บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้ารวบรวมแนวคิดทฤษฎี และเอกสารต่าง ๆ และผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังนี้

1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
   1.1 กระบวนการแยกสลายน้ำด้วยไฟฟ้า (Electrolysis)
   1.2 ทฤษฎีการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล (Diesel Engine)
   1.3 การเผาไหม้และการเกิดมลพิษในเครื่องยนต์ดีเซล
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

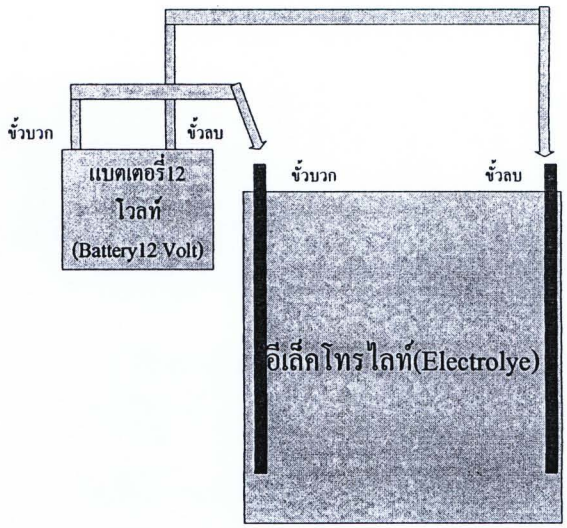
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจากการศึกษาค้นคว้าในเอกสารและตำราที่ปรากฏหลักฐานเพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างกรอบแนวคิดในการวิจัย ผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. กระบวนการแยกสลายน้ำด้วยไฟฟ้า (Electrolysis)

การแยกสลายด้วยกระแสไฟฟ้าเป็นกระบวนการที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านของเหลวซึ่งประกอบด้วยไอออน (อะตอมที่ได้รับหรือสูญเสียอิเล็คตรอนจึงมีประจุไฟฟ้า) มีผลทำให้ของเหลวแตกตัวเป็นไอออน การเคลื่อนที่ของไอออนในของเหลวเป็นตัวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้า และสารเคมีจะเกาะติดบริเวณที่กระแสไฟฟ้าเข้าหรือออกจากของเหลว กระบวนการนี้นำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายอย่าง

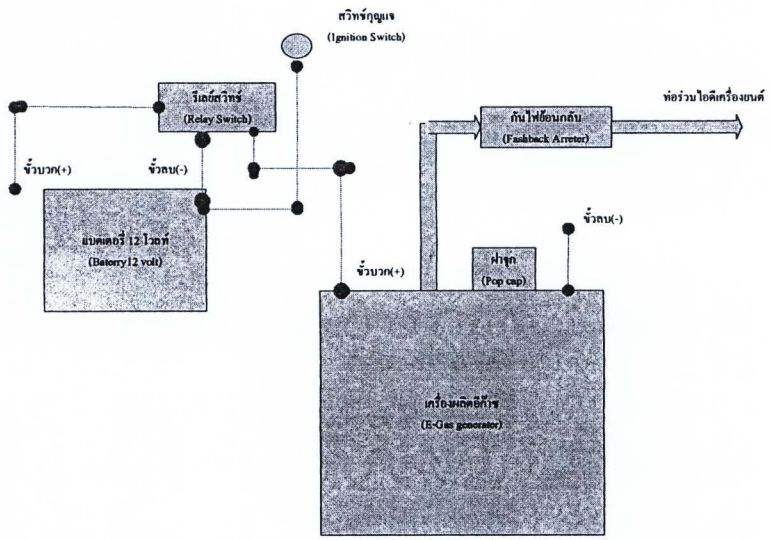
ขั้วไฟฟ้า (Electrode) หมายถึง ชิ้นโลหะหรือคาร์บอนซึ่งจุ่มอยู่ในอิเล็คโทรไลต์ ให้กระแสไฟฟ้าเข้าหรือออก ขั้วไฟฟ้ามี 2 ชนิดคือ แอโนดหรือขั้วบวกและแคโทดหรือขั้วลบ ขั้วไฟฟ้าที่ไวคือ ขั้วที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดขึ้น ขั้วไฟฟ้าที่เฉื่อยคือ ขั้วที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

อิเล็คโทรไลต์ (Electrolyte) เป็นสารประกอบที่นำไฟฟ้าเมื่อหลอมเหลว หรือ ละลายในน้ำสารประกอบซึ่งมีไอออนหรือสารที่แตกตัวเป็นไอออนเมื่อละลายน้ำจะเป็นอิเล็คโทรไลต์ อิเล็คโทรไลต์ที่มีความเข้มข้นของไอออนมากจะนำไฟฟ้าได้ดี



