مجلة الحكمة للدراسات والأبحاث المجلد 05 العدد 04 (25) 2025/08/15
ISSN print/ 2769-1926 ISSN online/ 2769-1934

Roads to reduce diesel vehicle exhaust emissions in Iraq

Assistant teacher : Falih Hadhood Fidwah
Ministry of Education - Qadisiyah Education - Vocational Education Department
hdjonbvxr@gmail.com

Received:15/06/2025 Accepted : 30/07/2025

Abstract:

Compression combustion engines, known for their high efficiency, contributes significantly to transportation-related emissions productivity, and durability, have played a pivotal role in the development of countries worldwide. However, their operation and has been classified as carcinogenic. To address these concerns and meet increasingly stringent environmental regulations, modifications to engine designs and combustion processes before, during, and after the combustion cycle are necessary. This paper discusses the advantages and disadvantages of various advanced methods for reducing diesel vehicle emissions. First, a general discussion of various methods for altering pre-combustion engine designs is presented. Then, methods for modifying fuel during combustion to improve its properties and reduce engine emissions are discussed. Finally, post-combustion devices that help improve air quality in our environment are discussed. These devices help reduce toxic emissions into the atmosphere.

Keywords: Reducing diesel exhaust emissions.

مجلة الحكمة للدراسات والأبحاث المجلد 05 العدد 04 (25) 2025/08/15
ISSN print/ 2769-1926 ISSN online/ 2769-1934

احداث الطرق لتقليل انبعاثات عوادم المركبات الديزل في العراق

م .م فالح هدهود فدوه
وزارة التربية –تربية القادسية – قسم التعليم المهني
hdjonbvxr@gmail.com

الملخص

لعبت محركات الاحتراق الانضغاطي، المعروفة بكفاءتها العالية وقدرتها الإنتاجية ومتانتها، دورًا محوريًا في تنمية الدول عالميًا. ومع ذلك، يُسهم تشغيلها بشكل كبير في الانبعاثات المتعلقة بالنقل، وقد صُنفت كمواد مسرطنة. ولمعالجة هذه المخاوف والوفاء باللوائح البيئية المتزايدة الصرامة، من الضروري إجراء تعديلات على تصاميم المحركات وعمليات الاحتراق قبل دورة الاحتراق وأثناها وبعدها يناقش البحث مزايا وعيوب مختلف الطرق المتطورة للحد من انبعاثات مركبات الديزل. تُقدم أولاً مناقشة عامة لمختلف الطرق لتغيير تصميم محركات ما قبل الاحتراق. ثم تُناقش طرق تعديل الوقود أثناء الاحتراق لتحسين خصائصه لتقليل انبعاثات المحرك. وأخيرًا، تُناقش أجهزة ما بعد الاحتراق التي تُساعد على تحسين جودة الهواء في بيئتنا، حيث تُساعد هذه الأجهزة في الحد من انبعاثات السموم في الغلاف الجوي.

الكلمات المفتاحية: تقليل انبعاثات عوادم الديزل

1- مقدمة

تُعدّ صناعات النقل وتوليد الطاقة ذات أهمية بالغة للعديد من البلدان من حيث النمو وخاصة في بلاد العراق. وقد اكتسبت محركات الديزل شعبيةً في هذه المجالات بفضل كفاءتها العالية وعمرها الافتراضي الطويل وإنتاجيتها الكبيرة. ونتيجةً لذلك، تتمتع بحضورٍ قوي في أسواق سيارات الركاب والآلات الثقيلة. ومع ذلك، أدى تزايد شعبية محركات الديزل إلى زيادة التلوث، مما كان له آثار سلبية على البيئة وصحة الإنسان. ويُنتج احتراق الوقود النفطي ملوثات تُسهم في هذه المشاكل. وقد أكدت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) بشكل قاطع ارتفاعًا كبيرًا في درجات الحرارة العالمية مدفوعًا بزيادة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، بما في ذلك الميثان وثاني أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكربون. ومن المتوقع أن يؤثر ارتفاع درجة الحرارة العالمية بمقدار درجتين مئويتين فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية تأثيرًا بالغًا على أكثر من 100 مليون شخص. ويُطلق احتراق محركات الديزل بشكل رئيسي ملوثات ضارة مثل ثاني أكسيد الكربون (CO2) وأكاسيد النيتروجين (NOx) والهيدروكربونات (HC) والجسيمات الدقيقة (PM)، وجميعها تخضع للوائح حكومية صارمة. تُشكل الانبعاثات غير المنظَّمة الأخرى، مثل الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات والبنزين والتولوين والزيلين والسخام، عبئًا بيئيًا وصحيًا. تُطلَق الهيدروكربونات نتيجةً للاحتراق غير الكامل أو الجزئي، مما يُؤدي إلى مشاكل مثل العطس والسعال والنعاس وآلام العين وأمراض الجهاز التنفسي. يُولِّد الاحتراق غير الكامل للوقود الهيدروكربوني ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، الذي يُمكن أن يُؤثّر سلبًا على الأعضاء الحيوية مثل الدماغ والجهاز العصبي والقلب عن طريق تقليل قدرة الدم على حمل الأكسجين. الأشخاص الذين يُعانون من أمراض تنفسية أو قلبية سابقة مُعرَّضون بشكل خاص للتعرض لثاني أكسيد الكربون. تكوُّن أكاسيد النيتروجين (NOx) عملية مُعقَّدة تتضمن آليات حرارية وسريعة ومرتبطة بالوقود. تُؤدِّي درجات حرارة الاحتراق العالية إلى كسر الروابط الثلاثية في جزيئات النيتروجين، مما يسمح لذرات النيتروجين بالاتحاد مع الأكسجين وتكوين أكاسيد النيتروجين. يمكن أن تُسبب هذه الانبعاثات مشاكل صحية خطيرة، بما في ذلك التهاب الرئة، وضعف دفاعات الجهاز التنفسي، والوذمة، والتهاب الشعب الهوائية، والالتهاب الرئوي. ويزيد وجود المعادن الثقيلة والهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات (PAHs) من تفاقم هذه المخاطر، مما يؤدي إلى التسمم، ومشاكل تنفسية وقلبية وعائية حادة، وزيادة معدلات الوفيات. قد يؤدي التعرض الحاد

للهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات إلى الغثيان والإسهال والقيء وتهيج الجلد. ويرتبط التعرض طويل الأمد بزيادة خطر الإصابة بسرطانات الرئتين والجلد والمثانة والمعدة. وتُشكل الألدهيدات، وهي ناتج ثانوي آخر لاحتراق الديزل، مخاطر مسرطنة، ويمكن أن تُسبب ألما في الحلق، وغثيانًا، وصداعًا، ومشاكل تنفسية. ويمكن أن يؤدي التعرض المفرط إلى مشاكل صحية مزمنة تُؤثر على العديد من أجهزة الجسم. وتؤثر انبعاثات أكسيد النيتروز سلبًا على الجهاز التنفسي، والجهاز المناعي، والجهاز العصبي، والجهاز التناسلي، بينما يرتبط التعرض للبنزين بالسرطان وفقر الدم اللاتنسجي. ويمكن أن يُسبب التولوين، وهو أحد مكونات انبعاثات الديزل، تهيجًا تنفسيًا وتأثيرات على الجهاز العصبي المركزي. أما التعرض قصير الأمد لتركيزات عالية من التولوين، قد يؤدي إلى الصداع، والدوار، والغثيان، وآلام العضلات، وفقدان التنسيق. كما أن التعرض المطول قد يُضعف الانتباه والتركيز والوظائف الحركية. واستجابةً لهذه المخاوف الصحية والبيئية، أصبحت اللوائح المتعلقة بانبعاثات محركات الديزل أكثر صرامة، مما حثّ المصنّعين على اعتماد تقنيات وممارسات أنظف. وقد أدى التأثير المتزايد للاحتباس الحراري، ومحدودية كفاءة محركات الديزل، والطبيعة الصارمة للوائح مكافحة التلوث (خاصةً فيما يتعلق بانبعاثات أكسيد النيتروجين والجسيمات الدقيقة) التي تفرضها الحكومات، إلى الرغبة في تطوير محركات فعّالة ذات مستوى انبعاثات محدود. وتعود هذه الزيادة في المقام الأول إلى ثلاثة أسباب مختلفة: زيادة الاحتباس الحراري: يُعدّ الاحتباس الحراري مشكلة بيئية رئيسية ناجمة عن انبعاث غازات الدفيئة في الغلاف الجوي. تحبس غازات الدفيئة الحرارة من الشمس، مما يُؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض. وقد يؤدي هذا إلى عدد من المشاكل، بما في ذلك ارتفاع منسوب مياه البحار، وظواهر جوية أكثر تطرفًا، وتغيرات في مناخ الأرض. ضعف كفاءة محركات الديزل: تُعد محركات الديزل أقل كفاءة من محركات البنزين، مما يعني أنها تستهلك وقودًا أكثر لإنتاج نفس القدر من الطاقة، مما يجعلها أكثر تكلفة في التشغيل. ويساهم في ظاهرة الاحتباس الحراري. صرامة لوائح مكافحة التلوث: تُطبّق الحكومات حول العالم لوائح أكثر صرامةً على انبعاثات المركبات بشكل متزايد. ويعود ذلك إلى تزايد الوعي بالآثار البيئية والصحية لتلوث الهواء. وتُعد محركات الديزل صعبةً للغاية في تلبية هذه المعايير، إذ تُنتج مستويات عالية من أكسيد النيتروجين والجسيمات الدقيقة (PM). وقد تضافرت هذه العوامل الثلاثة لخلق طلب قوي على محركات أكثر كفاءةً ونظافةً في الاحتراق. ويجري تطوير عدد من التقنيات المختلفة .

ISSN print/ 2769-1926 ISSN online/ 2769-1934

2- معايير الانبعاثات لمحركات الديزل العاملة في العالم العربي والعراق

في الآونة الأخيرة، ومع الارتفاع الملحوظ في درجة حرارة الكرة الأرضية نتيجةً لتزايد تأثير الاحتباس الحراري، وتزايد وضوح آثاره الضارة على صحة الإنسان، سنّت الحكومات قوانين صارمة لمكافحة التلوث. وقد سهّلت هذه القوانين تطوير محركات قوية ذات تأثير منخفض على البيئة. يوضح الجدول 1 معايير انبعاثات السيارات المخصصة لنقل الركاب في العالم العربي.(Knecht)(2008).

الجدول 1. معايير سيارات الركاب في العالم العربي.

Eu standard	Nitroge oxi (Nox)kg/k	Tot hydrocarboo Nox Mg/k	Articula matt kg/k	Particl number k
Euro1	-	975	13(	-
Euro2	-	710	80- 10(	-
Euro3	520	560	50	-
Euro4	260	310	26	-
Euro5	185	230	6	-
Euro5	185	230	6	$6x10^1$
Euro6	85	180	6	$6x10^1$

3- اعتبارات تصميم محرك الاحتراق المسبق.

تعتمد عملية تشغيل المحرك وإطلاق السموم على تفاصيل تصميم محرك الديزل. من خلال تغيير تصميم احتراق الغرفة، ونسبة الضغط، وموضع الدوامات، والضغط ومدة الحقن، وما إلى ذلك، يمكن تحقيق كفاءة وجودة أكبر . سيؤدي تقليل الاحتكاك بين المكونات واستخدام زيوت التشحيم المتقدمة ومواد التشحيم الجديدة إلى تقليل الضرر الميكانيكي للمحرك، مما سيزيد من كفاءته. بالنسبة لمحركات الديزل،

