การวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของการใช้เชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลวในเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับอุตสาหกรรมขุดตักทราย

Engineering Economic Analysis of Using Liquefied Petroleum Gas in Diesel Engine for Sand Digging and Scooping Industry

*นิเวศ จีนะบุญเรือง**
*อิสรา ธีระวัฒน์สกุล***

บทคัดย่อ

ระบบเครื่องยนต์และอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้เชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับอุตสาหกรรมขุดตักทรายคือระบบดูดที่อาศัยการจุดระเบิดด้วยน้ำมันดีเซล โดยก๊าซจะถูกดูดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ผ่านท่อไอดีหลังจากถูกผสมด้วยหม้อต้มดีเซล ในการทดลองจะทำการปรับความเร็วรอบด้วยการเร่งเครื่องยนต์

พบว่าที่จุดต่ำสุดของค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงต่อปริมาตรทรายที่ได้เท่ากับ 16.30 บาทต่อลูกบาศก์เมตร เครื่องยนต์ดูดทรายได้ 37.8 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงรวมต่ำที่สุดเท่ากับ 616.21 บาทต่อชั่วโมง ค่าก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ใช้เท่ากับ 105.33 บาทต่อชั่วโมง คิดเป็นปริมาณก๊าซที่ใช้เท่ากับ 5.39 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ค่าน้ำมันดีเซลที่ใช้เท่ากับ 510.89 บาทต่อชั่วโมง คิดเป็นปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้เท่ากับ 17.7 ลิตรต่อชั่วโมง

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ด้วยค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงที่ลดลง 19.76 บาทต่อลูกบาศก์เมตรจากเดิม 36.06 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ส่งผลให้จุดคุ้มทุนเท่ากับปริมาตรทราย 1,283.37 ลูกบาศก์เมตร และระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 5.8 วัน ดังนั้นการปรับเปลี่ยนระบบเครื่องยนต์ดีเซลเป็นระบบเชื้อเพลิงร่วมระหว่าง น้ำมันดีเซลกับก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับอุตสาหกรรมขุดตักทรายนับว่ามีความ คุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

คำสำคัญ : ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์, เชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลว, เครื่องยนต์ดีเซล, อุตสาหกรรมขุดตักทราย

---

* วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2553) ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

** ปัจจุบันเป็นรองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Abstract

The engine systems and accessories suitable for application of liquefied petroleum gas (LPG) with diesel engines for sand digging and scooping industry is the engine fuel system with LPG and diesel oil fumigation system. The system started its ignition with diesel fuel, and then gas will be attracted into the combustion chamber through the intake pipe after blending with regulator.

The results shown minimum fuel cost per volume of sand were 16.30 baht per cubic meter which produce 37.8 cubic meter of sand per hour. Total fuel costs were 616.21 baht per hour. For liquefied petroleum gas used was 105.33 baht per hour, representing gas used was 5.39 kilograms per hour. For diesel oil used was 510.89 baht per hour, representing diesel oil used was 17.7 liters per hour.

The economic study with new fuel system costs decreased 19.76 baht per cubic meter from 36.06 baht per cubic meter. The break-even volume was 1,283.37 cubic meters of sand. Payback period is equal to 5.8 days, so the modified engine with combined fuel system for sand digging and scooping industry has economic value.

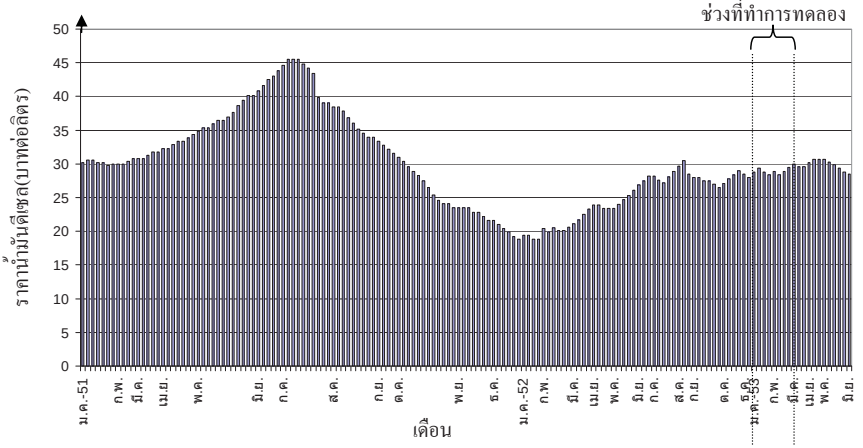
Keyword : Economic value, Liquefied Petroleum Gas, Diesel Engine

