).

إن الشحن التوربينى بدأ استخدامه في المحركات رباعية الأشواط في الثلاثينات ولم ينتشر في المحركات ثنائية الأشواط في منتصف الخمسينات [1] وكان السبب في التأخر يكمن في الفارق التصميمي بين المحركين حيث تتم عملية تبادل الغاز في المحركات رباعية الأشواط من خلال صمامات الدخول (صمامات السحب) و صمامات الخروج (صمامات العادم) مع وجود قاطع زمني صغير بين فترة عملهما لذلك كان مردود شاحنات الهواء المبكرة مناسبا لتزويد الكميات الضرورية من هواء الشحن للمحركات الرباعية الأشواط فقط .وفى المحركات الثنائية الأشواط بدلا من طرد الغازات عبر دفع المكبس فإن تنظيف الاسطوانة من نواتج الاحتراق يتحقق من خلال هواء الكسح الجديد خلال فترة تقاطع عمل فتحات الامتصاص و التصريف ولذلك يلزم لكسح الجيد توفر فرق واضح في الضغط بين هواء الكسح ومجرى تصريف الغازات لتأمين التدفق الضروري للهواء عبر الاسطوانة .

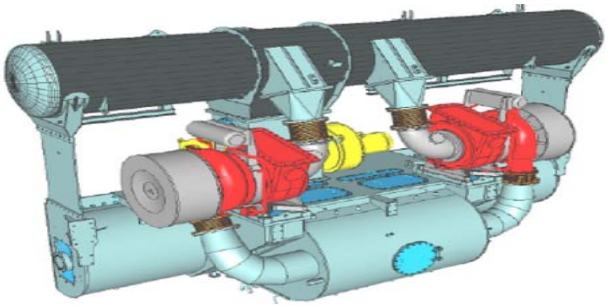
منظومات الشحن التوربيني في محركات الديزل ثنائية الأشواط

تجدر الإشارة إلى أن منظومات الشحن التوربيني للمحركات ثنائية الأشواط أصبح لها تصميم وشكل قياسي كما مبين في الشكل (1) فإن جميع المحركات الحديثة ذات كسح مستقيم أي أن الهواء يدخل من فتحات موزعة على المحيط الجزء السفلى من الاسطوانة بينما يتم تصريف غازات الاحتراق عند صمام مركب وسط قمة الاسطوانة . كما مبين في الشكل (2) فإنه في الأعلى يوجد مجمع تصريف الغازات وفى الأسفل مجرى هواء الكسح وثمة شاحنان يرسلان الهواء إلى مبرد واحد وفاصل لقطرات الماء. تعمل الشاحنات التوربينية بطريقة الضغط الثابت ويصل ضغط هواء الكسح فيها إلى 3.9bar [2] . يتراوح عدد الشاحنات بين 1إلى4 وجميعها تكون في الأعلى خلف مجمع تصريف غازات الاحتراق لتامين مقدار كاف من هواء الكسح مع وحدة فصل المـــــاء المتصلـــــة به

الموجودة تحت الشاحن التوربيني و عندما تكون المحركات اصغر فأنة لا يوجد إلا شاحن واحد يركب في جانب المحرك . لدى عمل المحرك عند حمولات تقل عن 30٪ يلجأ إلى تشغيل مراوح الهواء (blowers) مستمدة طاقتها من مصدر كهربائي مستقل عن المحرك وهذا ضروري لأنه بانخفاض الحمولة فان الشاحن التوربيني لا يستطيع تأمين تدفق الهواء اللازم لمحركات ثنائية الأشواط . إن الشاحنات التوربينية المستخدمة لتشغيل المحركات ثنائية الأشواط التي تنتجها الشركات المختلفة متشابهة فيها حتى الوقت الحاضر فهي جميعا تتضمن ضاغطا محوريا او قطريا (نابذا) يقوم بتدوير توربينة غازية أحادية المرحلة .تصنع الضواغط والتي تصل نسبة انضغاطها الى 4 من الألومنيوم ويكون غلاف مخرج غازات الاحتراق مستطيل الشكل لتأمين مردود عالي .