تُعد فترة الحقن واحدة من أهم العوامل التي تؤثر على قدرات المحرك والانبعاثات والاحتراق. وقد وثقت العديد من الدراسات آثار تأجيل أو زيادة وقت الحقن بالكمية النموذجية.أن انبعاث أكاسيد النيتروجين انخفض مع زيادة مقدار الوقت المستغرق في عملية الحقن. مع زيادة إجمالي كمية الوقود المحروق بعد النقطة الميتة العليا (TDC)، ينخفض ضغط ودرجة حرارة الأسطوانات القصوى، مما يقلل من إطلاق أكسيد النيتروجين، أيضًا أن تأجيل وقت الحقن زاد من كمية انبعاثات الهيدروكربونات وثاني أكسيد الكربون غير المستنفد. أنه عندما يتم تمديد فترة الحقن، يزداد الوقت المطلوب لتحقيق الاحتراق الكامل؛ ونتيجة لذلك، لا يمكن استخدام الوضع. وبالتالي، تقل الكفاءة الحرارية للفرامل، وتزداد الكمية المحددة من وقود الفرامل المستهلك. عندما تكون مدة الحقن أكبر من المدة النموذجية، فإنها تقلل من إطلاق HC وCO في الغلاف الجوي بسبب زيادة درجة حرارة الاحتراق، وزيادة كمية الأكسجين وثاني أكسيد الكربون، وانخفاض سمك اللهب. ومع ذلك، فإن هذا يتسبب أيضًا في زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون . بالإضافة إلى ذلك، تقلل طريقة الحقن المتقدمة من إطلاق الجسيمات، كما هو موثق في . ومع ذلك، مع الجدولة المتقدمة للحقن، يتم تقليل حجم الزيت الهندسي، وتزداد النسبة الإجمالية للتكافؤ. وعلى النقيض من البيان القائل بأن زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ناتجة عن وقت الحقن المتقدم، أن وقت الحقن المتقدم أدى إلى انخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن الاحتراق المبكر، نتيجة لارتفاع الضغط ودرجة الحرارة في الأسطوانات، وقد دعم ذلك باحثون آخرون .

وثق رحمن وجادجي متوسط BSFC أقل وزيادة BTE عندما تم تمديد فترة الحقن بسبب الوقت الكافي للاحتراق الكامل. انخفضت درجة حرارة الغاز الذي يطرده المحرك جنبًا إلى جنب مع جدول الحقن المتقدم. ويعزى ذلك إلى ملف تعريف ضغط الهيدروجين بدرجة الحرارة المفيد. ذكر هاريرام وكومار أيضًا أن زيادة وقت الحقن كان لها دور كبير في تقليل BSFC والهيدروكربونات غير الضارة وثاني أكسيد الكربون والدخان وزيادة ضغط الاحتراق ومعدل إطلاق الحرارة وضغط متوسط الفرامل الفعال (BMEP). بالإضافة إلى ذلك، ذكروا أن حجم الانبعاثات الضارة انخفض مع زيادة وقت الحقن. ومع ذلك، فقد وثق بعض العلماء أن تغيير فترة الحقن من القيمة النموذجية له تأثير سلبي على BTE يعد تغيير الضغط المستخدم لحقن الوقود طريقة أخرى قابلة للتطبيق للتحكم في أداء المحرك والانبعاثات. عندما يزداد الضغط في موقع الحقن، يقل تأخير الاحتراق . وقد وثق العديد من العلماء أن زيادة ضغط

الحقن يؤدي إلى زيادة الضغط الأقصى في الأسطوانات، ويتم إطلاق المزيد من منتجات الاحتراق في مرحلة الاحتراق الممزوجة مسبقًا.

باحتراق أفضل عند زيادة الضغط، وكان السبب هو أن الضغط زاد من ذرات الوقود عند مخرج الفوهة، مما أدى إلى توزيع أكثر توازناً لمرحلة البخار. ساين وآخرون. يؤدي ارتفاع ضغوط الحقن عمومًا إلى تحسين أداء المحرك وتقليل الانبعاثات. وقد وثّق المرجع زيادة في الكفاءة الحرارية للفرامل (BTE) وانخفاض استهلاك الوقود النوعي للفرامل (BSFC) عند التركيزات الأعلى، ويعزى ذلك إلى تحسين عملية التذرية وتحسين خلط الوقود بالهواء. تتوافق هذه النتيجة مع ملاحظات باحثين آخرين . أفاد بوروشوثامان وناغاراجان بانخفاض في انبعاثات أكاسيد النيتروجين مع زيادة ضغط الحقن. وعزا ذلك إلى انخفاض درجات حرارة غاز الأسطوانة، وانخفاض معدلات إطلاق الحرارة أثناء مرحلة الاحتراق الممزوج مسبقًا، وإطالة مدة الاحتراق. وتدعم دراسات أخرى هذه الملاحظة. يُسهّل ارتفاع ضغط الحقن توزيع الوقود بالهواء بشكل أفضل، مما يُتيح احتراقًا أسهل وأكثر اكتمالًا لجزيئات الوقود الأصغر، مما يؤدي إلى تقليل انبعاثات أول أكسيد الكربون والهيدروكربون . وقد عزا فريق كاناكي هذا الانخفاض تحديدًا إلى سهولة احتراق جزيئات الوقود الأصغر.((2011). Ganapathy)

4- تعديل الوقود أثناء الاحتراق.

يمكن تعديل خصائص الوقود لزيادة فعالية الاحتراق وتقليل الانبعاثات من خلال طرق متعددة، بما في ذلك دمج الوقود الحيوي مع الديزل، واستخدام أنواع الوقود التكميلية، وغيرها. ويُعتقد أن الوقود الحيوي صديق للبيئة، وغير سام، ومتجدد، ومستدام. وقد قيّمت العديد من الدراسات فعالية الوقود الحيوي في تعزيز كفاءة مركبات الديزل. وتُستخدم إضافات الوقود للأسباب التالية: تحسين خصائص التعامل مع الوقود، وتعزيز استقراره، وتقليل انبعاث نواتج الاحتراق، وتحسين كفاءة الوقود، وغيرها. سيتم مناقشة طرق مختلفة لتعزيز كفاءة الوقود فيما يلي.(AQaraghani et al)(2019).

4–1–الوقود الحيوي كبديل للديزل.

