



MhdLab

+ d'énergie - de pollution

L'association MHD vous présente une traduction française et le texte original de cette méta étude sur l'application de la mhd pour améliorer le combustion

La gazéification maximale s'obtient en équilibrant subtilement les charges électriques de l'air et du carburant. Si la charge est insuffisante, trop importante ou déséquilibrée il n'y a pas de résultat, voire une aggravation de la situation.

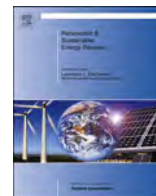
- Ces études résument les expérimentations de scientifiques qui ont utilisé des aimants qui correspondaient au besoin et ont observé un résultat (mais ce résultat pourrait vraisemblablement être amélioré).
- La variabilité des résultats s'explique par le fait que quasiment toutes les expériences ont eu lieu sans régler la puissance des aimants. En principe tous peuvent parvenir aux meilleurs résultats s'ils avaient varié les puissances pour obtenir la meilleure gazéification possible.
- Les aimants sont capables des générer des courants électriques dans les fluides.
- Ces courants peuvent produire une gazéification qui va améliorer la combustion, les performances et les consommations. A condition d'être convenablement équilibrés.
- Ce sont des phénomènes scientifiques indiscutables et prouvés.

Pour obtenir des résultats compris entre 10 et 30% (20% en moyenne), l'association propose des nouveaux systèmes d'aimants REGLABLES et une méthode de réglage. Tout est là.

<https://assoamhd.org/>



Examens énergétiques renouvelables et durables



Enquête sur les recherches dans la magnétisation du carburant pour améliorer les caractéristiques des moteurs à combustion interne



Hasanain A. Abdul-Wahhab*, Hussain H. Al-Kayiem, A. Rashid A. Aziz, Mohammad S. Nasif

Département de génie mécanique, Universiti Teknologi PETRONAS, Malaisie

ARTICLE INFO

Mots clés:

Émissions

Technologie de carburant

Moteur à combustion interne

Magnétisation du carburant

ABSTRAIT

Ce document passe en revue l'histoire des tentatives précédentes sur le comportement des performances et des émissions des moteurs à combustion interne (ICE) en investissant dans l'aimantation du carburant. Les concepteurs de moteurs sont actuellement confrontés à de sérieux défis liés à la réduction des émissions dans l'ICE en affinant leur consommation de carburant et leurs performances. Dans le passé, de nombreux efforts ont été matérialisés pour réduire les émissions et augmenter l'efficacité de la combustion. Il est important de réaliser et de caractériser l'influence des paramètres de combustion lorsqu'un champ magnétique est appliqué aux hydrocarbures. La nécessité d'une meilleure compréhension de l'interaction entre les champs magnétiques et les processus de combustion a été clairement mise en évidence dans cet article de synthèse.

1. Introduction

Le moteur à combustion interne (ICE) a commencé à se développer à la fin du 19^e siècle, suivi d'un progrès régulier mais lent au cours des cent années suivantes[1]. L'idée d'une amélioration d'environ 97% des émissions d'échappement semblait inimaginable vers le milieu des années 70, lorsque le contrôle des émissions en était à ses débuts. Cependant, de nos jours, cela est réalisable sans aucune difficulté bien que les émissions de carburant (ICE) évoluent et s'améliorent constamment afin de se conformer aux exigences de puissance, d'échappement et d'économie en constante évolution. Au cours de cette période, plusieurs variantes et concepts ont vu le jour et ont disparu, mais pour tous les modes d'applications automobiles, le moteur à quatre temps conventionnel est continuellement resté le moteur le plus important. De nos jours, les moteurs ICE sont mis en œuvre universellement pour la production d'électricité, la construction, le transport, l'agriculture et la fabrication. Fig. 1 montre la répartition générale de l'énergie où l'on voit que le transport routier demande près de 16 % des sources de carburant disponibles[2]. Au cours des cinq années suivantes, il y aurait en outre un minimum de 70 % d'amélioration pour contribuer à un bénéfice total supérieur à 99 %. Ainsi, dans les 30 prochaines années, l'idée d'émissions quasi nulles des ICE ne serait probablement plus un fantasme et deviendrait un objectif réalisable de manière réaliste.[3]. Bien que certains des catalyseurs de combustion puissent réduire les émissions, il n'y a en réalité aucune influence mesurable sur l'économie de carburant. Afin d'être efficace dans l'économie de carburant, un catalyseur doit amener le moteur à brûler entièrement du carburant. Cependant, peu d'améliorations sont possibles. L'efficacité de la combustion du moteur ICE est généralement supérieure à 98 %. De nombreuses améliorations continues de la conception pour la réduction des émissions pourraient avoir un

potentiel d'amélioration de l'économie de carburant. Néanmoins, diverses stratégies modernes de contrôle des émissions réduisent parfois fortement l'économie de carburant. De nos jours, les concepteurs sont confrontés aux plus grands défis concernant la réduction des émissions dans l'ICE en affinant leur consommation de carburant et leurs performances. Pour cette raison, on croyait auparavant que la conception du moteur est plus impérative que les propriétés du carburant. Néanmoins, pour un moteur donné destiné à être utilisé pour une tâche spécifique, l'économie de carburant est liée au pouvoir calorifique du carburant, bien qu'un moteur conventionnel actuel subisse un bruit de combustion relativement élevé, une puissance spécifique faible et un degré élevé de émissions d'échappement. Pour atteindre cet objectif, à l'heure actuelle, de nombreuses solutions ont été utilisées ces dernières années[4].

Ces solutions comprennent l'amélioration de la combustion du carburant en mélangeant du carburant liquide ou du gaz[5–7], en améliorant le système d'injection[8], modification de la recirculation des gaz d'échappement (EGR), de la chambre de combustion ainsi que de la conception de la tête de piston[9,10], par l'utilisation de carburant biodiesel[11,12], et par l'utilisation du champ magnétique pour changer l'orientation des hydrocarbures et des molécules d'hydrocarbures en modifiant leur configuration, et en utilisant les gaz d'échappement extraits des systèmes de traitement (catalyseurs d'oxydation de carburant avec filtres à particules de carburant ou systèmes de réduction catalytique sélective). Ce document décrit la mesure dans laquelle l'investissement dans la magnétisation du carburant est nécessaire afin d'améliorer les caractéristiques du moteur à combustion interne et l'étendue de la réduction des émissions.

Reçu le 23 mai 2016 ; Reçu sous forme révisée le 11 mars 2017 ; Accepté le 19 mai 2017
1364-0321/ © 2017 Elsevier Ltd. Tous droits réservés.

*Auteur correspondant.

Adresse e-mail: Abu_ameer5@yahoo.com (HA Abdul-Wahhab).

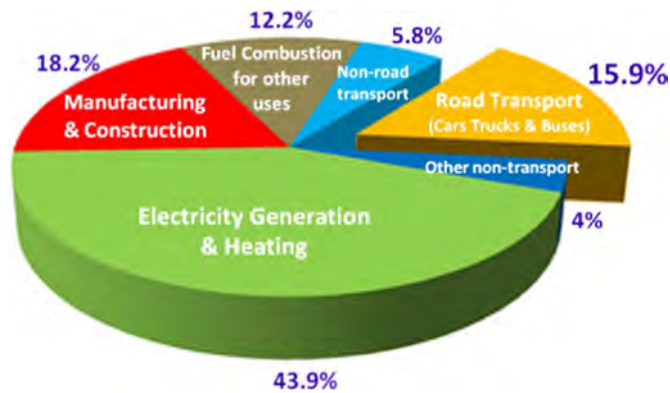


Fig. 1. Distribution générale d'énergie[5].

2. Magnétisation des hydrocarbures

2.1. Notions de base

La plupart des carburants pour ICE sont en phase liquide ; ne subissent pas de combustion tant qu'ils ne sont pas mélangés à l'air après vaporisation. D'autre part, les émissions des véhicules à moteur contiennent des oxydes d'azote, des hydrocarbures imbrûlés ainsi que du monoxyde de carbone[13]. Les oxydes d'azote ainsi que les hydrocarbures non brûlés réagissent ensemble dans l'atmosphère et génèrent du smog[13–15]. Normalement, le carburant requis pour l'ICE est un composé de molécules. Selon Zhao et Ladommatos[16] et Wakayama et Sugie[17], chaque molécule individuelle comprend de nombreux atomes composés de nombreux électrons ainsi que des neutrons en orbite autour de leur noyau. Il existe une présence des mouvements magnétiques à l'intérieur de leurs molécules ; de plus, ils contiennent également des charges électriques qui sont aussi bien négatives que positives. Cependant, lors du processus de combustion, le carburant n'est pas combiné vigoureusement à l'oxygène et les molécules ne sont pas réalignées. De plus, les chaînes d'hydrocarbures ou les molécules de carburant doivent être à la fois réalignées et ionisées[18–20]. Le processus de réalignement avec ionisation est accompli en appliquant un champ magnétique[21,22]. Le traitement effectué des molécules d'hydrocarbures en présence d'un champ magnétique élevé leur ferait probablement perdre leur forme d'amas et prendre la forme de minuscules associés ayant une surface définie plus grande afin de réaliser une réaction impliquant l'oxygène qui aboutit à une combustion améliorée. Selon l'invention de Van Der Waals de la force faible de regroupement, il existe une forte liaison entre l'oxygène et les hydrocarbures dans ce champ magnétisé, ce qui garantit la meilleure combustion possible des deux à l'intérieur de la chambre du moteur.[23,24].

Le carburant contient généralement des hydrocarbures, et lors de l'écoulement du carburant autour du champ magnétique, la disposition des hydrocarbures est modifiée[15]. De même, la force intermoléculaire est significativement abaissée ou déprimée. On dit que ces méthodes aident à disperser les molécules d'huile pour les diviser finement[14]. Il provoque un effet qui garantit que le carburant se combine vigoureusement avec l'oxygène et entraîne un processus de combustion complet à l'intérieur de la chambre de combustion, comme indiqué dans Figure 2 [16]. Les résultats sont une diminution du monoxyde de carbone, des oxydes d'azote et des hydrocarbures qui sont émis par les gaz d'échappement et une meilleure économie des carburants. L'ionisation du carburant aide à dissoudre le carbone qui s'accumule dans la chambre de combustion, le carburateur, l'injecteur de carburant et les jets, par conséquent, il maintient l'état de l'aimant de carburant qui est monté sur les camions et les moteurs de voiture immédiatement avant l'injecteur ou le carburateur est sur la conduite de carburant. Pour la localisation du pôle sud adjacent à la conduite de carburant et du pôle nord espacé de la conduite de carburant, l'orientation est définie pour l'aimant afin de rendre le champ magnétique[16].

Magnétisation pour les hydrocarbures les plus simples

La forme la plus simple d'hydrocarbure est le méthane ayant la formule chimique (CH₄), est un fournisseur important d'hydrogène qui est l'élément principal du gaz naturel. Les molécules de méthane sont composées d'un atome de carbone et de quatre atomes d'hydrogène et sont électriquement neutres.[15,18]. En ce qui concerne l'énergie, la plus grande quantité d'énergie pouvant être libérée est contenue dans l'atome d'hydrogène, puisque la quantité de carbone dans l'octane est de 84,2 %. La partie carbonée de la molécule lorsqu'elle subit une combustion produit une quantité d'énergie de 28479,544 kJ/kg. De même, l'hydrogène se compose de 15,8% car son poids moléculaire est censé produire (22797,126 kJ / kg). L'hydrogène est l'élément le plus simple et le moins lourd et est identifié comme le composant principal des hydrocarbures (à l'exclusion d'une moindre quantité de soufre ainsi que de gaz inertes et de carbone)[17].

L'atome d'hydrogène est constitué de deux charges comme indiqué dans Figure 3[18], une charge négative appelée électron et une charge positive appelée proton. De plus, il contient un moment dipolaire. De plus; il peut être à la fois paramagnétique et diamagnétique en réaction au champ magnétique en fonction de l'orientation du spin du noyau. En conséquence, il se produit sous deux formes de gamme isomériques différentes appelées ortho et para, qui sont caractérisées par divers spins opposés du noyau. La molécule ortho prend les niveaux de rotation qui sont impairs lorsque les spins sont parallèles avec une orientation similaire pour deux atomes. En conséquence, il agit comme un paramagnétique et est utilisé comme catalyseur pour diverses réactions. La molécule de parahydrogène occupe le niveau de rotation qui est pair, et l'état de spin est dans la direction opposée d'un atome par rapport à l'autre, ce qui le rend diamagnétique.

Un effet marqué sur les propriétés physiques telles que la pression de vapeur, la chaleur spécifique et le comportement des molécules de gaz a été causé par l'orientation du spin. L'hydrogène ortho devient instable en raison de spins coïncidents, malgré le fait que l'hydrogène para est moins réactif que son homologue ortho hydrogène. L'intensité du champ interne à l'intérieur d'un matériau soumis à un champ externe est représentée par la densité du champ magnétique[21]. La densité de flux magnétique est mesurée en gauss ou tesla où 1 T = 104 gauss. L'amplitude de la force magnétique est un indicateur de l'énergie magnétique qui peut être fournie par une source magnétique[23]. La densité de champ magnétique qui est censée être transmise au combustible fluctue en fonction de l'équipement de combustion ainsi que de la vitesse de combustion[20]. La distance

entre l'aimantation et la zone de combustion est également importante. Pour obtenir un bon effet magnétique, il doit être le plus proche possible. Cependant, la température du matériau magnétique doit être maintenue sous la température critique des propriétés magnétiques dans un matériau magnétique.[25]. Par contre, le champ magnétique qui satisfait les équations de Maxwell et la conductivité électrique ont donné ce comportement[26] tandis que la conductivité électrique du carburant diminue à mesure que le soufre est éliminé au cours du processus de raffinage. La plupart des carburants, tels que le diesel, produits avant 2006, ayant une teneur en soufre plus élevée et présentant généralement une conductivité électrique comprise entre 150 et 250 (ps/m), dépendent de la teneur en soufre du carburant[27].