شكل (1) مقطع في محرك ديزل تنائي الأشواط



شكل (2) منظومة الشحن التوربيني لمحركات الديزل البحرية الحديثة

المتطلبات الأساسية للشاحنات التوربينة وتأثيرها على أداء المحرك

للاختيار المناسب للشحن التوربينى تأثير كبير على أداء المحرك يتجلى فيما يلي:-

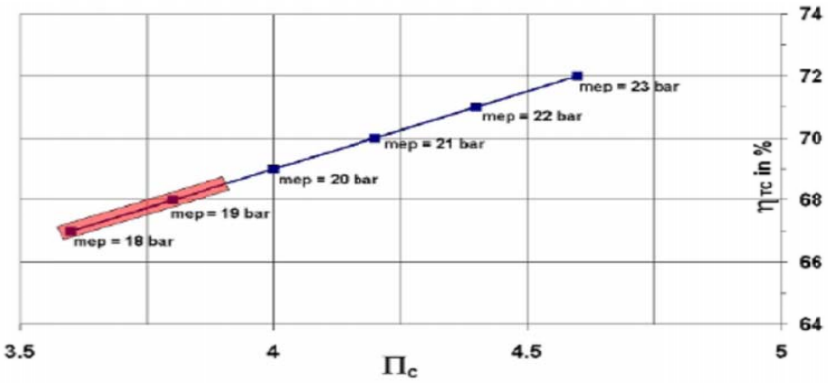
1- استهلاك امثل للوقود بسبب نظافة الاسطوانة الناتج عن الكسح الجيد.

2- انخفاض إصدار أكاسيد النيتروجين عبر ضغط هواء الكسح بدقة.

3- انخفاض إصدار الدخان عند الحمولات الجزئية بسبب ارتفاع معامل فائض الهواء.

4- انخفاض درجة حرارة صمامات التصريف عند جميع الحمولات وإطالة عمرها.

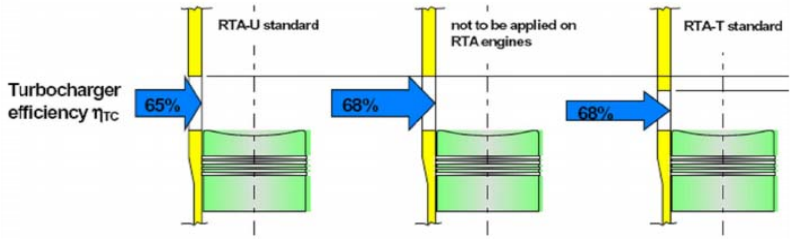
أهم عوامل تقيم الشاحنات التوربينية مستقبلا هي المردود (الكفاءة) الإجمالي (ηTC) ونسبة الانضغاط ($\prod c$) . يتضح من الشكل (3) بأن قيم mep في الوقت الحاضر تصل إلى 19.5bar عند مردود إجمالي للشاحن قدرة ٪68 و نسبة انضغاط تصل إلى3.95 [3] إذا توجب رفع قيمة mep إلى 21 bar فيجب أن يصل مردود الشاحن إلى ٪70 وان تصبح نسبة الانضغاط 4.2٪ سبب ارتباط أداء الشاحن بالضغط الوسطى الفعلي mep للمحرك هو أن ارتفاع الضغط المتوسط الفعلي يتطلب نسبة انضغاط أعلي للمحافظة على معامل فائض الهواء ثابتا .بنفس الوقت يجب رفع مردود الشاحن للمحافظة على تدفق الهواء ونظافة الاسطوانة عند نفس الحدود. .و الآن يتم مناقشة المتطلبات الأساسية للشاحنة التوربينية.