يناقش هذا المقطع تاريخ وإنتاج الديزل الحيو، وهو وقود بديل محتمل لمحركات الديزل. وفيما يلي تفصيل: التاريخ المبكر: تعود أصول الديزل الحيوي إلى عام 1900 عندما استخدم الدكتور رواكتشاف وقود الديزل القائم على البترول والذي يسهل الحصول دولف الزيت النباتي يكوقود لمحركه. وقد أدى عليه إلى تحويل

التركيز بعيدًا عن الزيت النباتي. صعود الديزل الحيوي: أدى استنفاد احتياطيات الوقود الأحفوري واللوائح البيئية الأكثر صرامة إلى تجديد الاهتمام بالوقود البديل. ويُنظر إلى الديزل الحيوي، المشتق من الزيوت النباتية، على أنه خيار واعد نظرًا لفوائده البيئية المحتملة. إنتاج الديزل الحيوي: يتم إنتاج الديزل الحيوي من خلال عملية تسمى الاسترة المتبادلة، والمعروفة أيضًا باسم عملية ميثيل إستر الأحماض الدهنية (FAME). تتضمن هذه العملية تحويل الدهون الثلاثية في الزيت النباتي إلى إسترات ميثيل باستخدام الكحولات مثل الميثانول أو الإيثانول. تحدث العملية في ثلاث مراحل قابلة للعكس، حيث يتم تحويل الدهون الثلاثية تدريجيًا إلى ثنائيات الجلسريد، وأحاديات الجلسريد، وأخيرًا الجلسرين، مع إنتاج جزيء إستر واحد في كل خطوة. خصائص الديزل الحيوي: تمتلك إسترات الديزل الحيوي خصائص مشابهة لوقود الديزل التقليدي. يُفترض أنه متجدد، وقابل للتحلل الحيوي، وغير قابل للاشتعال، وغير متفجر، وصديق للبيئة. النقاط الرئيسية: يُقدم الديزل الحيوي حلاً محتملاً للتحديات البيئية وتحديات الاستدامة المرتبطة بوقود الديزل التقليدي. تتضمن عملية إنتاجه تفاعلات كيميائية تُحوّل الزيوت النباتية إلى وقود صالح للاستخدام. تجعل خصائص الديزل الحيوي منه بديلاً واعداً للديزل التقليدي، مع فوائد بيئية واقتصادية محتملة.

تكمن الميزة الأساسية للديزل الحيوي في إمكانية استخدامه في محرك ديزل (بنسبة تصل إلى 20%) دون الحاجة إلى تعديلات إضافية عليه. وثّق العديد من العلماء زيادة في كفاءة الاحتراق، ويُعزى ذلك إلى وجود نسبة أعلى من الأكسجين في تجاربهم. وتحديداً، خُصص ما بين 11 و13% من الحجم الإجمالي للاحتراق في هذه التجارب. يزيد هذا المحتوى الإضافي من الأكسجين في الديزل الحيوي من عدد الجزيئات التي يمكن حرقها، مما يؤدي إلى الاحتراق الكامل للوقود. أيضًا، نظرًا لانخفاض تركيزات أول أكسيد الكربون والهيدروكربون، فإن استخدام الديزل الحيوي يؤدي إلى انخفاض إطلاق هذه المواد مقارنةً بالديزل . يحتوي الديزل الحيوي على سيتان أعلى من الديزل العادي ، وهذه الخاصية تسهل إنتاجًا أقل من الهيدروكربون وأول أكسيد الكربون. بالإضافة إلى ذلك، يتمتع الديزل الحيوي بخاصية فائقة تعزز تزييت مضخة الوقود ومكونات الحاقن، مما يقلل من التلف وفقدان الكفاءة المرتبط بالمحرك، ويزيد من كفاءته. يتميز الديزل الحيوي بلهب أعلى من الديزل، مما يجعله آمنًا للتعامل والنقل والتخزين. ومع ذلك، هناك العديد من الجوانب السلبية لاستخدام الديزل الحيوي في محركات الاحتراق الداخلي. يحتوي الديزل الحيوي على محتوى طاقة أقل بنسبة 12٪، مما يتسبب في زيادة في الاستهلاك النموذجي

للوقود بنسبة تقارب 2–10٪. بسبب استخدام الديزل الحيوي، من المحتمل حدوث مشاكل في العمر الطويل للمحركات مثل الحاقنات وحواف المكبس والمرشحات . نظراً لانخفاض محتوى الأكسجين في الديزل الحيوي، قد يتلف الخزان والحاقن والأنبوب إذا تحول الوقود إلى أحماض دهنية. ويعود ذلك إلى ارتفاع نسبة الأكسجين، وطرق التزود بالوقود المتطورة، والبدء المبكر للاحتراق. ولذلك، عادةً ما يحتوي الديزل الحيوي على تركيز أعلى من أكاسيد النيتروجين مقارنةً بوقود الديزل. ومن الأسباب الأخرى لزيادة انبعاثات أكاسيد النيتروجين: إشعاع السخام، ومعامل المرونة الحجمي للمحرك، وعملية اتخاذ القرارات في المحرك، وتركيبة الوقود التي تؤثر على نمط الرش أو اشتعال غرفة الاحتراق، ودرجة الحرارة الأديباتية للهب، وغيرها.(mahapatras)(2021).

4–2– إضافة مواد مضافة إلى الوقود.

في الآونة الأخيرة، استُخدمت مُحسِّنات كيميائية لتحسين كفاءة وقود السيارات. تتوفر أنواع عديدة من مُحسِّنات الوقود لمحركات الديزل، منها ما يُحسِّن عملية الاحتراق، ويُعزِّز الأكسجين، ويُسرِّع عملية الاشتعال، وله خصائص أخرى.(Rashidul)(2014).

4–2–1– تأثير المواد المضافة على خصائص الوقود.