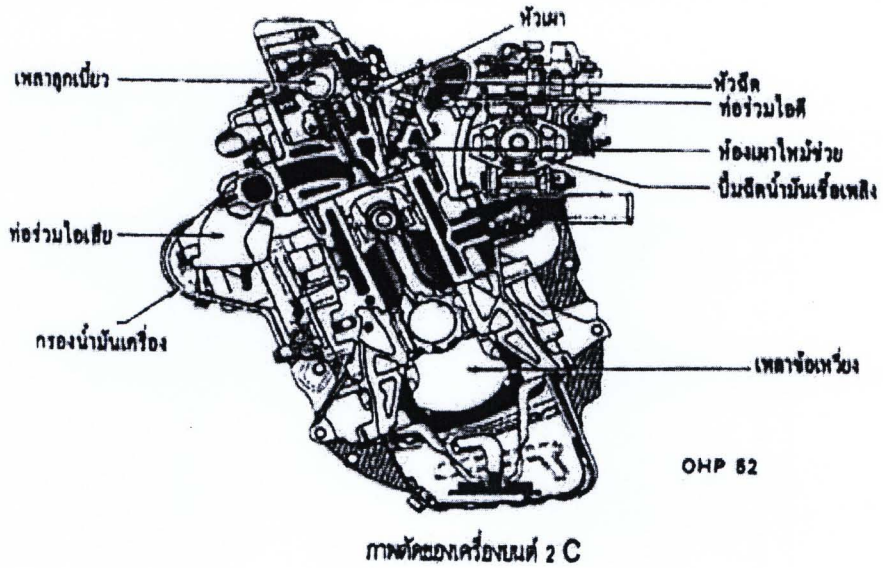
ภาพที่ 2.1 หลักการทำงานของกระบวนการแยกสลายน้ำด้วยไฟฟ้า (Electrolysis)
ที่มา : ผู้วิจัย 24 พฤษภาคม 2552

การใช้ก๊าซไฮโดรเจนมีวงจรการใช้งานดังนี้



ภาพที่ 2.2 วงจรการใช้งานกับเครื่องยนต์
ที่มา : ผู้วิจัย 24 พฤษภาคม 2552

2. ทฤษฎีการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล (Diesel Engine)



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของเครื่องยนต์ดีเซล

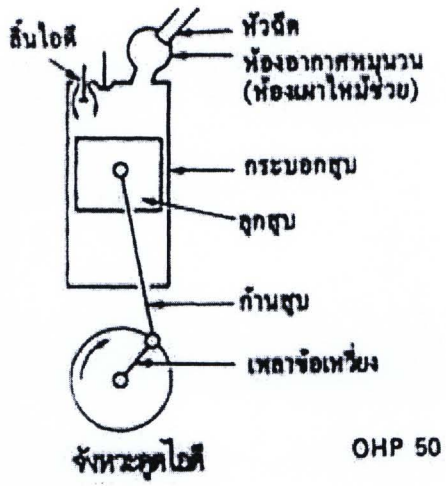
ที่มา : www.phithan-toyota.com 14 สิงหาคม 2551

ในเครื่องยนต์ดีเซลอากาศภายในกระบอกสูบจะถูกอัดตัวจนกระทั่งเกิดความร้อนสูงอย่างมาก จากนั้นน้ำมันดีเซลก็จะถูกฉีดให้เป็นฝอยละอองเข้าสู่กระบอกสูบ สำหรับเครื่องยนต์เชื้อเพลิงถูกพ่นให้เป็นฝอยละอองและผสมกับอากาศจากนั้นจะถูกอัดตัว แล้วจึงจุดได้โดยประกายไฟของไฟฟ้า ในเครื่องยนต์ดีเซลนั้นน้ำมันดีเซลถูกจุดระเบิดขึ้นโดยความร้อนที่เกิดจากอากาศที่ถูกอัดตัว ดังนั้นอุณหภูมิของอากาศที่ถูกอัดตัวภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลจะต้องเพิ่มสูงขึ้นถึงประมาณ $500^{o}C$ $(932^{o}F)$ หรือสูงกว่านั้น ด้วยเหตุนี้เครื่องยนต์ดีเซลโดยทั่วไป จึงมีอัตราส่วนกำลังอัดสูงกว่า (15 :1 กับ22 :1) เครื่องยนต์เบนซิน (6 :1 ถึง 12 :1) ในขณะเดียวกันเครื่องยนต์ดีเซลจึงจำเป็นที่จะต้องถูกสร้างให้มีความแข็งแรง

หลักการทำงานพื้นฐาน

จังหวะดูดไอดี

อากาศจะถูกดูดเข้าสู่กระบอกสูบในจังหวะดูดไอดี ลูกสูบจะทำให้เกิดสุญญากาศขึ้นในกระบอกสูบ เช่นเดียว กับในเครื่องยนต์เบนซิน ในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงจากศูนย์ตายบน ลงสู่ศูนย์ตายล่าง สุญญากาศจะทำให้ลิ้นไอดีเปิดออกเพื่อให้อากาศเข้าสู่ภายในกระบอกสูบขณะนั้นลิ้นไอเสียยังคงปิดอยู่