شكل(3) منحنى تغير الضغط المتوسط الفعلي mep بالنسبة إلى ηTC و $\prod c$

1- طريقة تخفيض ارتفاع فتحات امتصاص الهواء :

تعد هذه الطريقة التي أدخلت في عام 1997 أحد أهم أساليب المواءمة بين المحرك والشاحن التوربيني [2] وحيث تمت الاستفادة من ميزة توفر شاحنات توربينية ذات مردود أعلى يبلغ 68٪ مقارنة بسابقتها ذات مردود 65٪. بما أن تدفق الهواء اللازم للكسح في الاسطوانات يمكن تأمينه باستخدام طاقة أقل لغازات العادم , فإن من الممكن تخفيض ارتفاع فتحات امتصاص الهواء كما مبين في الشكل (4) وتأخير فتح صمام خروج الغازات,مما يسمح بإطالة شوط عمل التمدد وتخفيض استهلاك الوقود (انظر الجدول (1). أحد الاعتبارات المهمة كان تحقيق ما ذكر بدون ارتفاع درجة حرارة أجزاء المحرك مع تأمين عدم حدوث انخفاض شديد لدرجة حرارة الغازات واستمرار إمكانية الإستفادة من طاقتها في الموفر بقصد التسخين .



شكل(4) مخطط يبين توضع فتحات تصريف غازات العادم في التصاميم السابقة و الحديثة.

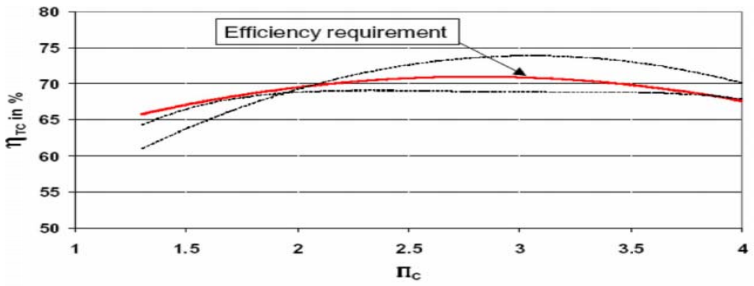
جدول (1) مخطط يبن توضع فتحات تصريف غازات العادم في التصاميم السابقة و الحديثة [3]

نوع الشاحن	أساسي	عالي المردود	عالي المردود
المردود الاجمالي للشاحن٪	65	68	68
فتحات الامتصاص	عادية	عادية	قليلة الارتفاع
زاوية فتح صمام الخروج بعد TDC	119	119	122
زاوية انكشاف فتحات الامتصاص بعدTDC	142	142	145
درجة حرارة غازات العادم C^0	275	250	270
الاستهلاك النوعي للوقود g/kwh	173	172	170
تدفق غازات العادم kg/kwh	8.2	9	8.3

2- المواءمة بين الشاحن والمحرك :

لدى تصميم المحرك يتم التركيز على مواصفات الشحن التوربيني من خلال حساب بارامترات معينة مثل ضغط هواء الكسح ومردود الشاحن عند الحمولة الكاملة والجزئية (انظر شكل (5)). ويتم السعي عادة لضمان توفر احتياطي أمان يبلغ 15٪ يمنع حدوث نباح الشاحن. تتم في مراكز اختبار المحرك معايرة ضغط هواء الكسح لضمان المواءمة بين المتطلبات مثل مردود الشاحن التوربيني وشكل منحنى المردود وحدود التسامح. وإذا لزم الأمر يلجأ إلى تبديل حلقة فوهة التوربين. كما يختبر استقرار المحرك إذا حدث نباح في الشاحن عبر واحدة من الطرق التالية:-

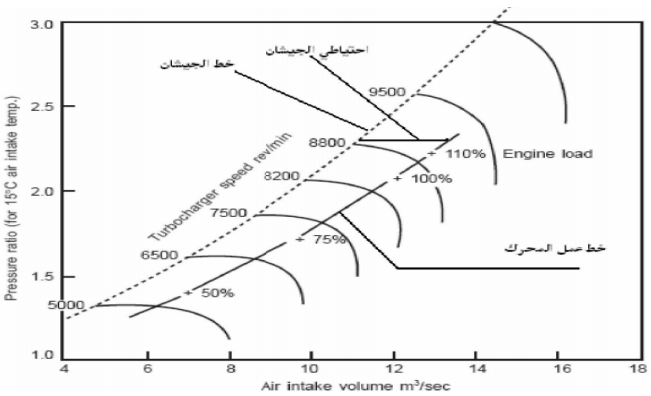
- رفع الضغط المقابل عند الحمولة الكاملة للمحرك .
- قطع الوقود عن واحدة من اسطوانات المحرك القريبة من الشاحن عند عمل المحرك بالحمولة.
- التخفيض المفاجئ للحمولة بمقدار 25٪ عن الحمولة الكاملة .