تؤثر إضافات الوقود بشكل كبير على خصائص الوقود . بحث Çaynak في تأثير مكونات المنغنيز على خصائص إستر ميثيل زيت ثفل النخيل. في دراستهم، لاحظ Çaynak وآخرون أن إضافة مكونات المنغنيز بتركيز 12 ميكرومول/لتر حسّنت خصائص الوقود بشكل كبير. أدى هذا التركيز إلى انخفاض بنسبة 20% في قوام السائل، وانخفاض بمقدار 15 درجة مئوية في درجة حرارة التجمد، وانخفاض بمقدار 7 درجات مئوية في نقطة الوميض. علاوة على ذلك، لاحظوا زيادة في ضغط البخار، مما يشير إلى زيادة تقلب الوقود. قيّمت أبحاث أخرى تأثير الإضافات القائمة على المنغنيز والنيكل، موضحةً أن كلا النوعين من الإضافات أدى إلى انخفاض في نقطة الوميض، ونقطة الصب، والقوام. بحث جورو وآخرون في تأثير الإضافات القائمة على المغنيسيوم. أظهرت نتائجهم أن زيادة تركيز هذه الإضافات من 0 إلى أدى تركيز 16 مليمول/لتر إلى انخفاض في درجة التجمد، والقوام، ودرجة الوميض. درس كانان وآخرون تأثيرات FeCl3. لاحظوا تأثيرًا طفيفًا على درجة الوميض، لكنهم وجدوا أن FeCl3 زاد بشكل ملحوظ من القيمة الحرارية والرقم السيتاني للوقود. وثّق فريق ياسين آثار زيادة محتوى الميثانول. أشارت نتائجهم إلى أن زيادة محتوى الميثانول أدت إلى انخفاض في كل من

ISSN print/ 2769-1926 ISSN online/ 2769-1934

لزوجة الزيت وكثافته، مع تحسين الرقم السيتاني في الوقت نفسه. يكشف الجدول 2 عن انخفاضات كبيرة في اللزوجة الحركية: تصل إلى 49% مع الإضافات المؤكسدة ، و25% مع مضادات الأكسدة و18% مع الإضافات المعدنية ، و10% مع معززات السيتان وتم تحقيق انخفاضات كبيرة في الكثافة السكانية من خلال استخدام المركبات المؤكسدة، مثل الميثانول (انخفاض يصل إلى 30٪) . من الجدول 2.

Additi Typ	Additiv Us	Kinema viscosi	Densi	Heati val	Flash poi	Oxidatic stability	Centane Number
	Dee,6,5,1 15 20,25	↓%99	↓%3.7	↓%9			↑%36
	Methano 6%	↓slight	↓%31		%62		↑%19
	Ethanol n butanol Dee 6%	↓9.5to9.	↓slight	Up to ↓1.4%	%6-13		
Oxygenated	n-butano Dee 6%	↓%12.5	↓to 16%	↓%1.4	↓%2.7		
Oxygenated	Dee 10%and15		↓%3.8	↓%1	%12.8		
Antioxidant	BHT	2000rpn	↑%2	↓%1	↓%1.4	64 to111%	
Cetane Improv	EHE,CHN MEE	,EHn)%0 ↓ cHN	↓3to10%				8to40% ↑
Metal-based	Mn,M	8and16μ mol/L	↑%8	↑Sligh	↑Slight	↑%42.,7	
Mixed	Alumina,Eth ol Iso-propanc 5%	↓%3	↑%10	↑Slight	↑%2		↑%25

4-2-2- تأثير المواد المضافة على أداء المحرك والانبعاثات

تلعب المواد المؤكسدة دورًا حيويًا في تعزيز الاحتراق عن طريق زيادة محتوى الأكسجين في الوقود. الكحولات والإيثرات والإسترات هي مذيبات عضوية شائعة الاستخدام. وقد أظهرت العديد من

الدراسات أن الإيثانول يقلل الانبعاثات بشكل فعال، في حين أن المواد المضافة الأخرى مثل ن-بيوتانول وثنائي إيثيل إيثر تُظهر فوائد

مماثلة وقد ثبت على نطاق واسع أن الديزل الحيوي، كمكمل للوقود المؤكسج، يقلل من انبعاثات الجسيمات (PM). بالإضافة إلى ذلك، يمكن للمواد المضافة المحتوية على الأكسجين أن تخفض درجات حرارة الاحتراق

ومع ذلك، فإن استخدام المواد المضافة المؤكسدة ليس خاليًا من التحديات. وتشمل هذه التحديات ارتفاع درجة حرارة التبخر، وانخفاض رقم السيتان، وارتفاع درجة حرارة الاشتعال الذاتي، وزيادة انبعاثات أكاسيد النيتروجين، وانخفاض خصائص التشحيم . وقد استكشفت الدراسات حلولاً بديلة لمواجهة هذه التحديات. على سبيل المثال، تم التحقيق في زيت الطهي المستعمل كوقود. أشارت الأبحاث إلى أن الإيثانول، عند تركيزاته المنخفضة، يُقلل من أقصى ضغط للأسطوانة، بينما وجدت دراسات أخرى أن الإيثانول يزيد من معدل إطلاق الحرارة وضغط الأسطوانة نظرًا لطول فترة اشتعاله وتسارع تبخره في مرحلة الاحتراق الممزوجة مسبقًا. أما الديزل الحيوي، فعلى الرغم من مزاياه، إلا أن له عيبًا كبيرًا يتمثل في قابليته للتحلل التأكسدي، مما يؤثر على جودته وأدائه. يُقلل التخزين طويل الأمد من ثباته التأكسدي، مما يستلزم استخدام مضادات الأكسدة للحفاظ على خصائص الوقود وإطالة مدة صلاحيته. في أوروبا، تُلزم معايير جودة الوقود الصارمة بثبات التأكسدي كمعيار قبول حاسم للديزل الحيوي. كشفت الدراسات أن مضادات الأكسدة مثل ثلاثي بوتيل هيدروكوينون (TBHQ) تُعزز ثبات التأكسدي وتُقلل من انبعاثات الجسيمات . ومع ذلك، قد يزيد استخدامها من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والهيدروكربون . كما تُحسّن محفزات الاحتراق القائمة على المعادن عملية الاحتراق وكفاءة الوقود. كانان وآخرون. فحص تأثير الإضافات المعدنية، مثل FeCl3، على الاحتراق. ولاحظوا زيادة في ضغط الأسطوانة ومعدلات إطلاق الحرارة، المنسوبة إلى الحقن المتأخر وتحسين خلط الوقود والهواء كما أظهرت أنظمة المحفز المزدوج نتائج واعدة، مع انخفاض في انبعاثات الجسيمات بنسبة 10-25٪ وتوفير الوقود بنسبة 5-7٪ . وثق ماي وهيرز انخفاضًا بنسبة 50٪ في انبعاثات الجسيمات باستخدام أنظمة مماثلة . تعمل معززات السيتان، وهي فئة أخرى من الإضافات، على تحسين احتراق الديزل عن طريق زيادة رقم السيتان. تعزز هذه المعززات التشغيل المنتظم للحاقن، وتقلل من عدوانية دورة الاحتراق، وتضمن احتراق الوقود بكفاءة. تشمل معززات السيتان الشائعة