2.2. Effect de magnétique champ sur le comportement de combustion

Le fait que les champs magnétiques affectent le comportement des flammes a été prouvé. Certaines recherches ont été effectuées sur l'effet causé par le champ magnétique sur les écoulements de gaz avec les flammes[28–30]. Les modifications du flux gazeux, ainsi que la forme de la flamme, sont comprises comme le résultat du rôle de l'oxygène. L'oxygène est paramagnétique et s'aligne avec le champ magnétique pour former une couche d'oxygène. La couche d'oxygène repousse les autres gaz et flammes[30]. Ueno et al.[28] ont constaté que la vitesse de combustion était modifiée si le site de réaction de combustion était exposé à un champ magnétique. Salamandre et Shlyakman[31] appliqué un champ électrique à un mélange air-carburant homogène. Les résultats ont indiqué que l'intensité du champ électrique augmente à mesure que la vitesse de la flamme augmente. Quelques autres résultats

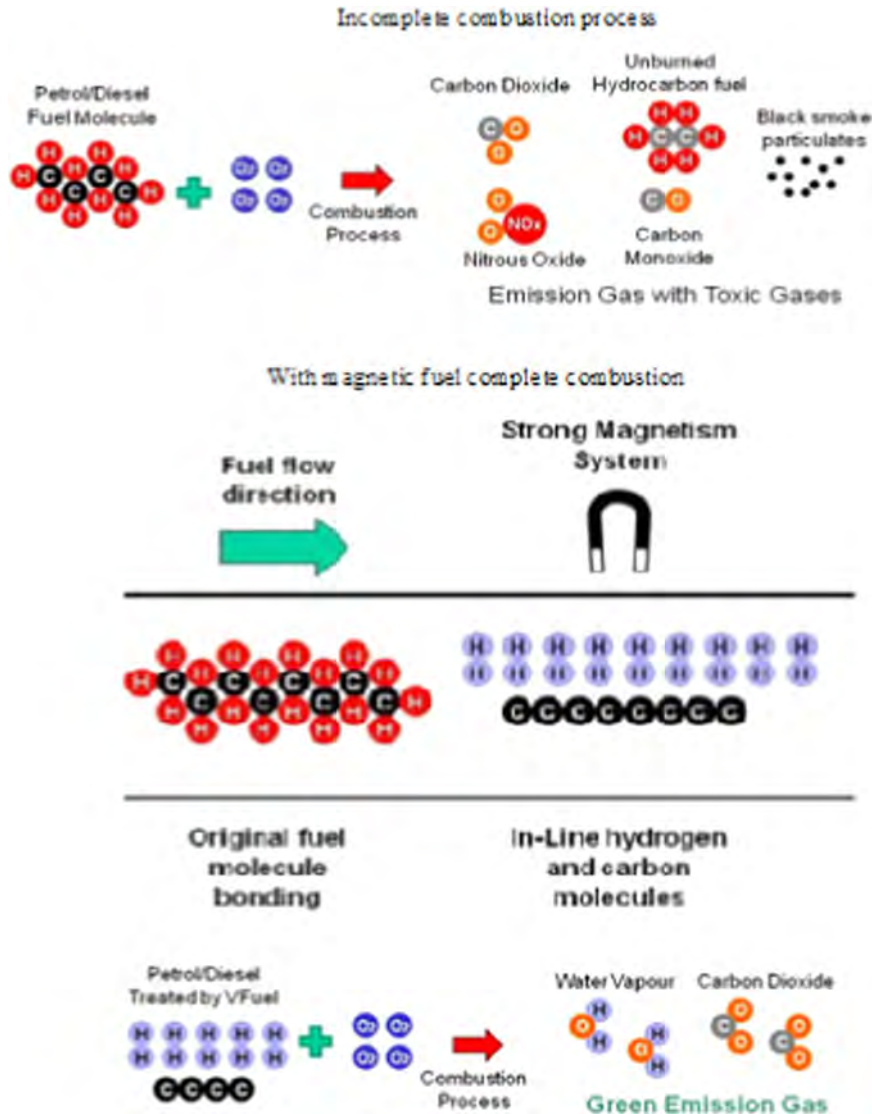


Fig. 2. Vue schématique du champ magnétique[20].

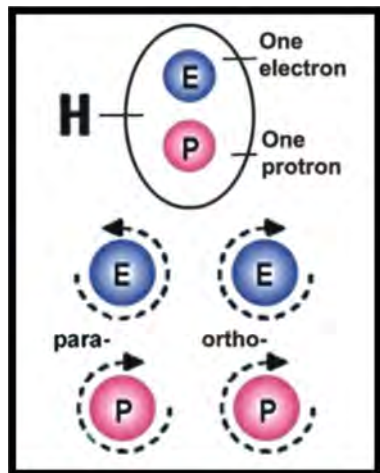


Fig. 3.Orientation atomique[22].

suggéré la possibilité d'un contrôle magnétique de la combustion et de l'air flux[32].

Les hydrocarbures sont considérés comme une ressource énergétique importante pour les personnes depuis les temps anciens. L'importance de la combustion ne peut pas être ignoré. Cependant, les modifications chimiques énormes et effrénées qui se produisent dans cette réaction entraînent une difficulté à déterminer les voies mécanistes.[33–35]. La vitesse à laquelle la consommation de carburant a lieu est réduite pour améliorer la qualité du carburant. En ce qui concerne la thermodynamique, les initiatives visant à augmenter l'enthalpie de combustion sont considérées comme les plus grandes avancées pour atteindre cet objectif. Une vue schématique de l'effet du champ magnétique sur le processus de combustion est affichée dans Figure 4 [33], on pense que l'énergie qui est gratuite n'est pas affectée car toutes les liaisons primaires sont rompues pour créer de nouvelles liaisons au cours du processus de combustion. De ce fait, les produits évitent les effets du champ magnétique. Par conséquent, la chaleur de combustion ou l'enthalpie de combustion est augmentée, entraînant une amélioration de la qualité du carburant ainsi qu'une diminution de la consommation de carburant par la suite. Ces explications étaient les rapports fournis par les entreprises impliquées dans la fabrication de l'économiseur de carburant magnétique. Bien que plusieurs conceptions aient été proposées, elles ont échoué car les conditions exigées pour appliquer le champ magnétique, par exemple la force, n'étaient pas remplies. Des études empiriques antérieures ont produit des résultats avec une chance de diminution de la consommation de carburant en raison de l'application du champ magnétique pour ajouter du carburant avant le processus de combustion.[33,36,37]. De quelle manière ces modifications affectent la combustion

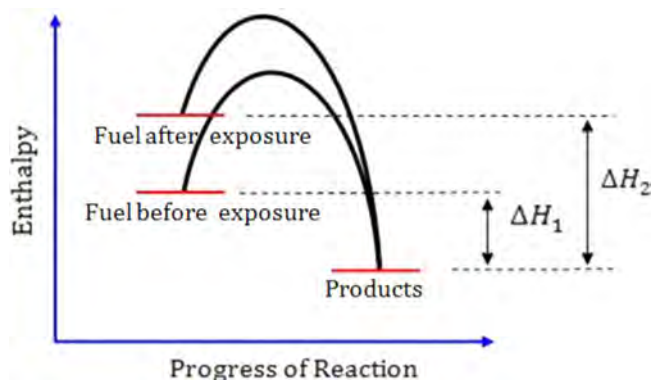


Tableau 1 Modifications des performances et des paramètres d'émission dues à différentes intensités de champ magnétique[48].

ParamètresBase	moteur %	Moteur cuivré, %	Moteur revêtu de zircon, %
Augmentation de l'efficacité thermique des freins	3.2	6.6	11.2
Réduction des cycliques variation	8.6	8.8	12.1
Réduction du CO émission	13.3	23.5	29.5
Réduction des HC émission	22.1	37.3	44.2

Fig. 4. Vue schématique de l'effet du champ magnétique sur le comportement de combustion[37].

l'enthalpie du carburant est indiquée dans Figure 4.

3. Effect de magnétique champ sur les émissions dans le moteur à allumage commandé ainsi que la consommation de carburant

Une procédure et un instrument ont été démontrés par Sanderson[38], afin de traiter le carburant liquide à l'intérieur des moteurs à combustion interne en le faisant passer par un champ magnétique avant de le combiner avec de l'air dans l'injecteur de carburant ou le carburateur[39], alors qu'un test expérimental a été réalisé par Janezak et Krensel[40]. Afin de traiter l'essence avec le champ magnétique à des fins de pollution efficace ainsi que de combustion, leur découverte considérée comme une unité d'aimant permanent pouvant être montée comme adaptateurs de rattrapage à l'extérieur de la conduite de carburant ne provoque aucune séparation ou altération entre le système d'allumage et le carburant.[41,42]. Govindasamy et Dhandapani[43], ont rapporté que l'utilisation d'une forte charge magnétique obtenue à partir de l'entrée de l'aimant dans le moteur à allumage par étincelle à deux temps de la conduite de carburant entraîne une combustion complète, afin d'augmenter la puissance et de réduire les dépenses du processus. Figure 5 démontre ce qui suit : (a) variation de l'efficacité thermique des freins avec le rapport air-carburant (b) champ magnétique sur la conduite de carburant. De plus, le flux magnétique sur la ligne de carburant diminue considérablement les

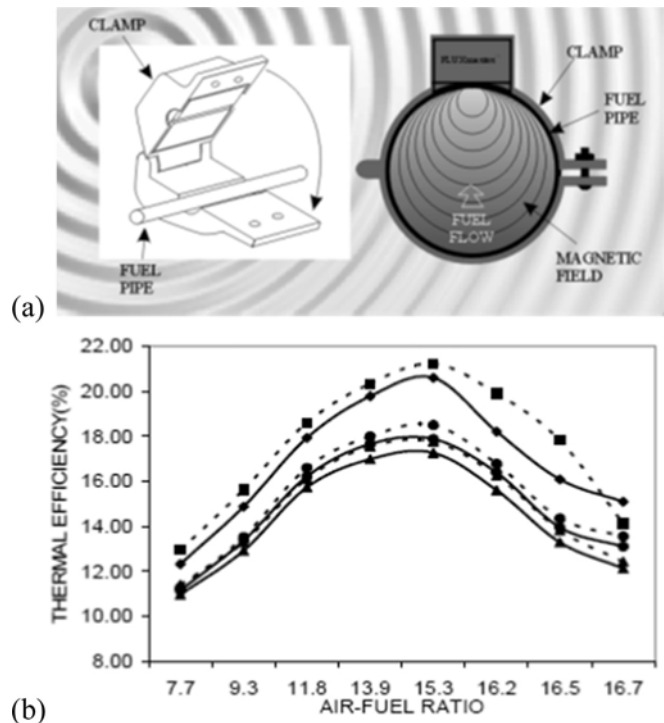


Fig. 5. Afficher (a) le champ magnétique sur la conduite de carburant, (b) la variation de l'efficacité thermique des freins avec le rapport air-carburant[48].

émissions destructrices de l'échappement tout en augmentant le kilométrage et en améliorant les performances du moteur[44–46]. De plus, l'efficacité du processus de combustion augmente et offre une performance d'octane accrue.

Le moteur a été fait fonctionner dans un mode de vitesse constante, et les cas suivants ont été considérés pour acquérir des résultats : le moteur de base, le moteur avec un champ magnétique permanent d'intensité différente (3000, 4500 et 9000) gauss, le moteur revêtu de cuivre avec flux magnétique 9000 gauss et zircon. Des modifications de divers paramètres avec un moteur ayant un revêtement de zirconium, de base et de cuivre ayant un flux magnétique de 9000 gauss sont présentées dans Tableau 1 [43]. Il a été montré dans les résultats expérimentaux que le flux magnétique dans le carburant diminue l'émission de monoxyde de carbone jusqu'à 23% dans le moteur revêtu de cuivre (situé dans la culasse), jusqu'à 13% pour le moteur de base avec 29% dans le moteur revêtu de zirconium (situé dans la culasse) moteur ayant un flux magnétique de 9000 gauss[47,48]. Alors qu'Al-Ali et al.[49] utilisaient deux types de dispositifs magnétiques, le premier type était fixé à l'intérieur du réservoir de carburant et l'autre était fixé dans la conduite de carburant. Les résultats ont montré une diminution de 18% de la consommation moyenne de carburant et une diminution de 70% des émissions de HC et de CO₂ et une diminution de 68% des NO_x a été mesurée.

L'effet causé par le champ magnétique sur les moteurs à combustion interne a été étudié par Al-Dossary[50]. Ce champ magnétique a été produit par les électroaimants à l'aide d'une batterie de voiture de 12 V en faisant fluctuer la configuration avec la force du champ magnétique. L'effet magnétique a produit une diminution de la consommation spécifique de carburant qui n'était constamment perceptible qu'à la moindre charge mesurant 20 Nm avec une vitesse maximale et minimale de 1000 tr/min et 3000 tr/min en utilisant un aimant. La diminution la plus notable était l'effet sur le CO par rapport à l'ensemble des émissions produites à la vitesse et à la charge du moteur, en particulier à la vitesse de 1000 tr/min qui était la plus faible en utilisant un total de cinq aimants. La diminution la plus constante de HC était également considérable à la vitesse de 1000 tr/min en utilisant un total de quatre aimants, alors que,[51].