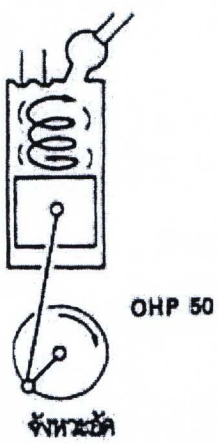


ภาพที่ 2.4 การทำงานในจังหวะดูด

ที่มา: www.phithan-toyota.com 14 สิงหาคม 2551

จังหวะอัด

ลูกสูบเคลื่อนขึ้นจากศูนย์ตายล่างขึ้นสู่ศูนย์ตายบนในจังหวะอัดซึ่งในจังหวะนี้ลิ้นทั้งสองจะปิด อากาศที่ไหลเข้าสู่กระบอกสูบในจังหวะดูดไอดีจะถูกอัดจนกระทั่งแรงดันของมันสูงขึ้นประมาณ 30 กก./ซม.2 (427ปอนด์/นิ้ว) และอุณหภูมิจะสูงขึ้นด้วย ประมาณ 500 ถึง 800^{O}C (932 ถึง 1427^{O} F)



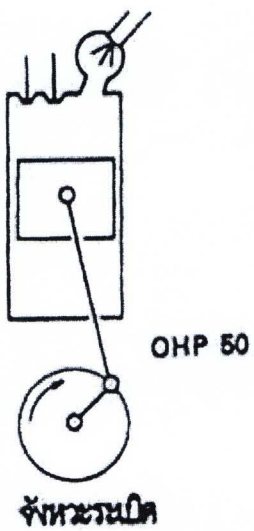
ภาพที่ 2.5 การทำงานในจังหวะอัด

ที่มา: www.phithan-toyota.com 14 สิงหาคม 2551

จังหวะระเบิด

อากาศในกระบอกสูบจะถูกขับดันให้เข้าสู่ห้องเผาไหม้ช่วย ซึ่งอยู่เหนือห้องเผาไหม้ของแต่ละสูบ ช่วงปลายของจังหวะระเบิด หัวฉีดจะฉีดเชื้อเพลิงออกเป็นฝอยละอองเข้าสู่ห้องเผาไหม้ช่วย ทำให้ส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงลุกไหม้

เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากความกดดันสูงในขณะนั้น ทั้งอุณหภูมิและความดันจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและเชื้อเพลิงส่วน ที่ยังหลงเหลือภายในห้องเผาไหม้ช่วยก็จะถูกขับดันให้กลับเข้าสู่ห้องเผาไหม้หลักที่อยู่เหนือลูกสูบ ซึ่งจะทำให้เชื้อเพลิง ถูกทำให้แตกตัวเป็นอณูที่เล็กลง ทำให้คลุกเคล้ากับอากาศ ภายในห้องเผาไหม้หลัก และลุกไหม้ได้อย่างรวดเร็ว พลังงาน จากการลุกไหม้อย่างรวดเร็วนี้จะขยายตัวเป็นแก๊ส ซึ่งจะไปกดดันให้ลูกสูบเคลื่อนตัวลง กำลังที่กดดันให้ลูกสูบเคลื่อนลง จะถูกเปลี่ยนด้วยก้านสูบ และทำให้เพลาข้อเหวี่ยงหมุนเพื่อถ่ายทอดกำลังงานไปสู่ยานยนต์ต่อไป



ภาพที่ 2.6 การทำงานในจังหวะระเบิด
ที่มา: www.phithan-toyota.com 14 สิงหาคม 2551

จังหวะคาย

จังหวะคายไอเสียขณะที่ลูกสูบถูกกดดันลงสู่ศูนย์ตายล่างลิ้นไอเสีย จะเปิด และแก๊สไอเสียจะถูกขับออกทางลิ้นไอเสียนั้น ในจังหวะที่ลูกสูบเคลื่อนขึ้นอีกครั้ง แก๊สไอเสียจะถูกขับดันออกจากห้องเผาไหม้จนหมดสิ้น เมื่อลูกสูบเคลื่อนขึ้นจนถึงศูนย์ตายบนจากนั้นจังหวะดูดไอดีจะเริ่มต้น

อีกครั้งหนึ่ง เมื่อเครื่องยนต์ทำงานครบทั้ง 4 จังหวะแล้ว (คือจังหวะดูดไอดี จังหวะอัด จังหวะระเบิด และจังหวะคาย (ไอเสีย) เพลาข้อเหวี่ยงจะหมุนสองรอบ เพื่อผลิตกำลังงาน ซึ่งการทำงานดังกล่าวนั้นเรียกว่า กลวัตรดีเซล

จะเห็นได้ว่ากระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดค่อนข้างซับซ้อน โดยรายละเอียดของกระบวนการจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเชื้อเพลิง การออกแบบห้องเผาไหม้ ระบบฉีดเชื้อเพลิงและสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์

ทฤษฎีการคำนวณ

การวัดกำลังของเครื่องยนต์

การคำนวณหากำลังม้าของเครื่องยนต์ (อุตสาห์ จิรากร และเชื้อ ชูขำ.2537 : 15) ประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

แรงม้าอินดิเคต คือ กำลังงานที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบ ซึ่งในขั้นแรกเป็นการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกล เราเรียกว่า แรงม้าอินดิเคต (Indicated horse power: IHP)

ดังนั้น **IHP** ของเครื่องยนต์จึงหาได้จากสมการ

$$IHP = \frac{Wa \times (Indicated\ -work)}{4500}$$ สมการ 1.