شكل (5) المردود اللازم لشاحن محركات الديزل الكبيرة ثنائية الأشواط تبعا لحمولة المحرك معبرا عنها بنسبة انضغاط الشاحن

3 - نباح الشاحن التوربيني(الجيشان) surging

نباح الشاحن التوربيني ظاهرة معروفة يمكن أن تحدث إذا اقتربت ظروف تشغيل المحرك من خط النباح surge line المبين على الشكل (6).



شكل (6) مثال على مخطط ضاغط بين مجال عمل المحرك و احتياطي النباح surging

الأسباب المحتملة لهذه الظاهرة هي:

- التهوية غير الكافية لحجرة الآلات على السفينة
- انسداد مجرى الدخول إلى مخمد الشاحن التوربيني و الضاغط ومبرد هواء الكسح وشبكة حماية مدخل التوربينية وحلقة فوهة التوربينية و مخمد الموفر وتراكم الترسبات على الشفرات .
- تعطل صمامات هواء الكسح .
- تعطل أو تآكل في صمامات الحقن .
- ارتفاع ر معدل التزويد بزيت التزليق.
- تأكل مكونات الشاحن مثل حلقة الفوهة وشفرات التوربنية.

ويتضح من هذا العرض بأن أنجح وسيلة للوقاية من النباح هي الصيانة الجيدة للمحرك والاهتمام .نظافة الشاحن التوربينى. يؤدى إلي اتساخ دولاب الناشر وحلقة فوهة التوربنية وشفراتها إلى تردى الأداء للشاحن, الأمر الذي يمكن أن يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارة غازات الاحتراق وأجزاء المحرك وإلى زيادة استهلاك الوقود, وفى بعض الحالات الحدية يؤدى إلى حدوث النباح. الأوساخ المتجمعة على الضاغط تأتى عادة من الجو المحيط إضافة إلى رذاذ الزيت القادم من حجرة الآلات. أما في التوربنية فإن مصدر الترسبات هو مركبات غير محترقة من الوقود الثقيل heavy fuel, وفائض زيت تزليق الاسطوانات .الحل هو التنظيف المنتظم للشاحن التوربينى في فترات محددة. ويجرى هذا عادة لدى عمل المحرك عند سرعة منخفضة. يلزم التنظيف الجاف للتوربينية كل 24 حتى 28 ساعة عمل باستخدام وسيط حبيبي . أما التنظيف الرطب للتوربنية

فيلجأ إليه كل 48 حتى 500 ساعة عمل باستخدام الماء وحده, والتنظيف الرطب للضاغط يجرى كل 25 حتى 100 ساعة عمل [4] .

التوجهات المستقبلية :

يعكس منحى تطور التشحين للمحركات البحرية الكبيرة ثنائية الشوط طبيعة العلاقة بين المحرك وشاحنه. يمكن تحديد بعض التوجهات المهمة للمحرك التي يجب أن يراعيها مصممو الشاحنات التوربنية أيضا مثل