L'effet causé par le champ magnétique sur les moteurs à combustion interne a été étudié par Farrag et Saber[22]. Cette étude s'est concentrée sur les paramètres mesurés pour les performances du moteur, comme les émissions d'échappement ainsi que la consommation de carburant. L'application du champ magnétique a été effectuée sur le moteur SI en utilisant de l'essence. En plus de cela, le carburant était exposé à un aimant permanent qui était monté sur les conduites d'admission du carburant. À différents régimes de ralenti du moteur, des expériences ont été réalisées. Les émissions des gaz d'échappement ont été analysées à l'aide d'un analyseur de gaz d'échappement. L'effet de l'aimant avec une diminution de la

consommation de carburant était d'environ 15 % de diminution de CO à chaque régime de ralenti ; dans une fourchette d'environ 7 %. La diminution de l'effet causé par les émissions de NO était d'environ 30 %.

L'effet causé sur les performances du moteur à allumage par étincelle en raison du carburant magnétisé a été étudié par Habbo et al. [52]. Les performances du moteur ont été étudiées avec soin en étudiant les quatre paramètres que sont le rendement thermique (η_{th}), la puissance de freinage du moteur (bp), les émissions de gaz d'échappement ainsi que la consommation spécifique de carburant (SFC). Le carburant a été exposé à un champ magnétique qui a été maintenu dans la conduite d'alimentation en carburant afin de magnétiser le carburant avant son placement dans le cylindre du moteur. Les résultats ont montré une amélioration notable des performances du moteur. La puissance du moteur, ainsi que l'efficacité thermique ont été augmentées de 3,3% et 4%, lors de l'utilisation d'une bobine magnétique de 1000 gauss. De plus, une diminution de la consommation spécifique de carburant a été obtenue. Cependant, cette puissance de freinage a été augmentée d'environ 16,4 % et l'efficacité thermique a été augmentée de 7,6 %, et la consommation spécifique de carburant a été réduite de 21,3 % lorsque la bobine magnétique de 2000 gauss a été utilisée sans champ magnétique. Les émissions des gaz d'échappement ont affiché une diminution d'environ 44% de HC et 80% de CO lorsque la bobine magnétique de 1000 Gauss a été utilisée. Une diminution supplémentaire d'environ 58 % de HC avec 90 % de CO a été observée lorsque la bobine magnétique de 2 000 gauss a été utilisée. [53,54]. Khalil [55] ont étudié que l'application d'un champ magnétique sur la conduite d'alimentation d'un moteur à combustion interne qui fonctionnait avec un mélange de 10% en volume d'éthanol-essence (plomb) conduisait à une méthode efficace de diminution des émissions des agents polluants dans les gaz d'échappement. L'utilisation d'un champ magnétique de 2000 Gauss a entraîné une diminution de 68,8 % à 30° bPMH des émissions de monoxyde de carbone et une diminution de 42,5 % des hydrocarbures non brûlés à 10° bPMH en plus de cela une diminution de 15 % du CO₂ à 25° bPMH ensemble ont contribué à une augmentation des performances du moteur, avec une augmentation de 3,6 % de l'efficacité thermique et de 8,6 % de la puissance thermique du frein ainsi qu'une diminution de 3,2 % de la consommation spécifique de carburant. La température des gaz d'échappement a été affectée dans une moindre mesure par l'effet du champ magnétique. De meilleurs résultats concernant la consommation de carburant spécifique aux freins ainsi que l'efficacité thermique ont été observés en faisant fonctionner le moteur à une bobine de 2000 gauss par rapport à un fonctionnement à 1000 gauss. Les recherches de Faris et al. [56] ont étudié l'utilisation d'aimants permanents avec différentes intensités telles que 2000 gauss, 4000 gauss, 6000 gauss, ainsi que 9000 gauss, qui ont été fixées pour un moteur à deux temps. De plus, la recherche a également porté sur son effet sur la consommation de gaz d'échappement et d'essence. Afin de comparer les résultats, il a fallu effectuer des recherches expérimentales excluant l'utilisation des aimants. Figure 6 affiche l'unité de magnétisation du carburant [56].

La performance générale du test d'émission d'échappement a affiché un meilleur résultat, où le taux de diminution de la consommation d'essence variait de 9-% et 14%. Figure 7 montre qu'en diminuant la quantité de carburant consommée et en augmentant l'intensité du champ magnétique, une forte diminution de 14 % du taux a été observée en utilisant une intensité de champ magnétique de 6 000 et 9 000 gauss. On a vu que le pourcentage des composants HC et CO des gaz d'échappement était réduit de 30 % et 40 %. Cependant, le pourcentage de CO₂ a augmenté d'environ 10 %. Le spectre d'absorption du rayonnement ultraviolet ainsi que du rayonnement infrarouge a démontré une modification à la fois chimique et physique

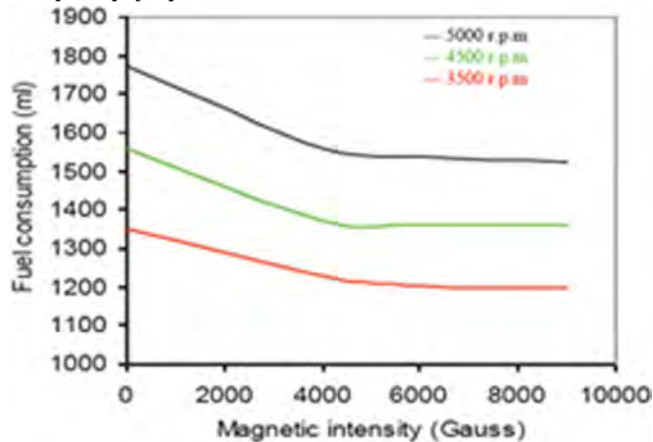


Fig. 7. Effet de la réduction de la quantité de carburant consommé avec l'augmentation de l'intensité du champ magnétique [61].

des propriétés de la structure des molécules d'essence sous l'effet du champ magnétique. La tension superficielle de l'essence soumise à diverses intensités du champ magnétique a été comparée et mesurée avec celles-ci sans aimantation [43,56].

4. Effect du champ magnétique sur la consommation de carburant et les émissions dans le moteur à allumage par compression

Jacob Almén [57] a mené un test connu sous le nom de Magnetic Emission Control qui a démontré que l'émission d'oxydes d'azote (NOX), de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrocarbures (HC) n'était pas efficace. Une diminution considérable des émissions de particules de 9 % et une diminution de 3 à 7 % de la consommation de carburant et de CO₂ ont été observées.

Le test du carburant max de type ioniseur de carburant a été efficacement effectué dans des conditions de laboratoire en utilisant un moteur à cylindre connu sous le nom de diesel Hastz, a été démontré par John et al. [58]. Voici les principaux résultats : l'économie de carburant était exceptionnelle à une vitesse moyenne entre 1700 tr/min et 1800 tr/min. Fuel max a réalisé une économie de carburant de 1,6 % au total, contrairement au cycle de test qui a été effectué sans ionisation ; en plus de cela, un résultat de test de moteur supérieur et inférieur n'a pas été en mesure de réaliser des économies notables. En conséquence, il s'agissait d'une condition sans charge. Quand Govndasamy et Dhandapani [59] ont étudié l'effet causé par le champ magnétique avec diminution des émissions de NOX à l'intérieur du moteur biodiesel avec recirculation des gaz d'échappement, ils ont appris que lorsqu'un champ magnétique est présent, l'efficacité du frein est augmentée de 5 %, et les valeurs de Les HC ainsi que le CO sont diminués [60].

Al-Khaledy [61] ont étudié le rendement de combustion du carburant diesel dans un groupe électrogène pour une durée de 4 semaines avec et sans

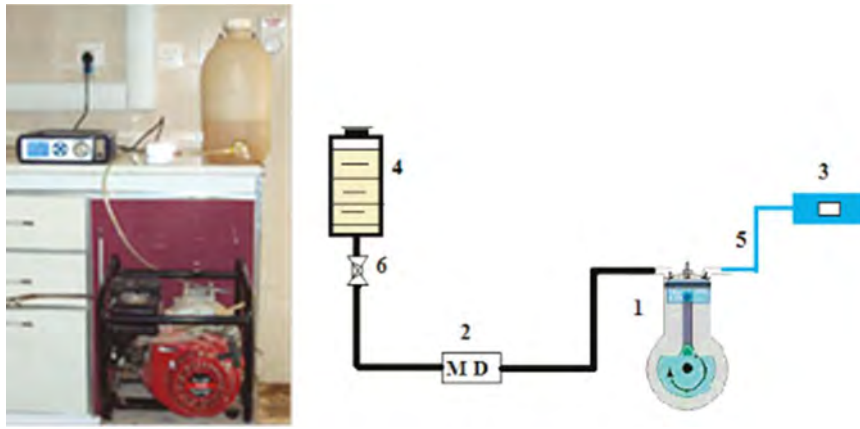


Figure 6. Une photo de l'unité de magnétisation du carburant. 1. Moteur ; 2. Dispositif magnétique ; 3. Appareil de mesure des gaz d'échappement ; 4. Réservoir de carburant ; 5. Capteur de gaz ; 6. Soupape[61].

l'implication du champ magnétique et des émissions d'agents polluants. Une comparaison a été faite entre les données résultant en une sortie pour le carburant diesel magnétisé et le carburant diesel normal. Une diminution des émissions d'agents polluants et une augmentation de l'efficacité de la combustion en utilisant l'unité de champ magnétique ont été observées. Le traitement à l'aide d'un aimant a diminué la génération de NO de 5 %, de NOX de 20 % et une augmentation de CO de 2 % a été observée.

Jain et Deshmukh [62] a expliqué le fonctionnement du MFC ainsi que les paramètres et les contraintes par lesquels les émissions, ainsi que l'efficacité du MFC, sont influencées. Des aimants connus sous le nom de Ferret ont été utilisés comme MFC. Un aimant permanent a été monté sur le trajet des conduites de carburant, ce qui a amélioré les propriétés du carburant comme ses orients, les molécules d'hydrocarbure, l'amélioration de l'atomisation du carburant et les alignements. En utilisant ces propriétés, le kilométrage a été amélioré et des émissions améliorées ont été obtenues du véhicule. Le carburant brûlait entièrement, générant ainsi une puissance plus élevée du moteur et une bonne économie de carburant, ce qui a surtout réduit la quantité de NOX, HC, fumée et CO de l'échappement. En outre, il a augmenté le kilométrage du véhicule de 10 à 40 % et a montré une diminution de la consommation spécifique de carburant de 23,6 % et une réduction de la consommation spécifique de carburant de 18,6 %.[63]. La variation de la consommation spécifique de carburant avec charge, avec et sans flux magnétique est illustrée dans Figure 8[62].

L'effet du champ magnétique sur le flux de combustible hydrocarboné a été analysé par Attar et al.[64]. Il en a été déduit que la viscosité des fluides hydrocarbonés en circulation diminue lorsqu'un champ magnétique est appliqué.[65,66]. Il a été prouvé que le dégroupage des molécules de carburant d'hydrocarbure permet une meilleure atomisation du carburant, Figure 9(a) montre le dégroupage des molécules d'hydrocarbures ainsi qu'un mélange amélioré du mélange de carburant et d'air qui diminue la quantité de carburant non brûlé et, par conséquent, améliore l'efficacité thermique du moteur à combustion interne. Une configuration expérimentale a été réalisée pour effectuer l'analyse de l'effet causé par la viscosité de l'essence comme le montre Figure 9(b) [64]. Il améliore l'économie de carburant du moteur diesel et des véhicules. Le travail est assez important en ce qui concerne son effet sur le marché automobile mondial. En conséquence, se retrouver dans une moindre consommation de carburant et donc, assurer la conservation du carburant non renouvelable. Le pourcentage de CO est réduit dans les gaz d'échappement grâce à une combustion complète[64,67]. Les expériences de la recherche actuelle consistent en l'utilisation d'aimants permanents avec différentes intensités de champ telles que 2000 gauss, 4000 gauss, 6000 gauss et 8000 gauss, qui sont fixés sur la conduite de carburant du moteur diesel/essence pour étudier l'impact sur la consommation de de l'essence.

5. Résumé

Les observations suivantes sont faites sur l'étude de la littérature ci-dessus :

1. La magnétisation du carburant peut augmenter son énergie interne et conduire à

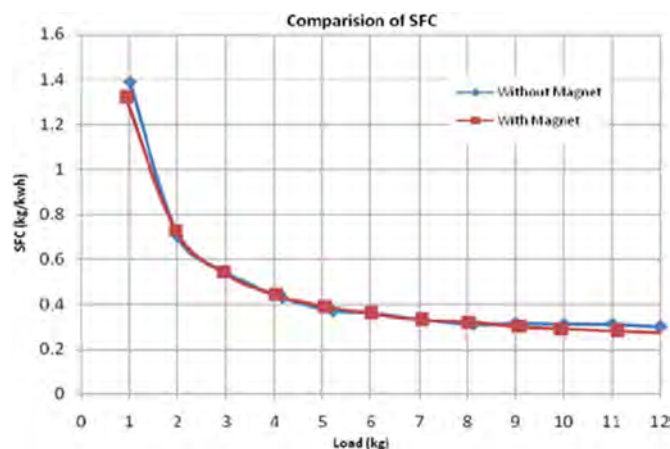
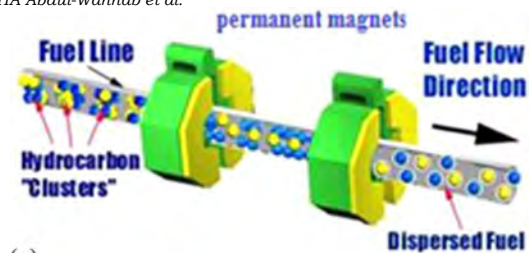


Figure 8. Variation de la consommation spécifique de carburant avec charge [68].