โดยที่ **Wa** คือน้ำหนักของอากาศที่ไหลผ่านเข้าเครื่อง มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อนาที (kg/min)**Indicated net – work** คือ งานที่กระทำมีหน่วยเป็น กิโลกรัม-เมตร (kg-m)

ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์คือ เปอร์เซนต์ของปริมาณความร้อนที่ได้รับจากการสันดาปกับพลังงานกลที่ได้นำไปใช้ประโยชน์ แบ่งประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ได้ดังนี้ (อุตสาห์ จิรากร และเชื้อ ชูขำ. 2537: 17)

1. ประสิทธิภาพทางกล (Mechanical Efficiency) คืออัตรส่วนระหว่างกำลังงานที่ได้กับกำลังงานที่ให้ ซึ่งกำลังงานที่ได้คือ **BHP** และกำลังงานที่ให้คือ **IHP** ดังนั้น

$$Nmech = \frac{BPH}{\text{IPH}} \times 100$$ (มีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์) สมการ 2.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

2. ประสิทธิภาพทางความร้อน (Thermal Efficiency) พลังงานที่ให้กับเครื่องยนต์เป็นพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิง พลังงานที่ได้จากเครื่องยนต์อยู่ในรูปพลังงานกล ประสิทธิภาพทางความร้อนก็จะเป็นอัตราส่วนระหว่างงานกลที่ได้ออกมากับพลังงานความร้อนที่ให้เข้าไป คือ

ประสิทธิภาพทางความร้อนบนฐานอินดิเคต (Indicated Thermal Efficiency) หรือ **nit** จะได้

$$Nmech = \frac{BPH}{\text{ความร้อนที่ใช้ต่อชั่วโมง}}$$ สมการ 3

ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงนับว่าเป็นเรื่องสำคัญที่จะชี้ให้เห็นถึงสมรรถะของเครื่องยนต์ ซึ่งได้แก่

ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption) คือการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อหนึ่งหน่วยแรงม้า ต่อหนึ่งหน่วยเวลา แบ่งได้เป็น 2 อย่างดังนี้ (อุตสาห์ จิรากร และเชื้อ ชูขำ. 2527: 21)

1. ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะบนฐานของแรงม้าเบรค (Brake Specific Fuel Consumption) หรือ **BSFC**

$$BSFC = \frac{\text{ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้}}{BHP \times h}$$ สมการ 4

2. ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะบนฐานของแรงม้าอินดิเคต (Indicated Specific Fuel Consumption) หรือ **ISFC**

$$ISFC = \frac{\text{ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้}}{BHP \times h}$$ สมการ 5

3. การเผาไหม้และการเกิดมลพิษในเครื่องยนต์ดีเซล

องค์ประกอบที่ทำให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ดีเซลการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จะสมบูรณ์และเกิดกำลังงานสูงสุดเต็มประสิทธิภาพต้องประกอบด้วย ส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงที่พอเหมาะ อุณหภูมิและความดันอากาศในกระบอกสูบที่พอเหมาะต่อการจุดระเบิด น้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้มีปริมาณพอเหมาะ และเป็นฝอยละเอียดทำให้ การลุกไหม้และการจุดระเบิดเป็นไปตามเวลาที่กำหนด

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 25 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 247905
เลขเรียกหนังสือ

สมการการสันดาปที่สมบูรณ์

น้ำมันเชื้อเพลิง+ อากาศ(ออกซิเจนและไนโตรเจน) ⟶ คาร์บอนไดออกไซด์+น้ำ+ไนโตรเจน

$$HC+ O_2+N_2 \longrightarrow CO_2+H_2O+N_2$$

สมการการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์

น้ำมันเชื้อเพลิง+ อากาศ(ออกซิเจนและไนโตรเจน)⟶คาร์บอนมอนอกไซคาร์บอนไดออกไซด์+น้ำ

$$HC+ O_2+N_2 \longrightarrow CO+ CO_2+H_2O$$

(ที่มา : พูลพร แสงบางปลา.2537)

ไอเสียและมลพิษจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ที่ใช้อยู่ทุกวันนี้ โดยเฉพาะเครื่องยนต์ในรถยนต์เป็นต้นเหตุของการทำให้เกิดสารพิษ และสารพิษจากรถยนต์ทำให้อากาศปืนพิษ และเป็นอัตรายต่อสุขภาพของคน จึงได้มีการวางกฎเกณฑ์และมาตรฐานสำหรับการพ่นพิษออก ทำให้ลดอัตราของมลพิษลงไปมาก เพราะโรงงานสร้งรถยนต์ต่างๆต้องสร้างเครื่องยนต์ให้มลพิษออกภายใต้กฎที่วางไว้ (พูลพร แสงบางปลา. 2537: 115) มลพิษหลักๆ ในไอเสียที่เกิดจากการสันดาปในเครื่องยนต์ดีเซลประกอบด้วย ไฮโดรคาร์บอน (HC) คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ถ้าน้ำมันดีเซลที่มีกำมะถัน (Sulfur) เป็นส่วนผสมอยู่ เมื่อมีการสันดาปในเครื่องยนต์สิ่งที่จะเกิดขึ้นติดตามมาเสมอคือ ไอเสียและมลพิษต่างๆในไอเสียจะมีมากขึ้นหาก