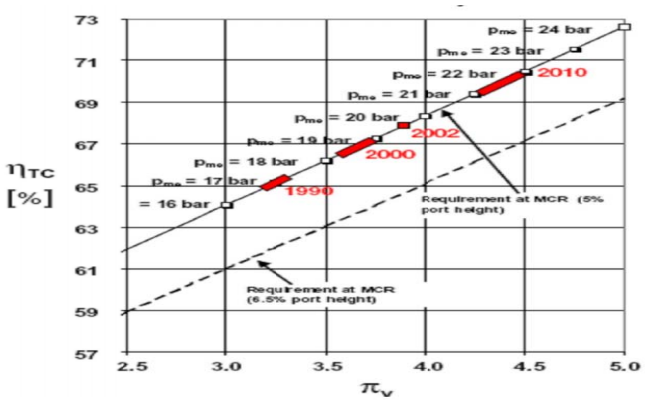
- رفع القدرة لتخفيض الوزن اللازم لإنتاج الكيلو وات ورفع مردود المحرك .
- تخفيض الإصدارات الضارة مع غازات الاحتراق .
- تحسين وثوقية المحرك reliability وإطالة الفترة الفاصلة بين الصيانات وتخفيض التكاليف .

لتحقيق هذه الأهداف ينبغي أن يتم تطوير الشاحنات التوربنية في مجال:

- رفع ضغط التشحين .
- رفع مردود الشاحن التوربينى .
- تخفيض أبعاد الشاحن وكلفته.

يبين الشكل (7) منحنى تغير بارامترات الشاحنات التوربنية ,ويتضح منه بأن قيمة mep في عام 1990 17bar , في عام 2000 أصبحت 19bar, ويجرى التخطيط للوصول إلى 22bar في عام 2010. يتطلب رفع قيم mep زيادة متطلبات المردود الإجمالي للشاحن ونسبة انضغاطه لأنه يجب المحافظة على شروط حدية معينة , حيث يتوجب أن تظل درجة حرارة مكونات المحرك بجوار حجرة الاحتراق ضمن الحدود السائدة حاليا لأن ذلك أمر حاسم في وثوقية المحرك. بخصوص البيئة يجب أن يظل معدل الدخان عند الحمولة الجزئية للمحرك كما هو ولا يزيد. كذلك يجب أن يظل معدل استهلاك الوقود كما هو بلا زيادة. لهذا أثر بيئي ولكنه مهم اقتصاديا لمستخدم المحرك ومالك السفينة, ولذلك يوجد توجه شديد لتخفيض استهلاك الوقود [5] .

وفيما يلي أهم الطرق المستخدمة لتطوير التشحين وجعله مناسبا مع متطلبات المحركات المستقبلية.



شكل (7) التطورات المستقبلية للمحركات الكبيرة ثنائية الأشواط سوف تؤدي إلى زيادة متطلبات المردود الإجمالي للشاحن ونسبة انضغاطة

أهم الطرق المستخدمة لتطوير التشحين وجعله مناسبا مع متطلبات الحركة المستقبلية.

1- تمرير الهواء عبر مجاري جانبية :

ستخدم هذا الأسلوب عادة لتحسين أداء منظومة التشحين التوربينى عند الحمولات الجزئية . ولكن محركات الديزل الكبيرة ثنائية الشوط لا تحتاج لأجهزة من هذا القبيل بسبب طبيعة نظام عملها. لدى ندفع السفينة بعمل هذه المحركات بشكل رئيسي عند٪85 من القدرة القصوى المتواصلة للمحرك, ولا يوجد تغير كبير في حمولة المحرك أثناء رحلة السفينة الطويلة في المحيطات. على أية حال لا تلزم نافخات الهواء المساعدة إلا عندما تقل حمولة المحرك عن٪30 [6] .

2- تصميم شفرات توجيه الغازات إلى التوربنية بحيث تكون قابلة للتعديل :

هذه الطريقة مناسبة لتحسين أداء الشاحن عند الحمولات الجزئية , وفى هذه الحالة توجد أجهزة توجيه ميكانيكية لتغير زاوية الدخول إلى شفرات التوربنية . في الوقت الحاضر لا تزال هذه الطريقة غير عملية في حال إحراق الوقود الثقيل (heavy fuel) بسبب خطر اتساخ الشفرات بالبقايا غير المحترقة من الوقود وزيت تزليق الأسطوانات, وقد تتراكم الأوساخ بمرور الوقت بعد عمل المحرك لفترة طويلة في المحيطات. بما أن معظم السفن تستخدم الوقود الثقيل فإن هذا الأسلوب لا يزال غير عملي للمحركات البحرية ثنائية الشوط. ولكن مقدار الاتساخ هذا يمكن تخفيضه إذا تم تطوير جمل تزليق الاسطوانات تسطيع تقليل كميات الزيت المقدمة للتزليق، كذلك يوجد عيب آخر لهذه الطريقة هو الحاجة إلى آلية إضافية لأداء وظيفة التوجيه, الأمر الذي يرفع كلفة الشحن التوربيني.