البيروكسيدات والنترات وكربامات النيتروزو ونترات الألكيل، حيث يكون نترات 2-إيثيل هكسيل (EHN) هو الأكثر فعالية. أظهرت الدراسات أن EHN يزيد من رقم السيتان بنسبة تصل إلى 24%، ويقلل من تأخير الاشتعال بنسبة 10%، ويقلل بشكل كبير من انبعاثات أكاسيد النيتروجين والدخان نتيجة انخفاض درجات حرارة الاحتراق وانخفاض توافر الأكسجين . في الختام، بينما تعمل إضافات الوقود، مثل المؤكسجات ومضادات الأكسدة والحفازات المعدنية ومعززات السيتان، على تحسين كفاءة الوقود والتحكم في الانبعاثات بشكل كبير، إلا أنها تُشكل أيضًا تحديات تتطلب تحسينًا دقيقًا وموازنة دقيقة.(A. Fayyad et al) (2017).

5- اعتبارات المعالجة بعد الاحتراق.

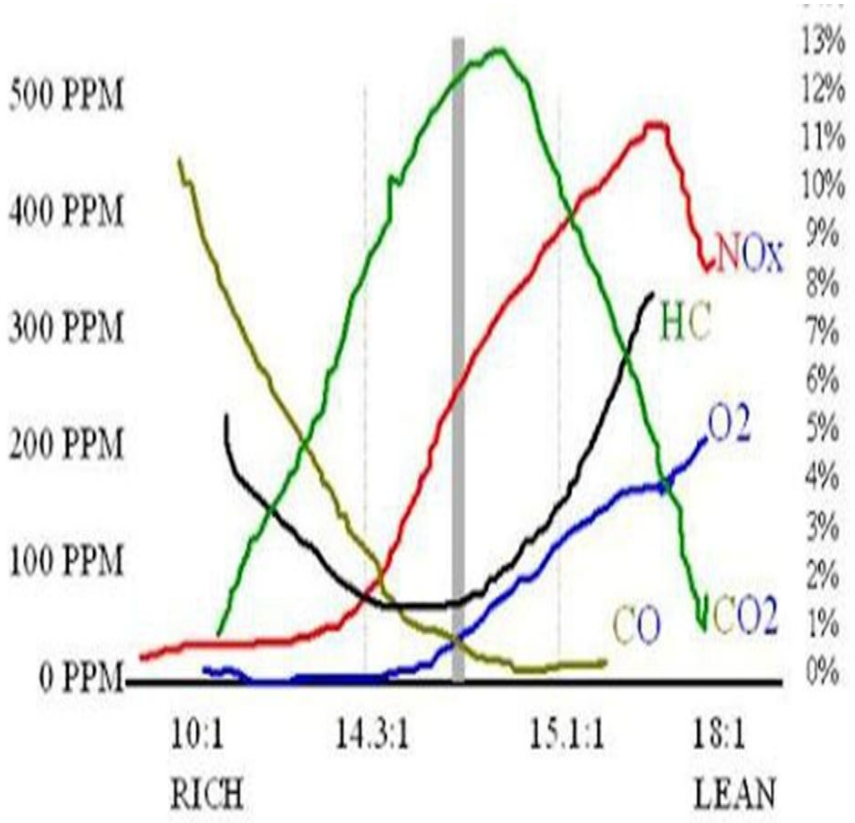
تتوفر العديد من طرق المعالجة اللاحقة لتقليل انبعاثات محرك الديزل، بما في ذلك أنظمة المعالجة اللاحقة لغاز العادم، والاختزال التحفيزي الانتقائي، ومرشحات جسيمات الديزل (DPFs). تعالج أنظمة المعالجة اللاحقة غازات العادم قبل إطلاقها في البيئة. تلعب المحولات الحفازة دورًا حاسمًا عن طريق تحويل الهيدروكربونات غير المحترقة (HC) وأول أكسيد الكربون (CO)، وكذلك أكاسيد النيتروجين (NOx)، إلى مواد أقل ضررًا مثل ثاني أكسيد الكربون (CO2) والماء والنيتروجين. صُممت مرشحات جسيمات الديزل لالتقاط الجسيمات الدقيقة (PM) من العادم. أفاد كو ولياو بانخفاض كبير في الجسيمات الدقيقة بنسبة 92.5٪ مع تطبيق مرشحات جسيمات الديزل. تُستخدم المحولات الحفازة، وخاصة محفزات أكسدة الديزل (DOCs)، بشكل شائع في محركات الديزل. تعزز DOCs التحويل الكيميائي للملوثات مثل HC وCO والجزء العضوي من جسيمات الديزل (SOF). لاحظ فريق 145] Zhang] انخفاضًا بنسبة 21-36٪ في انبعاثات الهيدروكربون وانخفاضًا بنسبة 8-16٪ في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون مع تطبيق DOCs. علاوة على ذلك، يمكن أن تقلل DOCs من الرائحة المميزة لوقود الديزل. تتكون PM في المقام الأول من ثلاثة مكونات رئيسية: الجسيمات الصلبة، SOF، والكبريتات. تؤكسد DOCs الكبريت داخل PM، مما يؤدي إلى انخفاض في كمية PM، كما ورد في الأدبيات . انخفاضًا بنسبة 16-34٪ في متوسط تركيز الجسيمات وانخفاضًا بنسبة 15-38٪ في تركيز عدد الجسيمات عند استخدام DOCs. أبلغ علماء آخرون عن نتائج مماثلة.] أن 20-60٪ من PM قد انخفضت، وعلى النقيض من ذلك، Zhang et al.] انخفاضًا بنسبة 10-28٪ في عدد الجسيمات وانخفاضًا بنسبة 5-27٪ في كتلة الجسيمات.