1. มีความล่าช้าในการจุดระเบิดหมายถึงช่วงเวลาระหว่างการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปผสมกับอากาศและการลุกไหม้ช้ากว่าที่ควร

2. ช่วงเวลาของการเผาไหม้นานกว่าปกติ หมายถึง ช่วงเวลาหลังจากความดันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงจุดสิ้นสุดการเผาไหม้นานกว่าปกติ

3.หลังจากสิ้นสุดการเผาไหม้แล้วเชื้อเพลิงที่อยู่ในรูปก๊าซบริเวณผนังกระบอกสูบซึ่งไม่ถูกเผาไหม้ (อยู่ในลักษณะ Unburned Hydrocarbons) จะถูกปล่อยออกมากับท่อไอเสีย

4. เกิดการรั่วของเชื้อเพลิงที่ปลายหัวฉีดทำให้น้ำมันไม่เป็นฝอยละเอียด

5. เพลิงที่ความดันต่ำการเผาไหม้จึงไม่สมบูรณ์เกิดควันดำและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ต่ำ

ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเกิดพิษ

1. รูปร่างห้องเผาไหม้ การออกแบบที่ดีจะช่วยให้เกิดการหมุนวนของอากาศในห้องเผาไหม้เพื่อให้อากาศและเชื้อเพลิงผสมกันได้ดีขึ้น เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

2. ปริมาณของอากาศที่ถูกดูดเข้ามาในกระบอกสูบมากหรือน้อยมีผลต่อความดันและอุณหภูมิของอากาศในกระบอกสูบ รวมทั้งประสิทธิภาพการเผาไหม้ด้วย

3. สภาพของอากาศ ความชื้นและอุณหภูมิของอากาศที่ถูกดูดเข้ากระบอกสูบมีผลต่อการเกิดมลภาวะ

4. การมีเชื้อเพลิงตกค้างในห้องเผาไหม้(Residual fuel)

5. อัตราส่วนของเชื้อเพลิงต่ออากาศ สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล การเร่งทันทีทันใดจะทำให้ส่วนผสมของเชื้อเพลิงต่ออากาศเข้มข้นกว่าปกติ เป็นเหตุทำให้เกิดควันดำมากขึ้นเนื่องจากอากาศถูกดูดเข้าไม่ทัน การฉีดเชื้อเพลิงจึงต้องมีขีดจำกัดเพื่อควบคุมปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และออกไซด์ของไนโตรเจนไม่ให้เกิดมากขึ้น

6. สภาพเครื่องยนต์ การสึกกร่อนหรือการชำรุดของแหวน ลูกสูบ วาล์วและอื่นๆทำให้อุณหภูมิและความดันในกระบอกสูบไม่พอเหมาะต่อการเผาไหม้ที่ดี หรือทำให้อัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงคลาดเคลื่อนไปมาก

น้ำมันดีเซล

เป็นองค์ประกอบของสารไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอนอะตอม ตั้งแต่ C_{12} C_{14} มาจากสายของ **Gas Oils** ผสมกับสาย **Kerosine** มีจุดเดือดอยู่ในช่วง 180-360^0**C** มีความหนาแน่นประมาณ 0.84 มีความร้อนจำเพาะ (Calorific Value) ประมาณ 42 **MJ/kg** มีค่า **Cetane number** ประมาณ 45-47 (ค่า Cetane number หมายถึง ตำแหน่งการระเบิดที่เทียบเท่าน้ำมันที่เป็นอัตราส่วนผสม (%) ของ **Cetane** ($C_{16}H_{34}$) กับ **alpha-methyl-naphthalene** ($C_{11}H_{10}$))