وفى المحرك ثنائي الشوط فان المنظومة ستصبح أعقد بسبب الحاجة لتمكين وسيلة لمعايرة الضغط قد تكون بوابة متغيرة لتجنب نباح الضاغط لدى تغير زاوية شفرات التوجيه .

3- التشحين ثنائي المراحل :

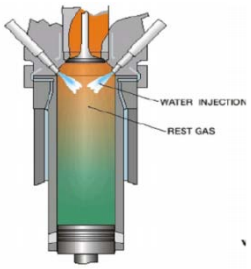
هي طريقة شاع استخدمها في الماضي عندما تصل المردود ونسبة الانضغاط. يمكن رفع مردود الشاحن والشغل المستهلك على مرحلة الانضغاط الثانية. لهذه الشاحنات التوربنية المتوفرة إلى الحدود القصوى . ولكن في الوقت الحاضر ما يزال للمردود عند الانضغاط على مرحلتين عند الحمولات المنخفضة قيمة أدنى من الانضغاط بمرحلة واحدة والعيب الرئيسي للتشحين على مرحلتين هو تعقيد تصميم مجاري الهواء والغازات وكبر الحيز اللازم لذلك, وهذا أمر مقيد في السفن. جدير بالإشارة إلي أن تأمين الحجم المطلوب حتى للشاحنات أحادية المرحلة المنتشرة في الوقت الحاضر حرج أحيانا. كذلك يجب أن نأخذ بعين الاعتبار أن التشحين ثنائي المراحل يمكن أن يقلل الحرارة المفيدة التي يمكن استرجعها من غازات الاحتراق والاستفادة منها على متن السفينة, بسبب انخفاض درجة حرارة الهواء بفعل مبردات الهواء الوسيطة, لذلك يستحسن في الوقت الحاضر اللجوء إلى التشحين أحادي المرحلة, وقد أمكن الوصول في الفترة الأخيرة إلى نسبة انضغاط في شاحنات المحركات ثنائية الشوط تبلغ 4.5 متجاوزين القيمة المألوفة 4 [5].

4- طريقة تبريد الغازات المتبقية في الاسطوانة بواسطة الماء Wa Co ReG :

من التوجهات الأخرى لتأثير على عملية التشحين التوربينى يوجد تدوير غازات الاحتراق وإعادتها إلى الاسطوانة exhaust gas recirculation (EGR). هذه الطريقة ملائمة للمحركات الصغيرة رباعية الشوط كوسيلة مهمة لتخفيض الإضافي لانطلاق NO_x. حيث يتحقق انخفاض معدل نشوء أكاسيد النيتروجين من خلال تخفيض كمية الأكسجين المتوفرة في اسطوانة المحركة ورفع الحرارة النوعية للغاز في الاسطوانة. كذلك يمكن استخدام هذه الطريقة في المحركات ثنائية الشوط ويكون تطبيقها أنسب. فبينما يتطلب تدوير غازات احتراق المحركات رباعية الشوط لنقلها عبر مجار خارجية ومبردات, فإنه يمكن الوصول إلى نفس الأثر في المحركات ثنائية الشوط عبر تعديل عملية الكسح بحيث ينخفض نقاء الغازات في الاسطوانة في بداية شوط الانضغاط , واستخدام وسائل تبقى درجة حرارة أجزاء الاسطوانة منخفضة خلال هذه الفترة . يمكن تحقيق التدوير الداخلي لغازات الاحتراق عبر تخفيض ارتفاع فوهات الكسح (شكل4) الأمر الذي يؤدي إلى تدفق الهواء المتجه إلى الاسطوانة كما أن ذلك التخفيض يؤدي إلى رفع معدل التمدد في الاسطوانة و تخفيض معدل استهلاك الوقود [7] , رغم عدم الحاجة إلى تجهيزات إضافية من أجل تدوير غازات الاحتراق في المحركات ثنائية الشوط, ولكن التدوير الداخلي للغازات يحتاج حقن مباشر للماء في الاسطوانة Direct Water Injection System (DWI) من أجل تخفيض درجة حرارة مكونات الاسطوانة.