(a)



(b)

Fig. 9. (a) Dégroupage des molécules d'hydrocarbures, (b) Montage expérimental pour l'analyse de l'effet du champ magnétique sur la viscosité de l'essence [70].

modifications particulières au niveau moléculaire. En général, le traitement magnétique du carburant diminue la consommation de carburant dans le moteur et diminue la vitesse à laquelle les émissions de gaz sont rejetées dans l'environnement, entraînant ainsi moins de pollution. Des changements clairs ont été observés dans la valeur de la tension superficielle du carburant à essence, qui étaient plus par rapport aux changements dans le carburant diesel. Cela a entraîné une diminution de la consommation de carburant dans les moteurs à essence (jusqu'à 18%) par rapport à ce qu'elle était dans les moteurs diesel (jusqu'à 14%). Figure 10(a) montre la comparaison entre les types de moteurs (diminution de la consommation de carburant de 56 % dans le moteur à essence et de 44 % dans le moteur diesel) et la modification de certaines propriétés du carburant (densité, énergie interne, etc.) par le champ magnétique dans le carburant à essence par rapport au carburant diesel, il a permis d'obtenir une réduction des émissions dans les moteurs à essence avec des gammes plus élevées de moteurs diesel, Figure 10(b) montre ces résultats.

2. Le succès de cette méthode dans le développement du moteur à combustion interne ne se limite pas à l'effet du champ magnétique sur la composition moléculaire du carburant, mais étend également le contrôle sur certaines caractéristiques de conception à développer de manière approfondie et précise. La Fig. 11 décrit l'application des caractéristiques magnétiques, effet de l'emplacement du magnétiseur (cela signifie tester l'impact du site d'installation magnétisé depuis la chambre de combustion, tandis que des tests pratiques [49] ont montré les avantages d'une amélioration des performances et d'une réduction des émissions qui sont plus importantes lorsque l'influence est éloignée de la chambre de combustion), à cette fin, l'utilisation de matériaux magnétiques a été proposée lors de la conception et de la fabrication du cylindre supérieur ainsi que du collecteur d'admission. Effet de l'augmentation de l'intensité du magnétiseur (l'augmentation de l'intensité du champ magnétique a un rôle positif dans l'amélioration spectaculaire des caractéristiques de performance, il faut donc choisir les valeurs appropriées lors de l'adoption dans le cadre de la conception des itinéraires). Dans certaines publications antérieures, il fallait utiliser du carburant de magnétisation pour coïncider avec l'une des façons de

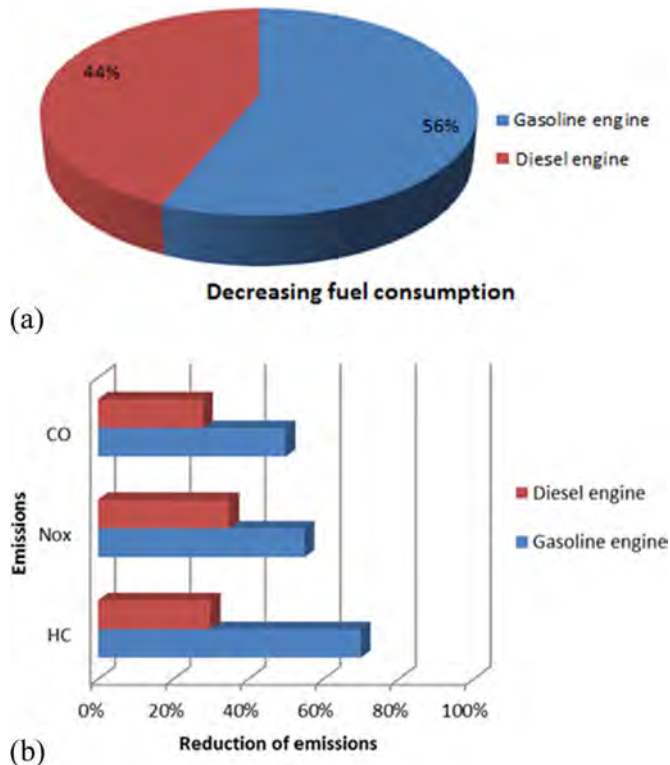


Fig. 10. Une comparaison générale de (a) la diminution de la consommation de carburant, (b) la réduction des émissions de gaz d'échappement, entre les moteurs à essence et diesel.

développer les performances du moteur, par exemple l'utilisation de biocarburants. Un traitement magnétique supplémentaire ne nécessite pas d'énergie et, par conséquent, est considéré comme économiquement faisable.

6. conclusion

Sur la base du document révisé sur les performances et les émissions des moteurs à combustion interne, il est conclu que le champ magnétique représente un bon moyen comme alternative pour mélanger le carburant (essence et diesel) avec des gaz et, par conséquent, doit être pris en considération dans le futur à des fins de transport. Outre le mécanisme de stockage et de distribution de carburant, il offre des performances presque similaires car il présente de bonnes caractéristiques de combustion. À court terme, la méthode du champ magnétique a fait beaucoup de chemin dans la résolution du problème des émissions et dans la diminution des ressources en hydrocarbures et l'augmentation du coût de la découverte ; ce sera "une méthode avec laquelle il faut compter". Grâce à l'établissement de bons paramètres de combustion du carburant via des moyens magnétiques adéquats (Fuel Energizer),

Reconnaissance

Les auteurs sont tenus à l'Universiti Teknologi PETRONAS de fournir un soutien par le biais du Centre de recherche automobile et de gestion de l'énergie (CAREM).

Références

- [1] Li J, Lu Y, Du T. Amélioration de la combustion du moteur à hydrogène. *Inter JHydrog Energy* 1986;11(10):661–8.
- [2] Kurani K, Turrentine T, Sperling D. Demande de véhicules électriques en hybridation : une analyse exploratoire. *Transp Policy* 1994;1:244–56.
- [3] Zeng P, Assanis DN. Transfert de chaleur résolu dans le temps dans le collecteur d'admission du moteur. *Actes du Symposium international sur la chaleur convective transitoire et Transfert de masse dans les flux monophasés et diphasiques* ; 167-176 ; 2003.
- [4] Bhatt Nirav M, Rathod Pravin P, Sorathiya Arvind S, Patel R. Effet de multiples injections sur les performances et les émissions du moteur diesel - une étude de synthèse. *Inter J Emerg Technol Adv Eng* 2013;3:3.
- [5] Hassan MK, Aris I, Mahmud S, Sidek R. Un résultat expérimental des émissions de gaz d'échappement concentration par rapport à divers moments d'injection de l'injection directe alimentée au GNCmoteur. *Eur J Sci Res* 2009;25(3):405–16.
- [6] Rahman MM, Mohammed MK, Bakar RA. Effets du rapport air/carburant et du régime moteurs sur les performances du moteur du moteur à injection d'orifice alimenté à l'hydrogène. *Am J Sci Res* 2009;1:23–33.
- [7] Genovese A, Contrisciani N, Ortenzi F, Cazzola V. sur des essais expérimentaux routiers de mélanges hydrogène/gaz naturel dans les autobus urbains. *Int J Hydrog Énergie* 2011;36(2):1775–83.
- [8] Wang SW, Yu WL, Gomm JB, Page GF, Douglas SS. Modèle de réseau neuronal adaptatif de contrôle prédictif basé sur le rapport air-carburant des moteurs SI. *Eng Appl Artif Intell* 2006;19(2):189–200.
- [9] Zheng M, Reader GT, Hawley JG. Recirculation des gaz d'échappement des moteurs diesel - un examen des concepts avancés et nouveaux. *Energy Convers Manag* 2004;45(6):883–900.
- [10] Abd-Alla GH. Utilisation de la recirculation des gaz d'échappement dans les moteurs à combustion interne : à la revue. *Energy Convers Manag* 2002;43(8):1027–42.
- [11] Refat AA. Différentes techniques de production de biodiesel à partir de déchets huiles végétales. *Int J Environ Sci Technol* 2010;7(1):183–213.
- [12] Yavuz H, Aksoy F, Bayrakceken H, Baydar SA. La production de divers légumes esters méthyliques d'huile et comparaison de leurs propriétés physiques et chimiques. *J Commun Technol Electron* 2008;5(2):23–30.
- [13] Pulkrabek Willard W. *Ingénierie fondamentale du moteur à combustion interne* ; 1997.
- [14] Sayin C, Hosoz M, Canakci M, Kilicaslan I. Énergie et analyses énergétiques d'un essence moteur. (www.interscience.wiley.com) ; 2006.
- [15] Bhushan Bissa Er. *Rapport de séminaire sur l'électrificateur de carburant* ; 2011.

- HA Abdul-Wahhab et al. *Examens des énergies renouvelables et durables 79 (2017) 1392–*
- [16] Zhao H, Ladomatos N. Surveillance des performances du moteur à l'aide de la tension de la bougie analyse. *Proc Inst Mech Eng* 1997;211(D).
- [17] Wakayama NI, Sugie M. Promotion magnétique de la combustion dans les flammes de diffusion. *Phys B: Condens Matter* 1996;216:403–5.
- [18] Goodger E, Vere R. Technologie des carburants pour l'aviation. Macmillan Publishers Ltd; 1985.
- [19] Parc KS. Commande de rétroaction de carburant modulée d'un moteur à injection de carburant à l'aide d'un commutateur type capteur d'oxygène. *Proc Inst Mech Eng* 1997;211(D).
- [20] Brevet d'utilité Simon RUS 328-868 ; 1950.
- [21] Kita, Ronald J, Kulish, Peter. Dispositif électromagnétique pour le traitement magnétique decarburant, brevet US, 5 (42); 1998.
- [22] Farrag EA, Saber GM. Effet du magnétisme du carburant sur les performances du moteur émissions. *Aust J Basic Appl Sci* 2010;4(12):6354–8.
- [23] Paul Fishbane M. Physique pour scientifiques et ingénieurs [ISBN 0-13-663238-6, par]. Prentice Hall; 1993.
- [24] Faraday M. sur les conditions diamagnétiques de l'air et du gaz. *Londres Edinb Dublin Philos Mag J Sci - Series* 1947;31(210):401–21.
- [25] Guo H, Liu Z, Chen Y, Yao R. Une étude de magnétique effets sur la physico-chimie propriétés des hydrocarbures individuels. *Logist Eng Coll* 1994: 216–20.
- [26] Wytll D, Laura A, Karen A, Jeffery J. Propriétés électriques du méthane polycristallin hydrate. *Geophys Res Lett* 2011;38(9).
- [27] Envirofuels, Ultra-Low Sulfur Diesel (EUSD), Operational Challenges Facing Engine Operators, *EnviroFuels*, (2007), <www.envirofuels.com/pdfs/Bulletin technique-070307> .
- [28] Ueno S, Esaki H, Harada K. Processus de combustion sous fort courant magnétique. *IEEE Trans Magn* 1985;21(5):2077–9.
- [29] Ueno S, Harada K. Difficultés expérimentales dans l'observation des effets magnétiques des champs sur les processus biologiques et chimiques. *IEEE Trans Magn* 1986;22(5):2752–4.
- [30] Ueno S, Harada K. Effets des champs magnétiques sur les flammes et le flux de gaz. *Trans IEEE Magn* 1987;23(5):2752–4.
- [31] Salamandre GD, Shlyakman BM. Prétraitement d'un mélange air-carburant homogène avec un champ électrique. *Transl Inzhenerno-Fiz Zhurnal* 1973;25(2):204–7.
- [32] Nobuko I, Wakayama, Masaaki S. Promotion magnétique de la combustion en diffusion flammes. *Phys B: Condens Matter* 1996;216:403–5.
- [33] Mahsa J, Mehdi Sadegh A, Farzaneh Y, Mehdi H, Zadeh A, Hamidreza MH. Amélioration du comportement de combustion de la benzine lors de l'exposition au champ magnétique. *J Technologie de l'énergie propre* 2013 ; 1(3).
- [34] Hricak RZ. Magnétiseur air-carburant. Brevet américain n° 2008;5(331):807.
- [35] Matsumoto, Sherman P. La viscosité des microémulsions. *J Interface colloïdale Sci* 1969;30:525–36.
- [36] Mooney M. La viscosité d'une suspension concentrée de particules sphériques. *J Colloïde Sci* 1951; 6: 162–70.
- [37] Barter C, Meisenheimer G, Stevenson DP. Susceptibilités diamagnétiques des simples hydrocarbures et hydrocarbures volatils. *J Phys Chem B* 1960;64:1312–6.
- [38] Sanderson HC. Procédé et appareil de traitement de combustible liquide, brevet US no. 4 050,426 ; 1977.
- [39] Karl-Erick Egeback, Magnus Henke, Bjorn Rehlund. Mélange d'éthanol dansence pour moteurs à allumage commandé – inventaire des problèmes et mesure d'évaporation – [Rapport no. MTC]. AVL MTC Mot Test Cent 2005;5407.
- [40] Janezak A, Krensel E. Puissance magnétique permanente pour le traitement des conduites de carburant pour plus combustion efficace et moins de pollution, brevet US no. 5 124 045 ; 1992.
- [41] Cevic MA, Yuksel F. Effets de l'éthanol - mélanges d'essence sans plomb sur les moteurs cycliques variabilité et les émissions dans un moteur SI. *Appl Therm Eng J* 2005;25:917–25.
- [42] Abdel-Rahman AA, Osman MM. Enquête expérimentale sur la variation de laux de compression du moteur SI fonctionnant sous différent carburant éthanol-essence mélanges. *Int J Energy Res* 1997;21(1):31–40.
- [43] Govindasamy P, Dhandapani S. Enquête expérimentale sur la variation cyclique de paramètres de combustion dans deux moteurs activés catalytiquement et magnétiquement. *Kongu Eng Coll* 2007; 6: 46–7.
- [44] Bowker RR. Guide de conception des aimants permanents. États-Unis : ventes d'aimants et Fabrication & Cie ; 2000. p. 111–.
- [45] Okoronkwo CA, Nwachukwu CC, Ngozi LC, Igboke JO. L'effet de l'électro-magnétique densité de ux sur l'ionisation et la combustion du carburant (une économie de design). *Am J Sci Ind Res* 2010;1(3):527–31.
- [46] Pera I, Pines P. Magnetizing hydrocarbon fuels and other fluids, US Patent No. 4;1987.
- [47] Hamoody HS. Performances du moteur à combustion interne fonctionnant par système de carburateur avec ajout d'éthanol à l'essence au plomb [M.Sc.Thèse]. Collège d'ingénierie, Université de Mossoul; 2008.
- [48] Filippov MV. L'effet d'un aimant sur une suspension de particules ferromagnétiques. *Magn Latv SSR* 1960; 12: 215–20.
- [49] Al-Ali Y, Hrairi M, Al-Kattan I. Potentiel d'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules en réduisant la pollution de l'environnement par l'ionisation du carburant. *Int J Environ Sci Technol* 2012;9:495–502.
- [50] Al Dossary Rashid MA. L'effet de magnétique champ sur la combustion et les émissions [M.Sc. Thèse]. Université King Fahd du Pétrole et des Minéraux ; 2009.
- [51] Mcneely M. Système de traitement de carburant magnétique conçu pour attaquer les carburants microbes. *Diesel Progress Engines Drives* 1994; 44: 16–8.
- [52] Habbo ARA, Raad AK, Hamoody HS. Effet de la magnétisation du carburant sur les performances d'un moteur SI. *Al-Rafidain Eng J* 2011;19(6).
- [53] Vivek Ugare, Nikhil Bhave, Sandeep Lutade. Performances du moteur à allumage commandé sous le dans l'influence magnétique champ. *Int J Res Aeronaut Mech Eng* 2013;1(3):36–43.
- [54] Tao R.J. Étude des effets des champs magnétiques sur les carburants, 19122. Philadelphie, PA : Département de physique, Temple University ; 2004.
- [55] Raad AK. Réduction des émissions de polluants dans les moteurs à mélange éthanol-essence avec conditionnement magnétique du carburant. *Al-Rafidain Eng J* 2011;20(3).
- [56] Faris Ali S, Al-Naseri Saadi K, Nather Jamal, Raed Isse, Mezher Abed, Zainab Fouad, Akeel Kazim, Nihad Reheem, Ali Chalob, Hazim Mohammad, Hayder Jasim, Jaafar Sadeq, Ali Salim, Aws Abas. Effets de magnétique field sur le carburant la consommation et les émissions d'échappement dans le moteur à deux temps. *Énergie Procaccia* 2012;18:327–38.
- [57] Jacob Almen MTC AB. Étude des émissions et de la consommation de carburant d'un véhicule avec et sans auto MEC du contrôle des émissions magnétiques comme ; 2004.
- [58] John GR, Wilson L, Kasembe E. Contrôle des émissions des véhicules à moteur via l'ionisation du carburant : expérience fuelmax. Dans : Actes de la première conférence internationale sur l'avancée en ingénierie et technologie Kampala, p. 347-353 ; 2006.
- [59] Govindasamy P, Dhandapani S. Réduction des émissions de NOx dans un moteur biodiesel avec recirculation des gaz d'échappement et conditionnement magnétique du carburant. Conférence internationale sur le développement durable, défis et opportunités pour les GM ; 2007.
- [60] Govindasamy P, Dhandapani S. Amélioration de la combustion et réduction des émissions du biodiesel utilise l'EGR et le carburant magnétique. *Erode, Tamilnadu : Ingénierie Kongu Université*; 2007. [638 052].
- [61] Al-Khalely, Jazie Ali A. Haute performance et faibles émissions polluantes d'un carburant diesel traité à l'aide d'un champ magnétique. *Al-Qadisiya J Eng Sci* 2008;1:2.
- [62] Shweta Jain, Suhas Deshmukh. Étude expérimentale du combustible magnétique conditionneur (MFC) dans le moteur IC. ISSN : 2250–3021, 2, 7, p. 27–31 ; 2012.
- [63] Uguru-Okorie Daniel C, Dare Ademola A. Améliorateurs de combustion dans les moteurs diesel magnétique conditionneur terrain. *IOSR J Mech Civil Eng (IOSR-JMCE)* 2013;5(5):21–4.
- [64] Attar Ajaj R, Pralhad Tipole, Virendra Bhojwani, Suhas Deshmukh (3013). Effet de l'intensité du champ magnétique sur la viscosité des hydrocarbures et les performances du moteur. *Journal international du génie mécanique et des applications informatiques*, 1, 7.
- [65] Kolandavel Mani, Velappan Selladurai. Économies d'énergie avec l'effet de magnétique champ en utilisant le mélange r290/600a comme substitut pour cfc12 et hfc134a. *Therm Sci* 2008;12(3):111–20.
- [66] Patel Piyush M, Rathod Gaurav P, Patel Tushar M. Effet de magnétique champ sur performances et émissions du moteur diesel monocylindre à quatre temps. *IOSR J Eng* 2014;4(5):28–34.
- [67] Nitin Karande, Sachin Kumar Kore, Akram Momin, Ranjit Akkiwate, Sharada PK, Kumbhar Sandip K. Étude expérimentale de l'effet du champ électromagnétique sur performances et émissions du moteur à combustion interne. *Int Mech Ind Technol* 2015;3(1):27–34.