ตารางที่ 2.1 ข้อกำหนดของน้ำมันดีเซลตามประกาศกระทรวงพาณิชย์

ชนิด	HSD	LSD	วิธีทดสอบ
ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	อัตราสูงต่ำ	
1.ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ15.6/15.6 ^{0}C (Specific Gravity at15.6/15.6 ^{0}C)	0.81-0.87	**Max** 0.920	**ASTM D**1298
2.จำนวนซีเทน (Cetane Number) หรือดัชนีซีเทน (Calculated Cetane Numer)	**min** 47	**min** 45	**ASTM D**613
3. ความหนืดเซนติสโตกส์ (Viscosity,cSt)	**min** 47	**min** 45	
ณ อุณหภูมิ 40 ^{0}C (at40 ^{0}C)	1.8-4.1	**max** 8.0	
ณ อุณหภูมิ 50 ^{0}C (at50 ^{0}C)		**max** 6.0	
4.จุดไหลเท ^{0}C (Pour Point, ^{0}C)	**max** 10	**max** 16	**ASTM D**97
5.ธาตุกำมะถัน ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulphur Content,%wt) ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2542	**max** 0.25	**max** 105	**ASTM D**129หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า
6.การกัดกร่อนแผ่นทองแดง หมายเลข (Copper Strip Corrosion,Number)	max1		
7.กากถ่าน ร้อยละโดยน้ำหนัก (Carbon Residue,%wt)	**max** 0.05		**ASTM D**2709
8.น้ำและตะกอน ร้อยละโดยปริมาตร (Water and Sediment, % vol)	**max** 0.05	**max** 0.03	**ASTM D** 428
9.เถ้า ร้อยละโดยน้ำหนัก(Ash,%wt)	**max** 0.01	**max** 0.02	**ASTM D** 93
10.จุดวาบไฟ ^{0}C (Flash Point, ^{0}C)	**min** 52	**min** 52	
11.การกลั่น (Distillation, ^{0}C) อุณหภูมิของส่วนที่กลั่นได้โดยปริมาตรในอัตรา 90% (90%recovered , ^{0}C)	**max** 357		**ASTM D** 1500
12.สี (Color)			
13.มีสารเติมแต่ง (Detergent Additive) ซึ่งมีคุณสมบัติในการทำความสะอาดหัวฉีด	**max** 4	4.5-7.5	

ที่มา: กองน้ำมันเชื้อเพลิง กระทรวงพานิชย์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับ การใช้ก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซออกซิเจนที่ได้จากกระบวนการแยกสลายน้ำด้วยไฟฟ้าร่วมกับไอดีในเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อการลดการใช้น้ำมันมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรียงตามลำดับดังนี้

ดอปเบอร์และวัตสัน (Dober and Watson . 2007 : 22) ทำการพัฒนาระบบจุดระเบิดสำหรับเครื่องยนต์ใช้ก๊าซธรรมชาติ โดยใช้ก๊าซไฮโดรเจน 1% ของเชื้อเพลิงทั้งหมดฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้เพื่อช่วยในการจุดระเบิด และตั้งชื่อระบบจุดระเบิดแบบใหม่ว่า **Hydrogen Assisted Jet Ignition** หรือ **HAJI** ผลการทดสอบกับเครื่องยนต์สูบเดียว ที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อเปิดสูงสุด พบว่าการใช้ก๊าซไฮโดรเจนช่วยในการจุดระเบิดส่งผลให้ปริมาณสารมลพิษจำพวกออกไซด์ของไนโตรเจน และคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลง ในขณะที่ไฮโดรคาร์บอนมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้ยังพบว่าช่วยให้ช่วงเวลาในการเผาไหม้ลดลง

รายู, ราเมศ และนากาลินกัม (Ramesh, A. and Nagalingam, B. 2000 : 45) ศึกษาผลกระทบของเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติจากการใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริม ที่สภาวะอัตราส่วนของเชื้อเพลิงต่ออากาศเจือจาง ทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ 1 สูบ ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อเปิดสูงสุด ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ใช้ 5.6% 11.4% และ 24.1% โดยปริมาตร

ผลการทดสอบ พบว่า การใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริมช่วยให้ช่วงเวลาในการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ลดลง และเครื่องยนต์สามารถทำงานที่สภาวะอัตราส่วนสมมูลของเชื้อเพลิงต่ออากาศเจือจางมากขึ้น โดยสามารถทำงานได้จนถึง **Equivalence Ratio** เท่ากับ 0.28 ที่ปริมาณก๊าซไฮโดรเจน 24.1% และการทำงานของเครื่องยนต์ที่สภาวะอัตราส่วนของเชื้อเพลิงต่ออากาศเจือจางส่งผลให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอนและออกไซด์ของไนโตรเจนในไอเสียมีค่าลดลง นอกจากนี้การใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริมยังช่วยให้กำลังและประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์สูงขึ้น

วิซซินกิ และคณะ (2001 : 53) ศึกษาการใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริมเพื่อช่วยให้การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติมีเสถียรภาพ เมื่อมีการนำไอเสียย้อนกลับมาผสมกับไอดี โดยทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ 1 สูบ ที่ความเร็ว 1500 และ 2000 รอบต่อนาที แนวทางการศึกษาเกิดจากปัญหาของการนำไอเสียย้อนกลับมาใช้ในการลดปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนในปริมาณที่มาก ทำให้เสถียรภาพการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ลดลง จึงมีแนวคิดในการใช้ก๊าซไฮโดรเจนซึ่งเป็นก๊าซที่มีความเร็วในการเผาไหม้สูงมาเป็นเชื้อเพลิงเสริม เพื่อช่วยรักษาเสถียรภาพของการเผาไหม้