ISSN print/ 2769-1926 ISSN online/ 2769-1934

على العكس من ذلك، يمكن أن يؤدي تطبيق DOC إلى زيادة تركيز الكبريتات عبر عملية تحويل ثاني أكسيد الكبريت إلى أكسجين. وهذا يمكن أن يؤدي إلى زيادة الحجم الإجمالي للجسيمات الدقيقة المنبعثة. كما أن لمحركات الديزل التي تقلل من انبعاثات أكاسيد النيتروجين دورٌ ضئيل في تقليل انبعاثات أكاسيد النيتروجين. يُعد الاختزال التحفيزي الانتقائي (SCR) تقنيةً راسخةً لتقليل انبعاثات أكسيد النيتروجين (NOx). يعمل عن طريق تحويل أكاسيد النيتروجين إلى غاز نيتروجين غير ضار باستخدام عامل خارجي مثل الأمونيا. على الرغم من فعالية الأمونيا، إلا أن سميتها وضررها المحتمل على الجلد غالبًا ما يؤديان إلى استخدام اليوريا كبديل أكثر أمانًا. وقد أظهرت الدراسات أن الاختزال التحفيزي الانتقائي يقلل بشكل كبير من انبعاثات الملوثات المختلفة. على سبيل المثال، لاحظ لوغاناثان وتشاندراسيكاران، انخفاضات بنسبة 69-81٪ لأكاسيد النيتروجين، و43-8٪ للهيدروكربونات (HC)، و90-1٪ لأول أكسيد الكربون (CO)، و80-84٪ لثاني أكسيد الكربون (CO2). ومع ذلك، فإن الاختزال الانتقائي التحفيزي له عيوب أيضًا، مثل: ارتفاع تكاليف رأس المال والتشغيل. الحاجة إلى كميات كبيرة من المحفز. التحكم الصارم في درجة حرارة العادم لمنع تكوين أكاسيد النيتروجين المفرطة. تُعد مرشحات جسيمات الديزل (DPFs) فعالة في تقليل انبعاثات الجسيمات (PM). تعمل مرشحات DPF عن طريق حبس الجسيمات ثم أكسدة الجسيمات المحاصرة إلى ثاني أكسيد الكربون (CO2) من خلال عملية تتضمن تمرير عادم السيارة عبر درجات حرارة أعلى. يمكن أن يؤدي الجمع بين تقنيات الاختزال الانتقائي التحفيزي وDPF إلى تقليل انبعاثات أكاسيد النيتروجين والجسيمات بشكل كبير. علاوة على ذلك، فإن دمج محفز أكسدة الديزل (DOC) مع هذا النظام يمكن أن يقلل بشكل أكبر من كمية الكسر العضوي القابل للذوبان (SOF) في الجسيمات الدقيقة، مما يؤدي إلى انخفاض إجمالي انبعاثات الجسيمات الدقيقة بنسبة 90%. تشمل عيوب مرشحات جسيمات الديزل (DPFs): التكلفة العالية. ضرورة الحفاظ على درجات حرارة عالية للعادم لتسهيل عملية التجديد. فيما يتعلق بسؤالك حول الرقم (الذي لم يُذكر في هذا النص)، لا يمكنني الإجابة عليه مباشرةً. ومع ذلك، بناءً على السياق، يُرجح أن يشير "إجراء ما بعد الاحتراق" إلى أي عملية تحدث بعد احتراق الوقود في المحرك. قد يشمل ذلك: الاختزال الانتقائي التحفيزي (SCR): حيث يتضمن تفاعلات كيميائية مع غازات العادم بعد الاحتراق. مرشح جسيمات الديزل (DPF): حيث يقوم

ISSN print/ 2769-1926 ISSN online/ 2769-1934

بتصفية ومعالجة الجسيمات الدقيقة الناتجة أثناء الاحتراق. مرشح جسيمات الديزل (DOC): حيث يؤكسد المكونات الضارة في العادم بعد الاحتراق.كما في المخطط ادناه(Dr.fino)(2007).



6-الاستنتاجات

يناقش النص المقدم تأثير تغيير الوقود أثناء الاحتراق على أداء المحرك وانبعاثاته. وفيما يلي تفصيل للملاحظات الرئيسية:

١. توقيت الحقن: تأخير توقيت الحقن: يقلل بشكل عام من انبعاثات أكاسيد النيتروجين ولكنه قد يؤدي أيضًا إلى زيادة درجة حرارة غاز العادم (EGT)، واستهلاك الوقود النوعي للفرامل (BSFC)، وانبعاثات الهيدروكربون (HC)، وأول أكسيد الكربون (CO)، وإنتاج الدخان. طرق الحقن الحديثة: على الرغم من أنها غالبًا ما تعمل على تحسين الكفاءة، إلا أنها قد تؤدي أيضًا إلى زيادة انبعاثات أكاسيد النيتروجين. نتائج متضاربة: أفادت بعض الدراسات بزيادة انبعاثات الجسيمات الدقيقة وانخفاض استهلاك الوقود النوعي للفرامل (BSFC) مع تعديلات توقيت الحقن. ولاحظت دراسات أخرى زيادة انبعاثات أكاسيد النيتروجين وانخفاض انبعاثات الجسيمات الدقيقة. الاتجاه العام: أي تغيير في توقيت الحقن، سواء للأمام أو للخلف، يمكن أن يؤثر سلبًا على كفاءة الوقود النوعي للفرامل (BSFC) وكفاءة الوقود النوعي للفرامل (BTE).(chu)(2007).

٢. ضغط الحقن: ضغط الحقن العالي: يزيد بشكل عام من كفاءة الوقود النوعي للفرامل (BTE) ويقلل من كفاءة الوقود النوعي للفرامل (BSFC). نتائج متضاربة: أفادت بعض الدراسات بزيادة في كفاءة الوقود النوعي للفرامل (BSFC) مع كل من انخفاض وزيادة ضغوط الحقن. ولاحظت دراسات أخرى زيادة في انبعاثات أكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون مع ارتفاع ضغوط الحقن. الآثار الإيجابية: عادةً ما يؤدي ارتفاع ضغط الحقن إلى انخفاض انبعاثات أول أكسيد الكربون والهيدروكربون، وانخفاض عدد انبعاثات الجسيمات.