เกริ่นนำ

แนวโน้มราคาน้ำมันที่สูงขึ้นส่งผลต่อต้นทุนพลังงานของธุรกิจอุตสาหกรรม ทำให้ความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมจากต้นทุนพลังงานของประเทศลดลงอย่างต่อเนื่อง อุตสาหกรรมเป็นส่วนสำคัญที่ได้รับผลกระทบดังกล่าวเนื่องจากเชื้อเพลิงเป็นปัจจัยนำเข้าหนึ่งที่สำคัญ การพิจารณาพลังงานทดแทนเพื่อลดต้นทุนการผลิตของอุตสาหกรรมจึงทวีความสำคัญขึ้น เครื่องยนต์ในอุตสาหกรรมจำนวนมากที่ใช้เชื้อเพลิง

น้ำมันดีเซล มีการประยุกต์ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas; LPG) ร่วมกับการใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซลหลายประเภท ทำให้เกิดการประหยัดต้นทุนเชื้อเพลิงลงได้ในระดับหนึ่ง

รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงระดับราคาจำหน่ายน้ำมันดีเซลในเขตอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย



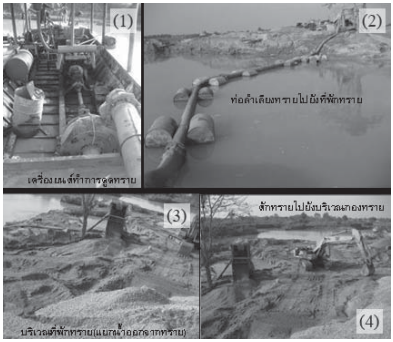
เนื่องจากในระยะยาวแนวโน้มราคาน้ำมันดีเซลที่เพิ่มสูงขึ้น และราคาก๊าซปิโตรเลียมเหลว ยังคงชะลอการปรับขึ้น(ข่าวสด, 2551) เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าในการประยุกต์ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวร่วมกับน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์อุตสาหกรรม และเผยแพร่รูปแบบการปรับแก้เครื่องยนต์ให้สามารถใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องหารูปแบบการประยุกต์ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวร่วมกับน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ อุตสาหกรรมที่เหมาะสม และปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องยนต์ดีเซลดังกล่าวด้วยการทดลองที่มีการควบคุมตัวแปรที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการประหยัดต้นทุนค่าน้ำมัน และวัดผลการประหยัดค่า น้ำมันด้วยผลงานที่ได้ต่อค่าใช้จ่ายพลังงานที่ใช้

ลักษณะการปฏิบัติงานและการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลของอุตสาหกรรมขุดตักทราย

กรณีตัวอย่างกิจการท่าทรายซึ่งใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่บนเรือดูดทราย มีค่าใช้จ่ายน้ำมันดีเซล 2,682.4 บาทต่อวัน (ใช้น้ำมันดีเซล 140 ลิตรต่อวัน คิดด้วยราคาน้ำมันดีเซลเมื่อวันที่ 19 ธันวาคม 2551 ลิตรละ 19.16 บาท) ได้มีแนวคิดที่จะนำเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ในการดูดทราย ณ ท่าทรายของบริษัท บริษัท ได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหานี้ และได้เล็งเห็นว่ามีทฤษฎีและเทคนิคในการแก้ปัญหา ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซปิโตรเลียมเหลว จึงได้ทำการทดลองเพื่อหาสภาพการทำงานที่เหมาะสมในการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับเครื่องยนต์ดีเซลในอุตสาหกรรมขุดตักทราย โดยมุ่งศึกษาเพื่อหารูปแบบการประยุกต์ใช้ระบบเชื้อเพลิงร่วมที่เหมาะสม และทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวร่วมกับน้ำมันดีเซลสำหรับอุตสาหกรรมขุดตักทราย เพื่อให้การประยุกต์ใช้นำมาซึ่งการประหยัดต้นทุนมากยิ่งขึ้น