Survey of invest fuel magnetization in developing internal combustion engine characteristics



Hasanain A. Abdul-Wahhab*, Hussain H. Al-Kayiem, A. Rashid A. Aziz, Mohammad S. Nasif

Mechanical Engineering Department, Universiti Teknologi PETRONAS, Malaysia

ARTICLE INFO

Keywords:

Emissions
Fuel technology
Internal combustion engine
Fuel magnetization

ABSTRACT

This document reviews the history of previous attempts on the behaviour of performance and emissions of internal combustion engines (ICE) by invest fuel magnetization. Engine designers are currently confronting serious challenges related to the reduction of emissions in ICE by refining their fuel consumption and performance. In the past, numerous efforts have been materialized to lessen the emissions and upsurge the combustion efficiency. It is important to realise and characterise the influence of the combustion parameters when a magnetic field is applied to hydrocarbons. The need for a better understanding of the interaction between the magnetic fields and combustion processes has been clearly brought out in this review paper.

1. Introduction

The internal combustion engine (ICE) started to develop by the end of the 19th century followed by a steady but slow progress in the succeeding hundred years [1]. The idea of around 97% enhancement in tailpipe emission appeared unimaginable around mid-seventies when emission control was in its early stages. However, in the present day, this is attainable without any difficulty though fuel emissions (ICE) have constantly been evolving and improving in order to comply with the ever-changing power requirements, exhaust and economy. During this time, several variations and concepts have emanated and disappeared, but for all modes of automotive applications, the conventional four-stroke engine continually remained as the most substantial power plant. Nowadays, ICE engines are implemented universally for power generation, construction, transportation, farming and manufacturing. Fig. 1 shows the general energy distribution where it is seen that road transportation demands almost 16% of the available fuel sources [2]. In the subsequent five years, additionally there would be a minimum of 70% enhancement to contribute to a total benefit of superior to 99%. Hence, in the coming 30 years, the idea of near-zero emissions from ICEs probably would not be a fantasy anymore and become a realistically achievable target [3]. Though some of the combustion catalysts could lessen emissions, however, in reality there is no such assessable influence on fuel economy. In order to be efficient in refining fuel economy, a catalyst must cause the engine to burn fuel entirely. Though, not much enhancement is possible. The efficiency of ICE engine combustion is usually more than 98%. Numerous continuing design enhancements for the lessening of emissions could have

some potential for the improvement of fuel economy. Nevertheless, various modern emissions control strategies evidently reduce fuel economy, equal to quite a lot of percentage at times. Nowadays, designers are confronting the biggest challenges about the reduction of emissions in ICE by refining their fuel consumption and performance. Due to this reason, it was previously believed that engine design is more imperative than fuel properties. Nevertheless, for a given engine that is meant to be used for a specific task, fuel economy is linked to the heating value of the fuel, though a current conventional engine undergoes relatively high combustion noise, a low specific power output and a high degree of exhaust emissions. To accomplish this goal, at present, numerous solutions have been employed in recent years [4].

Those solutions include the improvement of fuel combustion by blending liquid fuel or gas [5–7], by improving the injection system [8], modification of the exhaust gas recirculation (EGR), combustion chamber as well as piston head design [9,10], by the use of Bio-diesel fuel [11,12], and by the use of magnetic field to change the orientation of hydrocarbons and molecules of hydrocarbons by modifying their configuration, and by utilising the exhaust gas extracted from the treatment systems (fuel oxidation catalysts along with fuel particulate filters or selective catalytic reduction systems). This paper outlines the extent to which the investment in the magnetization of fuel is required in order to improve the characteristics of internal combustion engine and the extent of reduction of emissions.

* Corresponding author.

E-mail address: Abu_ameer5@yahoo.com (H.A. Abdul-Wahhab).

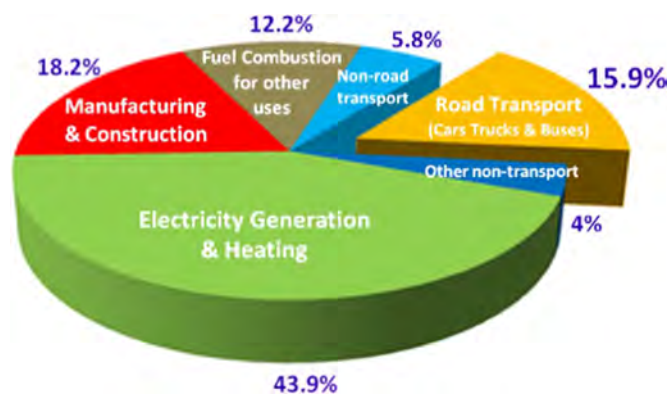


Fig. 1. General energy distribution [5].

2. Magnetization of hydrocarbon fuels

2.1. Background

Most of the fuels for ICE are in liquid phase; do not undergo combustion until they are combined with air after vaporization. On the other hand, emission from motor vehicles contains oxides of nitrogen, unburned hydrocarbons along with carbon monoxide [13]. Oxides of nitrogen along with unburned hydrocarbon react together in the atmosphere and generate smog [13–15]. Normally, the fuel required for ICE is a compound of molecules. According to Zhao and Ladommatos [16] and Wakayama and Sugie [17], every individual molecule comprises of many atoms made up of many electrons along with neutrons orbiting around their nucleus. There exists a presence of the magnetic movements inside their molecules; furthermore, they also contain electrical charges which are negative as well as positive. However, during the process combustion, the fuel is not combined with oxygen vigorously, and molecules are not realigned. Moreover, the hydrocarbon chains or the fuel molecules should be both realigned as well as ionized [18–20]. The process of realignment along with ionisation is accomplished by applying a magnetic field [21,22]. Treatment carried out of hydrocarbons molecules in the presence of high magnetic field would likely cause them to lose their cluster form and take the form of tiny associates having a larger definite surface area in order to carry out reaction involving oxygen which ends up in enhanced combustion. As per Van Der Waals invention of the weak force of clustering, there exists a strong binding between oxygen as well as hydrocarbons in this magnetised field, which make sure of best possible burning of both them inside the engine chamber [23,24].

The Fuel generally contains hydrocarbon, and during the flow of fuel around the magnetic field, the arrangement of hydrocarbons is altered [15]. Similarly, the inter-molecular force is significantly lowered or depressed. Such methods are said to assist in dispersing the oil molecules to divide finely [14]. It causes an effect that makes sure that the fuel vigorously combines with oxygen and results in complete burning process inside the combustion chamber as shown in Fig. 2 [16]. The outcomes are decreased in carbon monoxide, oxides of nitrogen and hydrocarbons which are emitted by the exhaust and improved economy of the fuels. The ionisation of fuel assists in the dissolving of carbon which is build up in the combustion chamber, carburettor, fuel injector and jets, as a result, it maintains the condition of the fuel magnet which is fitted on trucks and car engines instantly before the injector or carburettor is on the fuel line. For the locating of the South Pole on adjacent of fuel line and the North Pole spaced apart from the fuel line the orientation is set for the magnet in order to make the magnetic field [16].

2.2. Magnetization for simplest hydrocarbons fuel

The simplest form of hydrocarbon is methane having the chemical formula (CH_4), is a significant provider of hydrogen which is the main element of natural gas. Molecules of methane are made up of one carbon atoms and four hydrogen atoms as well as it is neutral electrically [15,18]. With regard to energy, the largest amount of energy which can be released is contained in the hydrogen atom, since the amount of carbon in octane is 84.2%. The carbon part of the molecule when undergoes combustion produces 28479.544 kJ/kg amount of energy. Similarly, the hydrogen consists of 15.8% as its molecular weight, is said to produce (22797.126 kJ/kg). Hydrogen is the simplest and least heavy element and is identified as the main component of hydrocarbon fuels (excluding less amount of sulphur along with inert gases and carbon) [17].

The hydrogen atom consists of two charges as shown in Fig. 3 [18], a negative charge known as an electron and a positive charge known as a proton. Moreover, it contains a dipole moment. In addition to this; it can be both paramagnetic and diamagnetic in reaction to the magnetic field relying on its nucleus spin orientation. As a result, it takes place in two different isomeric range forms known as ortho and para, which are characterised by various opposite spins of the nucleus. The ortho molecule takes the rotational levels which are odd when the spins are parallel with similar orientation for two atoms. As a result, it acts as a paramagnet and is used as a catalyst for various reactions. The parahydrogen molecule occupies the rotational level which is even, and the state of spin is in opposite direction of one atom as compared other, thereby making it diamagnetic.