قامت شركة Wartsila الدانماركية بجمع كل طريقتي EGR و DWI بطريقة أطلق عليها اسم Wa Co ReG كما هو مبين في الشكل (8) .

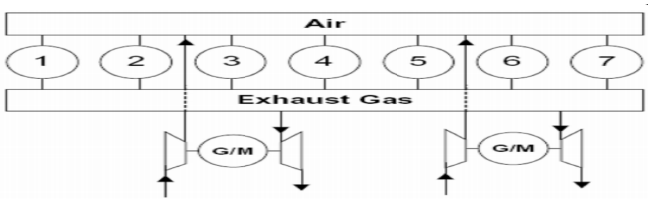
كما لجأ إلى تطوير طريقة DWI كتقنية أخرى لتخفيض إصدارات NO_x. ولكن حقن الماء خلال شوط الانضغاط في طريقة Wa Co ReG يكون أكبر من طريقة DWI لوحدها , وبالتالي سيؤدي لتخفيض درجة الحرارة وإبقاء الحمولات الحرارية معادلة للحمولات عند العمل بدون تدوير داخلي للغازات.من المتوقع أن تخفض الطريقة المزدوجة Wa Co ReG إصدار NO_x بنسبة سبعين بالمائة مقارنة بالمعدلات الحالية لإصدارات المحركات مما يتيح تطبيق متطلبات معاهدة ماريول73/78 MARBOL, الملحق الخامس [4]



شكل(8) مبدأ طريقة Wa Co ReG التي تعتمد على الحقن المباشر للماء واستبقاء الغازات

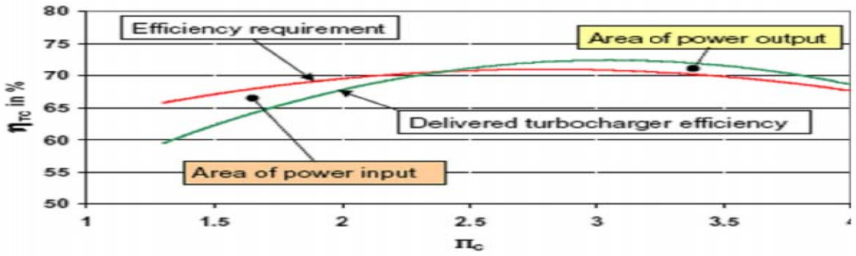
5- تشغيل الشاحنات باستخدام مصدر خارجي للطاقة عند الحمولات الجزئية :

من الطرق التي أثبتت فعاليتها في تحسين أداء الشاحنات التوربنية اللجوء إلى استخدام مصدر خارجي للطاقة لتدوير الشاحن عند الحمولات الجزئية للمحرك. يضاف لكل شاحن وحدة محرك/ مولد تتصل بالمحور الدوار كما هو مبين في الشكل (9) .لدى عمل المحرك بحمولات تفوق قدرة الشاحن على تقديم هواء الكسح , عندها يمكن تغذية الشاحن بالقدرة من المحرك الكهربائي الاحتياطي الموصول بالشاحن, والحصول على تدفق الهواء اللازم لعملية الكسح في محرك الديزل. وعند الحمولات الأعلى وحينما تصبح طاقة غازات الاحتراق أعلى من اللازم لتزويد المحرك بهواء الكسح ,فان الطاقة الفائضة يستفاد منها في وحدة (المحرك/المولد) لتوليد الكهرباء كما هو مبين في الشكل (10). وهكذا فان الشاحنات التوربينية وفق هذه الطريقة ستتمكن من مواجهة متطلبات المحركات الكبيرة ثنائية الشوط عند الحمولات الصغيرة والاستفادة من فائض الطاقة لتوليد الكهرباء عند الحمولات الكبيرة. .