เครื่องยนต์ดีเซลสำหรับอุตสาหกรรมขุดตักทราย ซึ่งภาระงานขณะเครื่องยนต์ทำการดูดทรายแปรผันไปตามสภาพพื้นทรายใต้น้ำและความลึกขณะทำการดูด การประยุกต์ใช้เชื้อเพลิงร่วมดังกล่าวด้วยระบบดูดที่อาศัยการจุดระเบิดด้วยน้ำมันดีเซล โดยก๊าซจะถูกดูดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ผ่านท่อไอดีหลังจากถูกผสมด้วยหม้อต้มดีเซล ในการทดลองจะทำการปรับความเร็วรอบด้วยการเร่งเครื่องยนต์เป็นระบบที่มีต้นทุนในการติดตั้งอุปกรณ์ต่ำและมีความเหมาะสมกับลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลในอุตสาหกรรมขุดตักทราย

รูปที่ 2 ลักษณะการปฏิบัติงานขณะเครื่องยนต์ทำการดูดทราย



คำอธิบายรูป 1) เครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ในการทดลอง, 2) ท่อลำเลียงจายไปยังที่พักทราย 3) บริเวณที่พักและแยกทรายกับน้ำออกจากกัน, 4) บริเวณที่ทำการตักทรายไปยังบริเวณกองทราย

การปรับระบบการทำงานของเครื่องยนต์

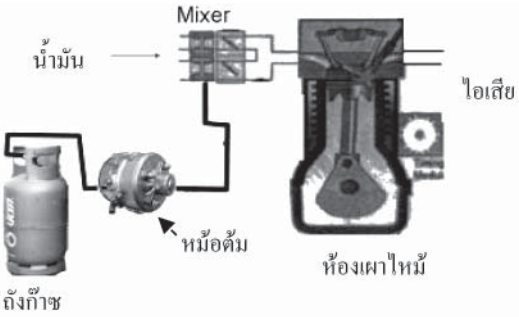
ระบบการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายในที่อาศัยการจุดระเบิดจากการฉีดไอน้ำมันเข้าไปในห้องเผาไหม้ที่ถูกอัดจนมีอุณหภูมิสูง การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อปรับระบบการจ่ายเชื้อเพลิงทางเลือกอื่นๆ ร่วมกับเชื้อเพลิงดีเซล (Diesel Dual Fuel System: DDF) โดยไม่ต้องมีการดัดแปลงเครื่องยนต์ สามารถแบ่งตามระบบการจ่ายเชื้อเพลิงร่วมได้ดังนี้

ระบบดูด (Fumigation System) เป็นระบบที่จ่ายเชื้อเพลิงร่วมโดยใช้แรงดูดของเครื่องยนต์ในการดูดเชื้อเพลิงทางเลือกเข้าไปในเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อใช้ในการเผาไหม้ร่วมกับเชื้อเพลิงดีเซลเดิม

ระบบฉีด (Injection System) เป็นระบบที่จ่ายเชื้อเพลิงร่วมโดยการใช้หัวฉีดและ กล่องควบคุม (Electronic Control Unit: ECU) ในการควบคุมปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงทางเลือก เข้าไปในเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อใช้ในการเผาไหม้ร่วมกับเชื้อเพลิงดีเซลเดิม

ระบบเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมระหว่างก๊าซปิโตรเลียมเหลว กับน้ำมันดีเซลที่ใช้ในการทดลองมีลักษณะการทำงานเป็นระบบดูด ที่อาศัยการจุดระเบิดด้วยน้ำมันดีเซล และก๊าซจะถูกดูดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ผ่านท่อไอดี หลังจากผ่านการผสมด้วยหม้อต้มดีเซล เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลองเป็นเครื่องยนต์ดีเซล 8 สูบ 350 แรงม้า ด้วยการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อปรับระบบการทำงานของเครื่องยนต์ให้สามารถใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวร่วมกับน้ำมันดีเซลประกอบด้วยหม้อต้ม (Regulator & Vaporizer) และถังก๊าซปิโตรเลียมเหลว ขนาดบรรจุ 15 กิโลกรัม ที่ได้รับมาตรฐานอุตสาหกรรม ดังแสดงในรูปที่ 3 และรูปที่ 4

รูปที่ 3 ไดอะแกรมการทำงานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วม



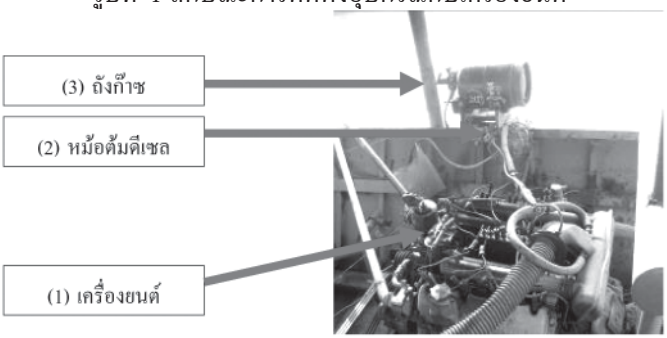
รายละเอียดอุปกรณ์และลักษณะการติดตั้งแสดงในรูปที่ 4

(1) เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลองเป็นเครื่องยนต์ดีเซล 8 สูบ 350 แรงม้า

(2) หม้อต้มดีเซล เป็นหม้อต้มสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล จะต่างกับหม้อต้มของเครื่องยนต์เบนซิน หม้อต้มดีเซลจะจ่ายก๊าซสัมพันธ์กับกล่องควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิง โดยอัตราเฉลี่ยของการจ่ายก๊าซของเครื่องยนต์ดีเซลจะอยู่ที่ 8-18% ซึ่งหม้อต้มเบนซินจะจ่ายก๊าซ 100% หม้อต้ม (Regulator & Vaporizer) จะทำหน้าที่ ลดและควบคุมแรงดันก๊าซ ที่ส่งมาจากถัง (ซึ่งปกติจะมีแรงดันประมาณ 150 - 200 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และมีสถานะเป็นของเหลว) ให้เหลือ ประมาณ 10 - 20 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว แล้วเปลี่ยนสถานะของก๊าซที่เป็นของเหลวให้เป็นไอโดยสมบูรณ์ เพื่อส่งให้เครื่องยนต์ใช้งานได้อย่างปลอดภัย

(3) ถังก๊าซปิโตรเลียมเหลว ขนาดบรรจุ 15 กิโลกรัม ที่ได้รับมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.)

รูปที่ 4 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์กับเครื่องยนต์

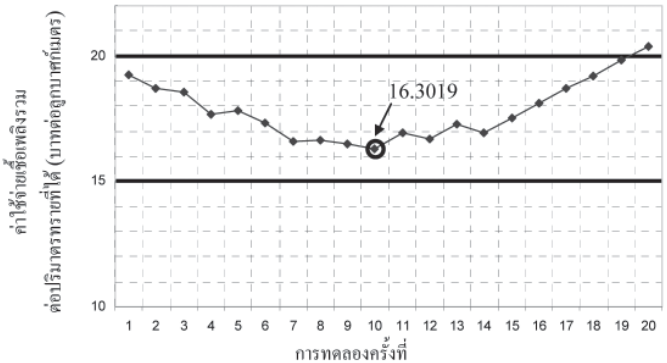


ผลการทดลอง

จากการศึกษาค้นคว้าเพื่อหาระบบเครื่องยนต์และอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้เชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลวในเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับอุตสาหกรรมขุดตักทราย การสอบถามผู้เชี่ยวชาญ และการทดลองเดินเครื่องยนต์หลังจากติดตั้งอุปกรณ์ปรับระบบการทำงานแล้วพบว่า อัตราส่วนของการใช้เชื้อเพลิงระบบผสมระหว่างก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับน้ำมันดีเซลจากการค้นคว้าและยืนยันโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่าสภาวะการทำงานของระบบเชื้อเพลิงร่วมที่เหมาะสมคืออัตราส่วนผสมของก๊าซปิโตรเลียมเหลว 1 กิโลกรัม ต่อน้ำมันดีเซล 3.25 ลิตร