A marked effect on the physical properties such as vapour pressure, specific heat and the behaviour of the gas molecules has been caused by the spin orientation. Ortho hydrogen becomes unstable due to coincident spins, despite the fact that para hydrogen is less reactive than ortho hydrogen counterpart. The magnitude of internal field strength inside a material which is subjected to an external field is represented by the magnetic field density [21]. Magnetic flux density is measured in gauss or tesla where $1 \text{ T} = 10^4 \text{ gauss}$. The magnitude of magnetic strength is an indicator of which magnetic energy can be provided by a magnetic source [23]. The magnetic field density which is supposed to be passed onto the fuel fluctuates according to the equipment of combustion as well as the rate of combustion [20]. The distance between magnetization and combustion area is also important. To obtain good a magnetic effect, it should be as close as possible. However the temperature of the magnetic material should be maintained under the critical temperature of magnetic properties in a magnetic material [25]. On the other hand, the magnetic field which satisfies Maxwell's equations and the electrical conductivity gave this behaviour [26] while the electrical conductivity of fuel decreases as sulphur is removed during the refining process. Most fuel such as diesel which is produced prior to 2006 having higher sulphur content and commonly exhibits electrical conductivity between 150 and 250 (ps/m), depends on the sulphur content of the fuel [27].

2.3. Effect of magnetic field on combustion behaviour

The fact that magnetic fields affect flames behaviour has been proved. Some research has been performed on the effect caused by the magnetic field on the gas flows along with flames [28–30]. The modifications of the gas-flow, as well as the shape of the flame, are understood to be the result of the role of oxygen. Oxygen is paramagnetic, and it aligns with the magnetic field in order to construct a layer of oxygen. The layer of oxygen causes the other gases and flames to press back [30]. Ueno et al. [28] found that combustion velocity was modified if the combustion reaction site is exposed to a magnetic field. Salamandra and Shlyakman [31] applied an electric field to a homogeneous fuel-air mixture. The results indicated that the electric field intensity increases as the flame velocity increases. Some other results

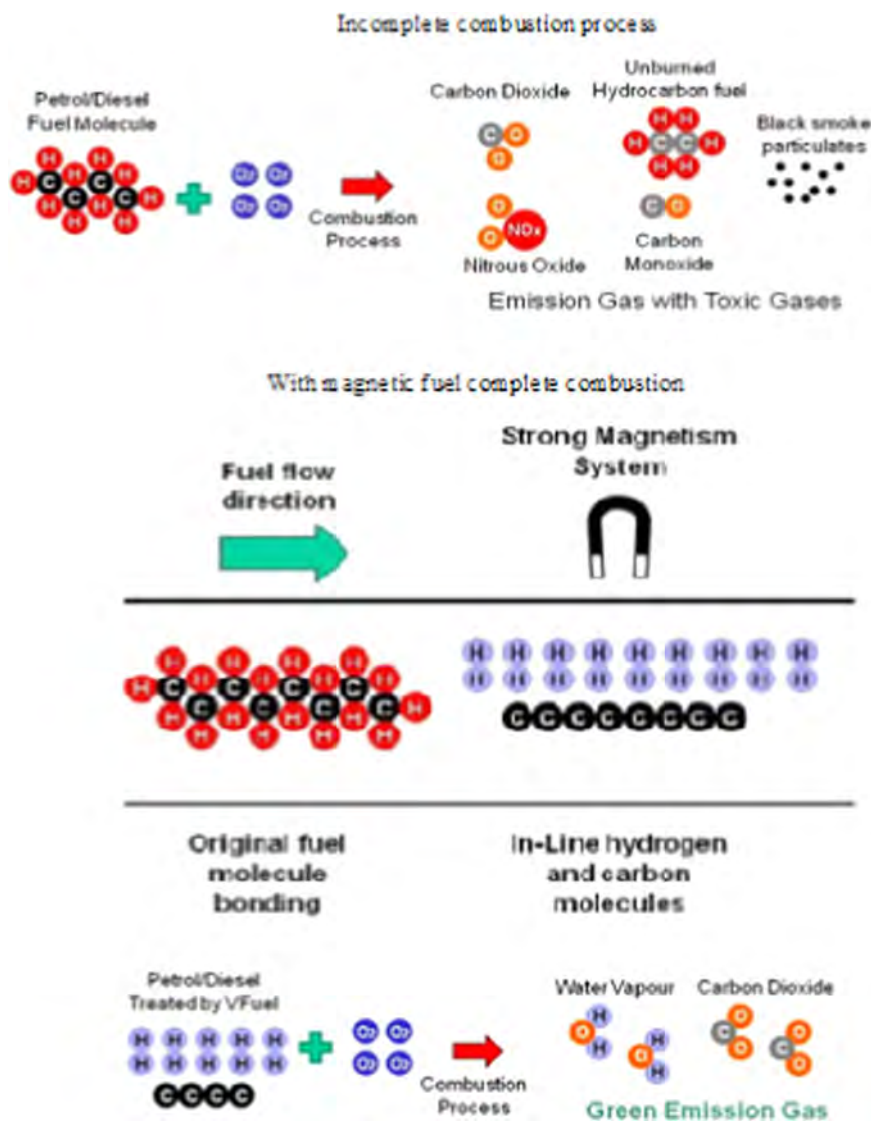


Fig. 2. Schematic view of the magnetic field [20].

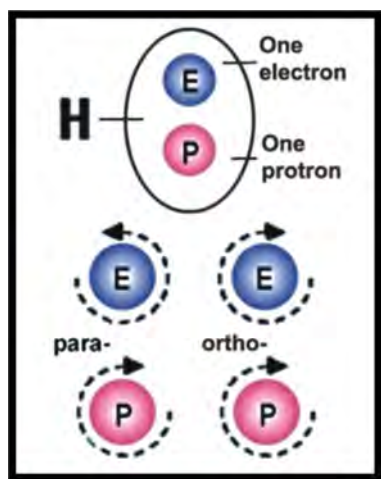


Fig. 3. Atomic orientation [22].

suggested the possibility of magnetic control of combustion and air flow [32].

Hydrocarbons are regarded as a significant resource of energy for people since the olden times. The significance of combustion cannot be

ignored. However, the huge and unrestrained chemical modifications which occur in this reaction cause a difficulty in determining the mechanistic paths [33–35]. The rate at which consumption of fuel takes place is reduced to improve the quality of the fuel. With regard to thermodynamics initiatives to make the enthalpy of combustion higher are considered as the greatest advances to attain this objective. A schematic sight of the effect of magnetic field on the process of combustion is displayed in Fig. 4 [33], it is believed that energy that is free, is unaffected as all the primary bonds are broken to make new bonds during the process of combustion. As a result, the products avoid the effects of the magnetic field. Hence, combustion heat or combustion enthalpy is increased causing improvement in the quality of the fuel along with a decrease in the consumption of fuel after that. These explanations supported the reports provided by the companies which were involved in the manufacturing of the magnetic fuel saver. Though several designs were proposed, they were unsuccessful as the conditions demanded to apply the magnetic field, for instance strength were not fulfilled. Earlier empirical studies produced outcomes with a chance of decrease in the consumption of fuel because of application of the magnetic field to add fuel before the process of combustion. Despite the fact that the studies having scientific approach were hardly made in order to understand the features of this phenomenon [33,36,37]. In what manner these modifications affect the combustion

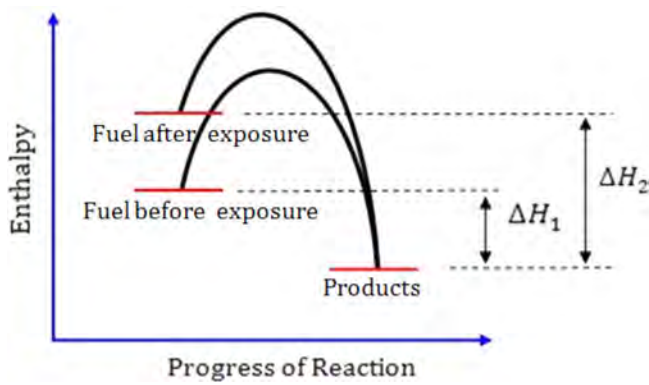


Fig. 4. Schematic view of magnetic field effect on the combustion behaviour [37].

enthalpy of fuel is shown in Fig. 4.

3. Effect of magnetic field on emissions in spark ignition engine along with fuel consumption

A procedure and an instrument was demonstrated by Sanderson [38], in order to treat the liquid fuel inside the internal combustion engines through passing it by a magnetic field before combining it with air in the fuel injector or the carburettor [39], whereas an experimental test was performed by Janezak and Krensel [40]. In order to treat gasoline with the magnetic field for the purpose of effective pollution as well as combustion, their discovery considered a unit of permanent magnet mountable as retrofit adaptors outside the fuel line is causing no separation or alteration between the ignition system and fuel [41,42]. Govindasamy and Dhandapani [43], reported that the usage of strong magnetic charge obtained from the magnet input to the fuel line two-stroke spark ignition engine results in full burning, in order to increase the power and lessen the expenses of the process. Fig. 5 demonstrates the following: (a) variation of brake thermal efficiency along with air-fuel ratio (b) magnetic field on the fuel line. In addition to this, the magnetic flux on the fuel line considerably decreases the

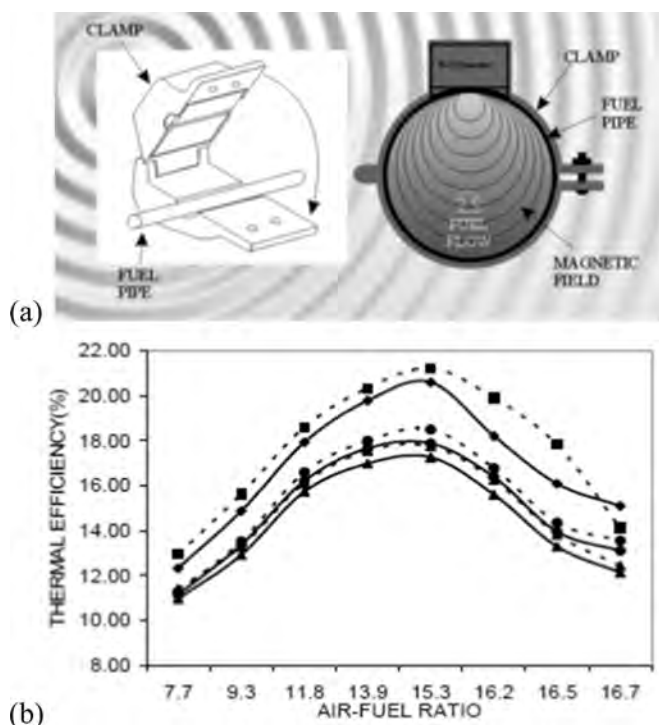


Fig. 5. Show (a) magnetic field on the fuel line, (b) Variation of brake thermal efficiency with the air-fuel ratio [48].

Table 1
Changes in performance and emission parameters due to different magnetic field strength [48].

Parameters	Base engine %	Copper-coated engine, %	Zirconia coated engine, %
Increase in brake thermal efficiency	3.2	6.6	11.2
Reduction in cyclic variation	8.6	8.8	12.1
Reduction in CO emission	13.3	23.5	29.5
Reduction in HC emission	22.1	37.3	44.2

destructive emissions from the exhaust at the same time increasing the mileage and enhancing the performance of the engine [44–46]. Moreover, the efficiency of the process of combustion increases and provides an increased performance of octane.

The engine was made to work in a mode of constant speed, and the following cases were considered to acquire results: the base engine, the engine with a permanent magnetic field with different intensity (3000, 4500, and 9000) gauss, Copper coated engine with 9000 gauss magnetic flux and Zirconia. Modifications in various parameters with an engine having a coating of Zirconium, base and Copper having 9000 gauss magnetic flux are shown in Table 1 [43]. It was shown in the experimental results that the magnetic flux in the fuel decreases the emission of carbon monoxide till 23% in copper coated engine (situated in the cylinder head), till 13% for the base engine along with 29% in zirconium coated (situated in cylinder head) engine having 9000 gauss magnetic flux [47,48]. While Al-Ali et al. [49] used two types of magnetic device, the first type was fixed inside the fuel tank, and the other one was fixed in the fuel line. The outcomes showed a decrease of 18% in average consumption of fuel and 70% decrease in emissions of HC and CO₂ and a decrease of 68% of NO_x was measured.

The effect caused by the magnetic field on the internal combustion engines was studied by Al-Dossary [50]. This magnetic field was produced by the electromagnets with the help of a car battery of 12 V through fluctuating the configuration along with the strength of the magnetic field. The magnetic effect produced a decrease in specific consumption of fuel that was constantly noticeable only at the least load measuring 20 N m along with highest and lowest speed of 1000 rpm and 3000 rpm by utilising one magnet. The most noticeable decrease was the effect on CO as compared to entire emissions occurred at the speed and load of the engine specifically at the speed of 1000 rpm which was the lowest by using a total of five magnets. The most constant decrease in HC was also considerable at the speed of 1000 rpm by using a total of four magnets, whereas, different configurations along with magnetic field strengths showed reasonable decrease in the speed as well as loads of most engines [51].

Effect caused by the magnetic field on the internal combustion engines was studied by Farrag and Saber [22]. This study focused on the parameters that are measured for the performance of the engine, like exhaust emissions along with fuel consumption. Application of magnetic field was carried out on the SI engine by making use of gasoline fuel. In addition to this, the fuel was exposed to a permanent magnet which was mounted on inlet lines of the fuel. At different idling engine speeds, experiments were done. The emissions from exhaust gas were analysed with the help of an exhaust gas analyser. The effect of the magnet with a decrease in consumption of fuel was around 15% decrease in CO at every idling speed; in the range of around 7%. The decrease in effect caused by emissions of NO was around 30%.