3- تؤدي زيادة نسبة الضغط إلى تقليل انبعاثات BSFC وEGT وأول أكسيد الكربون، وزيادة عتامة الدخان، ولكنها تزيد من انبعاثات أكاسيد النيتروجين والهيدروكربون.

4- تتمتع طرق LTC وEGR بالقدرة على تقليل أكاسيد النيتروجين والجسيمات الدقيقة في وقت واحد، ولكنها عادةً ما تزيد من الهيدروكربون وأول أكسيد الكربون.

5- تؤثر طرق الحقن المتعددة أو المنقسمة سلبًا أيضًا على الجسيمات وأكاسيد النيتروجين، ولكنها تزيد من BSFC.

6- يشبه الديزل الحيوي الديزل العادي، حيث يتميز بتشحيم أفضل، ونقطة وميض أعلى، وينبعث منه كميات أقل من أول أكسيد الكربون والهيدروكربون والهيدروكربون. ومع ذلك، فإنها تقلل من كفاءة المحرك وتزيد من استهلاك الوقود وتطلق كمية أكبر من أكاسيد النيتروجين مقارنةً بالديزل. يعاني الديزل الحيوي من نقص في الاستقرار المرتبط بعملية الأكسدة. إذا تم الحفاظ على الاستقرار لفترة طويلة، سينخفض بشكل كبير. بالإضافة إلى ذلك، لا تزال تكلفة إنتاج الديزل الحيوي كبيرة.

٧- يمكن تعزيز استقرار الديزل الحيوي في البيئة المؤكسدة باستخدام مضادات الأكسدة، إلا أن ذلك سيؤدي إلى زيادة انبعاثات أول أكسيد الكربون والهيدروكربون.

٨- قد يُعالج الديزل الحيوي المستخلص من الطحالب بعض المخاوف المتعلقة بالجيل الأول من الديزل الحيوي، بما في ذلك التعارض بين الغذاء والوقود. وتجري العديد من الدراسات لإيجاد عملية إنتاج فعّالة من حيث التكلفة.

٩- تُعزز المكمّلات المعدنية كفاءة الوقود، وتُقلل من إنتاج الهيدروكربون وأول أكسيد الكربون والدخان، مع زيادة إنتاج أكاسيد النيتروجين.

١٠- تزيد المكونات المؤكسدة من معدل الاحتراق عن طريق زيادة محتوى الأكسجين. ويزيد استخدام المكمّلات من الحد الأقصى للحرارة الممكن إطلاقها والضغط في الأسطوانات. على العكس من ذلك، لهذه

الإضافات بعض الخصائص السلبية: ارتفاع درجة حرارة التبخر، وانخفاض رقم السيتان، وارتفاع درجة حرارة الاشتعال الذاتي، وزيادة انبعاثات أكاسيد النيتروجين، وضعف التزييت.

11-السيتان تأثير كبير في تقليل انبعاثات أكاسيد النيتروجين، إلا أن الدراسات المدروسة أظهرت نقصًا في الأبحاث المخصصة لتأثيرات هذه المكونات على انبعاثات الجسيمات.

DOC-12 أن يقلل من انبعاثات الهيدروكربونات، وأول أكسيد الكربون، وفلوريد الكبريتات. ومع ذلك، فإن تأثيره على انبعاثات أكاسيد النيتروجين محدود أو معدوم، ويمكنه أحيانًا زيادة انبعاثات الجسيمات عن طريق تكوين المزيد من الكبريتات.

ISSN print/ 2769-1926 ISSN online/ 2769-1934

7-الخاتمة

**نظرًا لتزايد القلق العام بشأن الانبعاثات الضارة من محركات الاحتراق الداخلي، وتزايد شعبية المركبات الهجينة والكهربائية، يظل البحث المتواصل في تحسين كفاءة هذه المحركات وتقليل انبعاثاتها أمرًا بالغ الأهمية. ومن بين السبل الواعدة التحول إلى أنواع الوقود الحيوي المستدام. ورغم شيوع استخدام الديزل الحيوي كبديل، إلا أن له قيودًا يمكن التغلب عليها باستخدام إضافات مناسبة. لذلك، هناك حاجة إلى مزيد من البحث لتحديد خيارات المكملات الغذائية المناسبة.

علاوة على ذلك، يمكن لاستكشاف الوقود الحيوي من الطحالب والوقود الحيوي المشتق من النفايات (مثل نفايات زيت الطهي) أن يعالج مخاوف الاستدامة. ومع ذلك، يُعد البحث الموسع ضروريًا لخفض تكاليف إنتاج هذه الأنواع البديلة من الوقود، وجعلها مجدية اقتصاديًا لاعتمادها على نطاق واسع.

المصادر

1-From the book Diesel Fuel System, page (168): Authored by the General Organization for Technical and Vocational Education, Engineering Department, Saudi Arabia.
2-Mahmoud Atallah Mashkoor (2006) PhD in Internal Combustion Engines University of Technology in Iraq).

مراجع

1-(Knecht) (2008) Diesel Engine Development in Light of Low Emission Standards, Energy Magazine.

2-(Ganapathy)(2011)Combustion Engine Design, Combustion and Emission Characteristics.
3-(A. Qaraghani et al). (2019) Simultaneous reduction of nitrogen dioxide emissions and fuel consumption using water and nanoparticles in diesel-biodiesel blending.
4-(Mahapatras)(2021)Biofuels and their production sources are cleaner than conventional fuels.
5-(Rashidul)(2014) The Effect of Additives on the Properties, Performance and Emissions of a Compression Ignition Engine Fueled by Biodiesel. Energy Conversion Journal.
6-(A. Fayyad et al) (2017) Manipulating the particulate emission characteristics of modern diesel engines through butanol fuel

ISSN print/ 2769-1926 ISSN online/ 2769-1934
blending and fuel injection strategies to obtain efficient diesel oxidation catalysts.

7-(Dr. Fino) (2007) Diesel Emission Control: Catalytic Filters for Particulate Removal.

8-(Chu)(2007)The influence of fuel timing and injection components on diesel engine emissions.