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

เบลและกุ๊ปต้า (Bell, S.R. and Gupta. 1997 : 56) ศึกษาอิทธิพลของการใช้ก๊าซไฮโดรเจนต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ และปริมาณมลพิษ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องยนต์ที่อัตราส่วนของเชื้อเพลิงต่ออากาศเจือจาง ซึ่งทำให้เกิดประสิทธิภาพดีที่สุด และมีปริมาณมลพิษต่ำสุด โดยทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ 2.5 ลิตร 4 สูบ ที่ความเร็วรอบ 2200 รอบต่อนาที ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อเปิด 50% ของลิ้นปีกผีเสื้อเปิดสูงสุด ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ใช้ 5 10 และ 15% โดยปริมาตร

ผลการทดสอบ พบว่า การใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริมช่วยขยาย **Lean Limit** โดยมีค่าต่ำสุดที่ **Equivalence Ratio** เท่ากับ 0.42 และยังช่วยให้ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน และไฮโดรคาร์บอนลดลง โดยปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนมีค่าต่ำที่สุด 0.15 **g/kW-hr** ซึ่งปริมาณไฮโดรคาร์บอนที่ลดลงมีสาเหตุมาจากการแพร่กระจายของเปลวไฟเข้าใกล้ผนังได้มากขึ้น จึงช่วยเผาไหม้ไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ใน **Crevice Volume** และใกล้กับผนังห้องเผาไหม้ได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่ **Equivalence Ratio** 0.75-0.90 การผสมก๊าซไฮโดรเจนกับก๊าซธรรมชาติไม่ส่งผลใด ๆ ต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ แต่ที่ **Equivalence Ratio** เท่ากับ 0.64 การเติมก๊าซไฮโดรเจนกลับส่งผลช่วยให้กำลังของเครื่องยนต์สูงขึ้นประมาณ 47% ที่ปริมาณไฮโดรเจน 15%

ไซเรน และรอสซิล (Sierens, R. and Rosseel, E. 2000 : 12) ศึกษาอิทธิพลต่อประสิทธิภาพและปริมาณมลพิษของการผสมก๊าซไฮโดรเจนกับก๊าซธรรมชาติในปริมาณต่างกัน โดยทำการทดสอบเครื่องยนต์ 8 สูบ ที่ความเร็ว 3800 รอบต่อนาที และตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อเปิดสูงสุด ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ใช้ 10 และ 20%

ผลการทดสอบ พบว่า การใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริมในปริมาณเล็กน้อยมีส่วนช่วยลดปริมาณมลพิษ โดยปริมาณไฮโดรคาร์บอนลดลงมากที่สุดเมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่ **Equivalence Ratio** น้อยกว่า 0.8 และปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนลดลงมากที่สุดเมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่ **Equivalence Ratio** ต่ำกว่า 0.6 นอกจากนี้ พบว่า ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ใช้

โตชิโอะ, คาซูกิ และทัตซูโอะ (Toshio S.,Kazuki, S. and tasuo N. 2000 : 35) ศึกษาคุณลักษณะการเผาไหม้และปริมาณมลพิษของเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติที่ใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริมที่สภาวะการเผาไหม้แบบเจือจาง ทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ 1 สูบ 4 จังหวะ มีอัตราส่วนการอัด 13:1 การจ่ายเชื้อเพลิงก๊าซมีเทนโดยใช้หัวฉีด ฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้โดยตรง ส่วนก๊าซไฮโดรเจนใช้การผสมกับอากาศเข้าสู่ท่อร่วมไอดี ทุกสภาวะการทดสอบได้บันทึกค่าของความ

ดันในกระบอกสูบ ปริมาณมลพิษและถ่ายภาพการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบด้วยกล้องความเร็วสูงผ่านทางหัวลูกสูบที่ทำจากควอตซ์

ผลการทดสอบพบว่าการใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับก๊าซมีเทนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนและลดปริมาณไฮโดรคาร์บอนในขณะที่ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนมีปริมาณสูงขึ้นเล็กน้อย ส่วนภาพถ่ายแสดงให้เห็นว่าการใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับก๊าซมีเทน ทำให้การแพร่ขยายของเปลวมีพื้นที่มากขึ้นและมีช่วงเวลาในการเผาไหม้ลดลง

Hoekstra, Collier และ Mulligan ทำการศึกษาปริมาณสารมลพิษและช่วงการขยายตัวของ Lean Limit เมื่อใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริม โดยทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ 8 สูบ ที่ความเร็วรอบ 1700 รอบต่อนาที และผลิตกำลังได้ 12.7 กิโลวัตต์ (เป็นการจำลองสภาวะการทำงานของรถบรรทุกขนาดเล็กที่ความเร็ว 69 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (55 ไมล์ต่อชั่วโมง) ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ใช้ 11%, 20%, 28% และ 36% โดยปริมาตร ผลการทดสอบพบว่าการใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริมช่วยขยาย Lean Limit โดยสามารถทำงานได้จนถึง Equivalence Ratio เท่ากับ 0.666 (ไฮโดรเจน 11%) 0.625 (ไฮโดรเจน 20%, 28% และ 36%) นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริมมีส่วนช่วยลดปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน

Larsen และ Wallace ทำการศึกษาผลกระทบต่อประสิทธิภาพและปริมาณสารมลพิษของเครื่องยนต์จากการใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริม โดยทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ 3.1 ลิตร 6 สูบ ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ใช้ 15% โดยปริมาตร ทดสอบที่สภาวะการทำงาน 3 สภาวะ คือ ความเร็วต่ำและภาระการทำงานต่ำ (1200 rpm, 10 Nm), ความเร็วสูงและภาระการทำงานกลาง (2000 rpm, 65 Nm) และความเร็กลางและภาระการทำงานสูง (1500 rpm, 130 Nm) ผลการจากทดสอบพบว่าการใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริมช่วยขยาย Lean Limit ได้จนถึง Equivalence Ratio ประมาณ 0.60 นอกจากนี้พบว่าการใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริมช่วยให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สูงขึ้นโดยปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนมีค่าลดลง 13-32% และไฮโดรคาร์บอนมีค่าลดลง 5-13%

Raman และคณะ สรุปผลการศึกษาการใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริมในก๊าซธรรมชาติ ของบริษัทที่ปรึกษาทางด้านไฮโดรเจน กับมหาวิทยาลัยแห่งรัฐโคโลลาโด โดยแบ่งผลงานวิจัยตามสภาวะการทำงานที่อัตราส่วนของเชื้อเพลิงต่ออากาศที่แตกต่างกันคือ ที่อัตราส่วนของเชื้อเพลิงต่ออากาศเจือจางและพอดี ซึ่งที่อัตราส่วนของเชื้อเพลิงต่ออากาศเจือจาง ทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ 5.7 ลิตร 8 สูบ ที่ความเร็วรอบ 2500 รอบต่อนาที ผลการทดสอบพบว่าการใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริมช่วยขยาย Lean Limit รวมทั้งช่วยให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สูงขึ้น ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนมีค่าลดลงในขณะที่ปริมาณไฮโดรคาร์บอน

เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในส่วนของการทำงานที่อัตราส่วนของเชื้อเพลิงต่ออากาศพอดี ทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ 4 ขนาด ซึ่งติดตั้งแคทาลิติกคอนเวอเตอร์ ผลการทดสอบพบว่า ที่อัตราส่วนของเชื้อเพลิงต่ออากาศพอดียังไม่สามารถบอกให้ทราบถึงประโยชน์ของการใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริมได้อย่างชัดเจน ซึ่งคงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตต่อไป

Swain และ คณะ ศึกษาผลของการใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริมต่อการขยายขอบเขตล่างของอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศที่เครื่องยนต์ยังสามารถทำงานได้ (Lean Limit) และการเพิ่มขึ้นของความเร็วในการแพร่กระจายของเปลวไฟในการเผาไหม้ ทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ 2 ขนาด (Toyota 1.6 ลิตร และ Nissan 2.0 ลิตร) ที่ภาระการทำงานต่ำ ใช้ก๊าซไฮโดรเจนในปริมาณ 20% ผลการทดสอบพบว่าการใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริม ช่วยขยาย Lean Limit จนถึง Equivalence Ratio เท่ากับ 0.54 และสามารถเพิ่มความเร็วในการแพร่กระจายของเปลวไฟ(ประมาณร้อยละ 29) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนเบรคให้สูงขึ้นประมาณ 10-14%

โดยสรุปผลงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีต พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ ปริมาณสารมลพิษ และช่วงการขยายตัวของ Lean Limit จากการใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริม โดยทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติที่ดัดแปลงมาจากเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ที่สภาวะการทำงาน ปริมาณก๊าซไฮโดรเจน และระบบที่ใช้ในการจ่ายและผสมเชื้อเพลิงก๊าซที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาส่วนใหญ่พบว่าการเติมก๊าซไฮโดรเจนในก๊าซธรรมชาติส่งผลให้สมรรถนะของเครื่องยนต์สูงขึ้น ปริมาณสารมลพิษบางชนิดมีค่าลดลง และช่วยขยาย Lean Limit ส่วนการวิจัยเกี่ยวกับการใช้ก๊าซไฮโดรเจนร่วมในเครื่องยนต์ดีเซลน้อย การสร้างเครื่องกำเนิดอีก๊าซมีหลายรูปแบบและวิธีการมีการดำเนินการที่คล้ายกันแม้ว่าการใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริมจะมีประโยชน์มากก็ตาม แต่ก็มีข้อเสียในด้านการเก็บรักษา และที่สำคัญคืออันตรายที่เกิดจากไฟย้อนกลับ (Backfire)

กล่าวได้ว่า การสร้างเครื่องให้กำเนิดก๊าซสามารถทำได้หลายรูปแบบ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างโดยใช้ข้อมูลและข้อคิดเห็นในการสร้างเครื่องกำเนิดอีก๊าซ จากแหล่งข้อมูลของ แพททริค เจ เคลลี่ (Patrick J. Kelly) พลังจิตดอทคอม (Palungjit.com) และวัสดุที่หาง่ายตามท้องตลาดทั่วไป