The effect caused on the performance of spark ignition engine due to magnetised fuel was studied by Habbo et al. [52]. The performance of the engine was studied carefully by studying the four parameters which were the thermal efficiency (η_{th}), brake power of the engine (bp),

exhaust emissions along with the specific fuel consumption (SFC). The fuel was exposed to a magnetic field that was kept to fuel supply line in order to magnetise the fuel prior to its placement in the engine cylinder. The outcomes displayed a noticeable enhancement in the performance of the engine. The engine power, along with the thermal efficiency was increased by 3.3% and 4%, during the use of a magnetic coil of 1000 gauss. Moreover, a decrease in the specific consumption of fuel was accomplished. Though this brake power was increased approximately by 16.4% and the thermal efficiency was increased by 7.6%, and specific consumption of fuel was reduced by 21.3% when the magnetic coil of 2000 gauss was used with no magnetic field. The emissions from gas exhaust displayed a decrease of approximately 44% of HC and 80% of CO when the magnetic coil of 1000 Gauss was used. An additional decrease of approximately 58% of HC along with 90% of CO was seen when the magnetic coil of 2000 gauss was utilised [53,54].

Khalil [55] studied that application of magnetic field onto supply line of an internal combustion engine which was functioning with a mixture of 10% volume ethanol-gasoline (leaded) led to an efficient method of a decrease in the emissions from the polluting agents in the exhaust gases. Using magnetic field of 2000 Gauss resulted in a decrease of 68.8% at 30° bTDC in emission of carbon monoxide and decrease of 42.5% in the unburned hydrocarbons at 10° bTDC in addition to this a decrease of 15% in CO₂ at 25° bTDC together contributed to an increased performance of the engine, with 3.6% increase in thermal efficiency and 8.6% increase in thermal power of brake along with decrease of 3.2% in specific fuel consumption. The temperature of the exhaust gas was affected to a minor extent by the effect of magnetic field. Better outcomes regarding brake specific fuel consumption along with thermal efficiency were observed by operating the engine at 2000 gauss coil as compared to running it at 1000 gauss.

Research of Faris et al. [56] studied the usage of permanent magnets with various intensities such as 2000 gauss, 4000 gauss, 6000 gauss, along with 9000 gauss, which were fixed for a two-stroke engine. Moreover, the research also comprised of its effect on consumption of exhaust gases and gasoline. In order to compare the outcomes, it required carrying out research for experiment excluding the usage of the magnets. Fig. 6 displays the fuel magnetization unit [56].

The general performance of the test of exhaust emission displayed a better result, where the rate of decrease in consumption of gasoline ranged from 9% and 14%. Fig. 7 shows that by decreasing the amount fuel consumed and by increasing magnetic field intensity a large decrease of 14% in the rate was observed by utilising magnetic field intensity of 6000 and 9000 gauss. It was seen that the percentage of components HC and CO of exhaust gas were reduced by 30% and 40%. However, the percentage of CO₂ was increased approximately by 10%. The absorption spectrum of ultraviolet radiation as well as infrared radiation demonstrated a modification in both chemical and physical

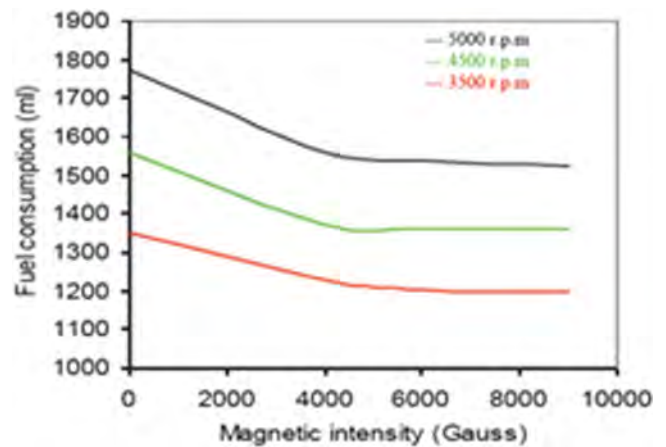


Fig. 7. Effect of reduction in the amount of consumed fuel with increasing magnetic field intensity [61].

properties of the structure of gasoline molecules under the effect of magnetic field. The surface tension of gasoline subjected to various intensities of the magnetic field was compared and measured with them without magnetization [43,56].

4. Effect of magnetic field on fuel consumption and emissions in compression ignition engine

Jacob Almén [57] conducted a test known as Magnetic Emission Control which demonstrated the emission of nitrogen oxides (NO_x), carbon monoxide (CO), and hydrocarbons (HC) was not efficient. A considerable decrease in the emission of particles of 9% and a decrease of 3–7% was seen in consumption of fuel and CO₂.

Testing of fuel ioniser type fuel max was effectively carried out in conditions of the laboratory by using a cylinder engine known as Hastz diesel, was demonstrated by John et al. [58]. Below are the major findings: saving of fuel was outstanding at a mid-range speed between 1700 rpm till 1800 rpm. Fuel max accomplished a saving of fuel of 1.6% on the whole with contrast to test cycle that was conducted without ionisation; in addition to this a higher and lower engine test outcome was not able to accomplish noticeable saving. As a result, it was a no load condition. When Govndasamy and Dhandapani [59] investigated the effect caused by magnetic field with decrease in emission of NO_x inside the Bio-diesel engine with recirculation of exhaust gas, they got to know that when magnetic field is present, the efficiency of brake is increased by 5%, and the values of HC as well as CO are decreased [60].

Al-Khaleedy [61] studied the combustion efficiency for diesel fuel in an electrical generator for a time period of 4 weeks with and without

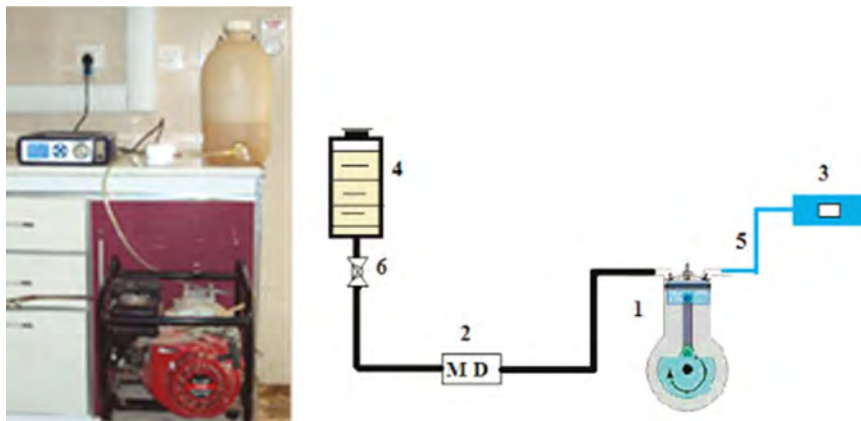


Fig. 6. A picture of the fuel magnetization unit. 1. Engine; 2. Magnetic device; 3. Measuring device for exhaust gases; 4. Fuel tank; 5. Gas sensor; 6. Valve [61].

the involvement of magnetic field and emissions from pollutant agents. A comparison was made between the data which resulted as an output for magnetised diesel fuel and the normal diesel fuel. A decline in the emissions from pollutant agents and an increase in combustion efficiency by using magnetic field unit was observed. The treatment using magnet decreased the generation of NO by 5%, NO_x by 20%, and an increase in CO by 2% was observed.

Jain and Deshmukh [62] explained the working of MFC along with the parameters and constraints by which emission, as well as the efficiency of MFC, is influenced. Magnets known as Ferret were used as MFC. A permanent magnet was mounted in the path of fuel lines, which improved the properties of fuel like its orients, molecules of hydrocarbon, improved atomisation of fuel and aligns. By using these properties, mileage was improved, and enhanced emission was obtained from the vehicle. The fuel burned entirely, hereby generating a higher output of the engine and good economy of fuel, most significantly it decreased the amount of NO_x, HC, smoke and CO from the exhaust. Furthermore, it increased the mileage of the vehicle by 10–40% and showed a decrease in the specific fuel consumption by 23.6% and break specific fuel consumption by 18.6% [63]. Variation of specific fuel consumption with load, and both with and without magnetic flux is shown in Fig. 8 [62].

The effect of magnetic field on hydrocarbon fuel flow was analysed by Attar et al. [64]. It was deduced that viscosity of the flowing hydrocarbon fluids reduces when a magnetic field is applied [65,66]. De-clustering of the fuel molecules of hydrocarbon has been proved to provide better atomisation of the fuel, Fig. 9(a) shows de-clustering of hydrocarbon molecules along with improved mixing of the mixture of the fuel and air which decrease the amount of unburnt fuel and, therefore, improving the thermal efficiency of the IC Engine. An experimental setup was done to carry out the analysis of the effect caused by the viscosity of petrol as shown by Fig. 9(b) [64]. It enhances the economy of the fuel of diesel engine and vehicles. The work is quite important with regard to its effect on the automobile market globally. As a result, ending up in less consumption of fuel and therefore, ensuring the conservation of non-renewable fuel. The percentage of CO is reduced in the exhaust gases through complete combustion [64,67]. The experiments in present research consist of usage of permanent magnets with various field intensity such as 2000 gauss, 4000 gauss, 6000 gauss and 8000 gauss, which is fixed on the fuel line of the diesel/petrol engine to study the impact on the consumption of gasoline.

5. Summary

The following observations are made on the above literature survey:

1. The magnetization of fuel can increase its internal energy and lead to

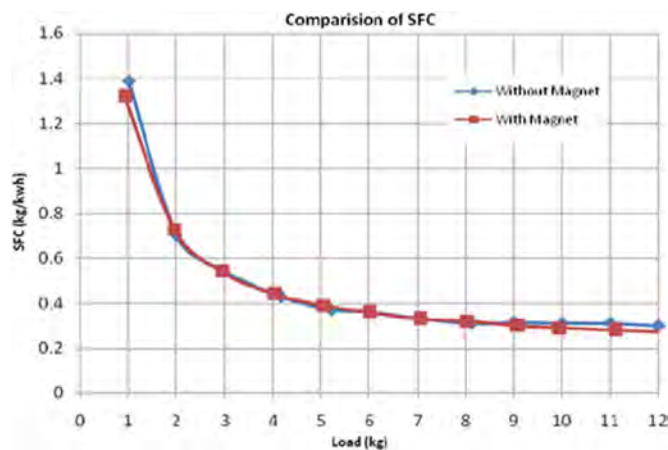
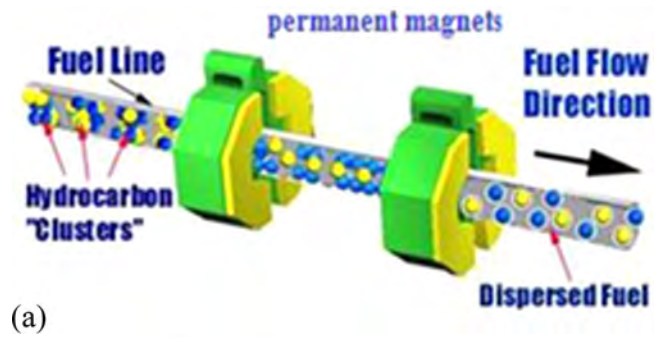


Fig. 8. Variation of Specific fuel consumption with load [68].



(a)



(b)

Fig. 9. (a) De-clustering of hydrocarbon molecules, (b) Experimental setup for analysis of the effect of magnetic field on the viscosity of petrol [70].

particular modifications at a molecular level. In general, the magnetic treatment of the fuel decreases the fuel consumption in the engine and decreases the rate at which gas emissions are released into the environment, as a result causing less pollution. Clear changes were observed in the value of surface tension of the gasoline fuel, which were more as compared to changes in the diesel fuel. It led to a decrease fuel consumption in gasoline engines (up to 18%) more than what it was in the diesel engines (up to 14%). Fig. 10(a) shows those comparison between types of engines (decreasing fuel consumption 56% in gasoline engine and 44% in diesel engine) and change in some properties of the fuel (density, internal energy, etc.) by the magnetic field in gasoline fuel compared with diesel fuel, it let to achieve reduction of emissions in gasoline engines with higher ranges from diesel engines, Fig. 10(b) shows those results.

2. The success of this method in the development of the internal combustion engine is not restricted to the effect of the magnetic field on the molecular composition of the fuel but also extends control over some design features to be developed extensively and accurately. Fig. 11 describes the application of magnetic features, effect of magnetizer location (this means to test the impact of the installation site magnetised from the combustion chamber, while practical tests [49] showed the advantages of improved performance and emission reduction which are larger when influence is away from the combustion chamber), for this purpose the use of magnetic materials was proposed while designing and manufacturing both the top cylinder as well as the inlet manifold. Effect of increasing magnetizer intensity (increase the intensity of the magnetic field has a positive role in improving the performance characteristics dramatically so one must choose the appropriate values when adopting as part of routes design). In some previous literature, one had to use magnetization fuel to coincide with one of the ways to

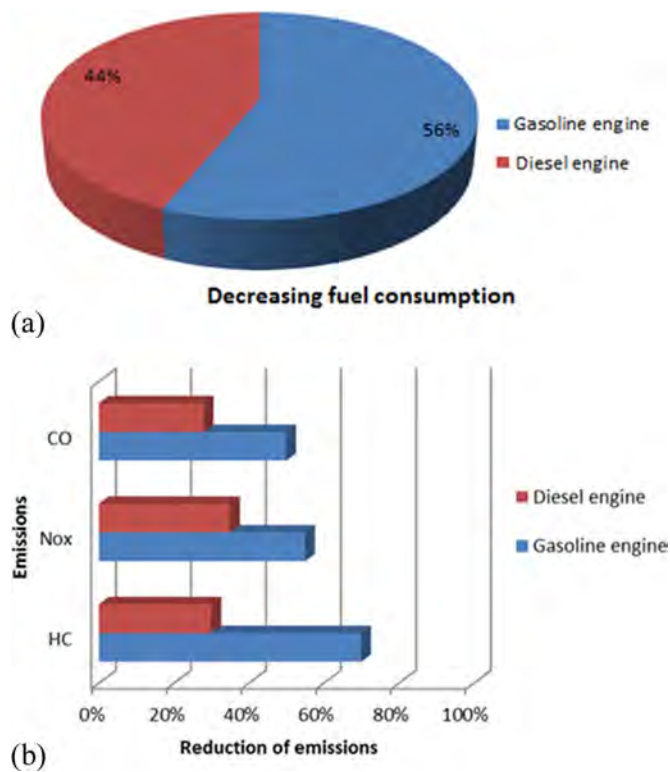


Fig. 10. A general comparison of (a) decreasing fuel consumption, (b) reduction of exhaust emissions, between gasoline and diesel engines.

develop the performance of the engine, for example, the use of bio-fuels. Further magnetic treatment does not require energy and, therefore, is considered economically feasible.