شكل (9) يوضح وحدة المولد/المحرك في كل شاحن

المنحنيات المبينة في الشكل (10) تمثل علاقة مردود الشاحن التوربينى عند الحمولات المختلفة بنسبة انضغاط الضاغط .



شكل (10) ملائمة الشاحنات التوربينية الموصولة بوحدة (محرك/ مولد) مع كافة الحمولات [8]

من الواضح أن لهذه الطريقة بعض المزايا , ولكن ذلك على حساب زيادة كلفة الشاحن التوربينى وجملة تنظيم وحدات (المحرك/ المولد). هذا التصميم سيجعل تصميم المحرك أبسط عبر التخلي عن نفاخات الهواء المساعدة والصمامات الهزازة لهواء الكسح. كذلك ستنخفض الإجهادات الحرارية لصمامات التصريف عند الحمولات المنخفضة. وسيتحسن تسريع الشاحنات التوربنية وبالتالي الاحتراق في المحرك عند الشروط الانتقالية للحمولة الجزئية. وثمة بعض الكسب في الطاقة الكهربائية الفائضة التي ستتوفر في مناطق الحمولة الكاملة للمحرك.

الاستنتاجات والتوصيات:

التشحين التوربينى لمحركات الديزل البحرية الكبيرة ثنائية الشوط أحد الجوانب الأساسية في تطوير المحركات ,حيث أن مواصلة رفع نسبة الانضغاط ومردود الشاحن مطلوبان سواء عند الحمولة الكاملة أو الجزئية للمحرك من أجل الملائمة (التكيف) مع منحنى تطوير أداء المحركات. لقد اتضح بان الشحن أحادي المرحلة سيظل الأسلوب المهيمن للمحركات الكبيرة ثنائية الشوط خلال الأعوام القادمة ,و بأن مواجهة التحديات المستقبلية المتمثلة في تخفيض الإصدرات الضارة من المحرك و رفع المردود و تبسيط التصميم مع زيادة الموثوقية ممكنة بواسطة الأساليب الحديثة المعروضة في البحث مثل طريقة تبريد الغازات المتبقية في الأسطوانة بواسطة الماء (Wa Co ReG) و تشغيل الشاحنات باستخدام مصدر خارجي للطاقة عند الحمولات الجزئية.

المراجـــع

[1]. ZINNER, K. Aufladung von Verbrennungsmotoren, Springer verlag,5-12.
[2]. WWOODYARD, D. Pouder's Marine Engines, seventh edition2001, Butturworth Heinemann, England,121-140.
[3]. WEISER, G. Wide choice in fuel consumption For Sulzer Engines. Marine News-Wartsila Corporation, Switzerland, 2004, 1-13.
[4]. MEIER-PETER, H. Handbuch Schiffsbetriebstechnik. Auflage, Seehafen Verlag, Germany, 2006, 84-100.
[5]. WOODYARD , D. Pounder's Marine Engines, seventh edition 2008, Butturworth Heinemann, England, 200 – 204.
[6]. MOECK, E., STRICKERT, H. , BERGMANN, J. Schiffsmaschinenbetrieb, Auflage, Verlag Technik Gmbh Berlin, Germany, 2005, 90 - 96 .
[7]. NEUMEISTER, O., ERBLING, H.G. Betrieb von Schiffsmotorenanlagen. Germany,2006. 14-33. , 2. Auflage, Verlag Technik Berlin.
[8]. Turbocharging Performance Handbook**,** Jeff Hartman , MotorBooks International, 2005,100-110.
[9]. http/www.Marinediesels_co_uk.

E-mail : n_m203@yahoo.com