6. Conclusions

Based on the reviewed paper for the performance and emissions of internal combustion engines, it is concluded that the magnetic field represents a good way as an alternative for blending fuel (gasoline and Diesel) with gases and, therefore, must be taken into consideration in the future for transport purpose. Apart from the fuel storage and delivery mechanism, it delivers nearly similar performance as it has good combustion characteristics. In the short term, the magnetic field method has been coming a long way in resolving the emissions problem and with decreasing hydrocarbon resources and increasing the cost of the find; it is going to be "a method to reckon with." Through the establishment of right fuel burning parameters via adequate magnetic means (Fuel Energizer), it can be assumed that a combustion engine receives maximum energy per litre and the environment having the least possible level of toxic emission.

Acknowledgment

The authors are obliged to the Universiti Teknologi PETRONAS for providing support through the Center for Automotive Research and Energy Management (CAREM).

References

- Li J, Lu Y, Du T. Improvement on combustion of hydrogen fueled engine. *Int J Hydrog Energy* 1986;11(10):661–8.
- Kurani K, Turrentine T, Sperling D. Demand for electric vehicles in hybrid households an exploratory analysis. *Transp Policy* 1994;1:244–56.
- Zeng P, Assanis DN. Time-resolved heat transfer in engine intake manifold. *Proceedings of the International Symposium on Transient Convective Heat and Mass Transfer in Single and Two-Phase Flows*; 167–176; 2003.
- Bhatt Nirav M, Rathod Pravin P, Sorathiya Arvind S, Patel R. Effect of multiple injections on the performance and emissions of diesel engine— a review study. *Int J Emerg Technol Adv Eng* 2013;3:3.
- Hassan MK, Aris I, Mahmud S, Sidek R. An experimental result of exhaust emission concentration relative to various injection timing of CNG fuelled direct injection engine. *Eur J Sci Res* 2009;25(3):405–16.
- Rahman MM, Mohammed MK, Bakar RA. Effects of air fuel ratio and engine speed on engine performance of hydrogen fueled port injection engine. *Am J Sci Res* 2009;1:23–33.
- Genovese A, Contrisciani N, Ortenzi F, Cazzola V. on road experimental tests of hydrogen/natural gas blends on transit buses. *Int J Hydrog Energy* 2011;36(2):1775–83.
- Wang SW, Yu WL, Gomm JB, Page GF, Douglas SS. Adaptive neural network model based predictive control for air–fuel ratio of SI engines. *Eng Appl Artif Intell* 2006;19(2):189–200.
- Zheng M, Reader GT, Hawley JG. Diesel engine exhaust gas recirculation—a review on advanced and novel concepts. *Energy Convers Manag* 2004;45(6):883–900.
- Abd-Alla GH. Using exhaust gas recirculation in internal combustion engines: a review. *Energy Convers Manag* 2002;43(8):1027–42.
- Refaat AA. Different techniques for the production of biodiesel from waste vegetable oil. *Int J Environ Sci Technol* 2010;7(1):183–213.
- Yavuz H, Aksoy F, Bayrakceken H, Baydy'r SA. The production of various vegetable oil methyl esters and comparison of their physical and chemical properties. *J Commun Technol Electron* 2008;5(2):23–30.
- Pulkrabek Willard W. *Engineering fundamental of internal combustion engine*; 1997.
- Sayin C, Hosoz M, Canakci M, Kilicaslan I. Energy and energy analyses of a gasoline engine, (www.interscience.wiley.com); 2006.
- Bhushanc BissaEr. Seminar report on fuel energizer; 2011.
- Zhao H, Ladommatos N. Engine performance monitoring using spark plug voltage analysis. *Proc Inst Mech Eng* 1997;211(D).
- Wakayama NI, Sugie M. Magnetic promotion of combustion in diffusion flames. *Phys B: Condens Matter* 1996;216:403–5.
- Goodger E, Vere R. *Aviation fuels technology*. Macmillan Publishers Ltd; 1985.
- Park KS. Modulated fuel feedback control of a fuel injection engine using a switch type oxygen sensor. *Proc Inst Mech Eng* 1997;211(D).
- Simon R. U.S. Utility Patent 328-868; 1950.
- Kita, Ronald J, Kulish, Peter. Electromagnetic device for the magnetic treatment of fuel, US patent, 5 (42); 1998.
- Farrag EA, Saber GM. Effect of fuel magnetism on engine performance and emissions. *Aust J Basic Appl Sci* 2010;4(12):6354–8.
- Paul Fishbane M. *Physics for scientists and engineers* [ISBN 0-13-663238-6, by]. Prentice-Hall; 1993.
- Faraday M. on the diamagnetic conditions of flame and gases. *Lond Edinb Dublin Philos Mag J Sci- Series* 1947;31(210):401–21.
- Guo H, Liu Z, Chen Y, Yao R. A study of magnetic effects on the physicochemical properties of individual hydrocarbons. *Logist Eng Coll* 1994:216–20.
- Wytl D, Laura A, Karen A, Jeffery J. Electric properties of polycrystalline methane hydrate. *Geophys Res Lett* 2011;38(9).
- Envirofuels, Ultra-Low Sulfur Diesel (EUSD), Operational Challenges Facing Engine Operators, *EnviroFuels*, (2007), (www.envirofuelslp.com/pdfs/TechnicalBulletin-070307).
- Ueno S, Esaki H, Harada K. Combustion processes under strong DC magnetic fields. *IEEE Trans Magn* 1985;21(5):2077–9.
- Ueno S, Harada K. Experimental difficulties in observing the effects of magnetic fields on biological and chemical processes. *IEEE Trans Magn* 1986;22(5):2752–4.
- Ueno S, Harada K. Effects of magnetic fields on flames and gas flow. *IEEE Trans Magn* 1987;23(5):2752–4.
- Salamandra GD, Shlyakman BM. Pretreatment of a homogeneous fuel-air mixture with an electric field. *Transl Inzhenerno-Fiz Zhurnal* 1973;25(2):204–7.
- Nobuko I, Wakayama, Masaaki S. Magnetic promotion of combustion in diffusion flames. *Phys B: Condens Matter* 1996;216:403–5.
- Mahsa J, Mehdi Sadegh A, Farzaneh Y, Mehdi H, Zadeh A, Hamidreza MH. Enhancement of benzine combustion behavior in exposure to the magnetic field. *J Clean Energy Technol* 2013;1(3).
- Hricak RZ. Air fuel magnetizer. U S Pat No 2008;5(331):807.
- Matsumoto, Sherman P. The viscosity of micro emulsions. *J Colloid Interface Sci* 1969;30:525–36.
- Mooney M. The viscosity of a concentrated suspension of spherical particles. *J Colloid Sci* 1951;6:162–70.
- Barter C, Meisenheimeasrd G, Stevenson DP. Diamagnetic susceptibilities of simple hydrocarbons and volatile hydrides. *J Phys Chem B* 1960;64:1312–6.
- Sanderson HC. Method and apparatus for treating liquid fuel, U.S patent no. 4 050, 426; 1977.
- Karl-Erick Egeback, Magnus Henke, Bjorn Rehnlund. Blending of ethanol in gasoline for spark ignition engines— problem inventory and evaporative measurements [Report no. MTC]. AVL MTC Mot Test Cent 2005;5407.
- Janezak A, Krensel E. Permanent magnetic power for treating fuel lines for more efficient combustion and less pollution, U.S patent no. 5 124,045; 1992.
- Cevic MA, Yuksel F. Effects of ethanol – unleaded gasoline blends on cyclic variability and emissions in an SI engines. *Appl Therm Eng J* 2005;25:917–25.
- Abdel-Rahman AA, Osman MM. Experimental investigation on varying the compression ratio of S.I. engine working under different ethanol-gasoline fuel blends. *Int J Energy Res* 1997;21(1):31–40.
- Govindasamy P, Dhandapani S. Experimental investigation of cyclic variation of combustion parameters in catalytically activated and magnetically energized two-stroke SI engine. *Kongu Eng Coll* 2007;6:46–7.

- [44] Bowker RR. Permanent magnet design guide. USA: Magnet Sales and Manufacturing & Co; 2000. p. 111–.
- [45] Okoronkwo CA, Nwachukwu CC, Ngozi LC, Igbokwe JO. The effect of electro-magnetic flux density on the ionization and the combustion of fuel (an economy design project). *Am J Sci Ind Res* 2010;1(3):527–31.
- [46] Pera I, Pines P. Magnetizing hydrocarbon fuels and other fluids, U.S Patent No. 4; 1987.
- [47] Hamoody HS. Performance of the internal combustion engine working by carburetor system with adding ethanol substance to the leaded gasoline [M.Sc. Thesis]. College of engineering, University of Mosul; 2008.
- [48] Filippov MV. The effect of a magnetic field on a ferromagnetic particle suspension bed. *Magn Latv SSR* 1960;12:215–20.
- [49] Al-Ali Y, Hrairi M, Al-Kattan I. Potential for improving vehicle fuel efficiency and reducing the environmental pollution via fuel ionization. *Int J Environ Sci Technol* 2012;9:495–502.
- [50] Al Dossary Rashid MA. The effect of magnetic field on combustion and emissions [M.Sc. Thesis]. King Fahd University of Petroleum and Minerals; 2009.
- [51] Mcneely M. Magnetic fuel treatment system designed to attack fuel-borne microbes. *Diesel Progress Engines Drives* 1994;44:16–8.
- [52] Habbo ARA, Raad AK, Hamoody HS. Effect of magnetizing the fuel on the performance of an S.I. engine. *Al-Rafidain Eng J* 2011;19(6).
- [53] Vivek Ugare, Nikhil Bhav, Sandeep Lutade. Performance of spark ignition engine under the influence of magnetic field. *Int J Res Aeronaut Mech Eng* 2013;1(3):36–43.
- [54] Tao RJ. Investigate effects of magnetic fields on fuels, 19122. Philadelphia, PA: Dept. of Physics, Temple University; 2004.
- [55] Raad AK. Reduction of pollutant emission in ethanol-gasoline blends engines with magnetic fuel conditioning. *Al-Rafidain Eng J* 2011;20(3).
- [56] Faris Ali S, Al-Naseri Saadi K, Nather Jamal, Raed Isse, Mezher Abed, Zainab Fouad, Akeel Kazim, Nihad Reheem, Ali Chaloob, Hazim Mohammad, Hayder Jasim, Jaafar Sadeq, Ali Salim, Aws Abas. Effects of magnetic field on fuel consumption and exhaust emissions in two-stroke engine. *Energy Procedia* 2012;18:327–38.
- [57] Jacob Almén MTC AB. Study of emission and fuel consumption from a vehicle with and without auto MEC from magnetic emission control as; 2004.
- [58] John GR, Wilson L, Kasembe E. Motor vehicle emission control via fuel ionization: fuelmax experience. In: *Proceedings of the First International Conference on Advances in Engineering and Technology Kampala*, p. 347–353; 2006.
- [59] Govndasamy P, Dhandapani S. Reduction of NOx emission in bio-diesel engine with exhaust gas recirculation and magnetic fuel conditioning. *International Conference on Sustainable Development, challenges and opportunities for GMs*; 2007.
- [60] Govindasamy P, Dhandapani S. Combustion enhancement and emission reduction of bio-diesel uses EGR and magnetic fuel. Erode, Tamilnadu: Kongu Engineering College; 2007, [638 052].
- [61] Al-Khaleedy, Jazie Ali A. High performance and low pollutant emissions from a treated diesel fuel using a magnetic field. *Al-Qadisiya J Eng Sci* 2008;1:2.
- [62] Shweta Jain, Suhas Deshmukh. Experimental investigation of magnetic fuel conditioner (M.F.C) in I.C. engine. ISSN: 2250–3021, 2, 7, p. 27–31; 2012.
- [63] Uguru-Okorie Daniel C, Dare Ademola A. Combustion enhancers in diesel engines: magnetic field option. *IOSR J Mech Civil Eng (IOSR-JMCE)* 2013;5(5):21–4.
- [64] Attar Ajaj R, Pralhad Tipole, Virendra Bhojwani, Suhas Deshmukh (3013). Effect of magnetic field strength on hydrocarbon fuel viscosity and engine performance. *International Journal of Mechanical Engineering and Computer Applications*, 1, 7.
- [65] Kolandavel Mani, Velappan Selladurai. Energy savings with the effect of magnetic field using r290/600a mixture as substitute for cfc12 and hfc134a. *Therm Sci* 2008;12(3):111–20.
- [66] Patel Piyush M, Rathod Gaurav P, Patel Tushar M. Effect of magnetic field on performance and emission of single cylinder four stroke diesel engine. *IOSR J Eng* 2014;4(5):28–34.
- [67] Nitin Karande, Sachin Kumar Kore, Akram Momin, Ranjit Akkiwate, Sharada PK, Kumbhar Sandip K. Experimental study the effect of electromagnetic field on performance and emission of IC engine. *Int Mech Ind Technol* 2015;3(1):27–34.