ประสิทธิภาพการประหยัดค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมระหว่างน้ำมันดีเซล กับก๊าซปิโตรเลียมเหลว ที่หาจากค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงรวมหารด้วยปริมาตรทรายที่ได้จากการทำงานของเครื่องยนต์ จากผลการทดลองจำนวน 20 ครั้งพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานกับการอัตราเร็วการทำงานของเครื่องยนต์ในการทดลองแต่ละครั้งแสดงดังรูปที่ 4 พบว่าการทดลองครั้งที่ 10 ให้ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงต่ำที่สุดเท่ากับ 16.30 บาทต่อลูกบาศก์เมตร โดยเครื่องยนต์ดูดทรายได้เท่ากับ 37.8 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ใช้ก๊าซ 5.39 กิโลกรัมต่อชั่วโมงคิดเป็นค่าก๊าซ 105.33 บาทต่อชั่วโมง อ้างอิงจากราคาก๊าซขนาดบรรจุ 15 กิโลกรัม (http://www.pttplc.com , 2553) ใช้น้ำมันดีเซล 17.7 ลิตรต่อชั่วโมงคิดเป็นค่าน้ำมัน 510.89 บาทต่อชั่วโมง (คิดจากราคาน้ำมันดีเซลเฉลี่ยระหว่างเดือน มกราคม 2553 – กุมภาพันธ์ 2553 ที่ 28.85 บาทต่อลิตร) ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงรวมเท่ากับ 616.21 บาทต่อชั่วโมง

รูปที่ 4 ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงรวมต่อปริมาตรทรายที่ได้



ความคุ้มค่าจากการลงทุน

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนโดยการหาค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงรวมต่ำที่สุดต่อปริมาตรทรายที่ได้ ทำการเปรียบเทียบต้นทุนต่อหน่วยที่เกิดขึ้นที่อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงระบบร่วมระหว่างน้ำมันดีเซลกับก๊าซปิโตรเลียมเหลว กับค่าน้ำมันดีเซลต่อปริมาตรทรายที่ได้ของระบบเครื่องยนต์ดีเซลเดิม และใช้ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงต่อปริมาตรทรายที่ลดลงในการหาจุดคุ้มทุน

พบว่าค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงต่อปริมาตรทรายที่ลดลงจากค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงของระบบเครื่องยนต์ดีเซลเดิมก่อนปรับปรุงที่ราคาน้ำมันดีเซลเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 28.85 บาทต่อลิตร เมื่อคิดเป็นต้นทุนค่าน้ำมันจะได้เท่ากับ 7,212.5 บาทต่อวัน (ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของเครื่องยนต์ที่ติดตั้งบนเรือดูดทรายเฉลี่ย 250 ลิตรต่อวัน) คิดต่อปริมาตรทรายที่ได้ 200 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน คิดเป็นค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง 36.06 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ทำให้ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงต่อปริมาตรทรายที่ได้ ลดลงจากการปรับระบบเครื่องยนต์เท่ากับ 19.48 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

การติดตั้งอุปกรณ์มีค่าใช้จ่ายรวม 25,000 บาท (หม้อต้มดีเซล ราคา 15,000 บาท, ชุดระบบควบคุม ราคา 3,000 บาท, ขายึดติดกับเรือ 2,000 บาท, ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งทดลองใช้งาน 5,000 บาท) มีเงินสดรับสุทธิ 771,025 บาทต่อปี ระยะเวลาการลงทุนโครงการ 5 ปี ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงระบบร่วมเปรียบเทียบกับก่อนปรับปรุงลดลง 19.48 บาทต่อลูกบาศก์เมตร เครื่องยนต์ดูดทรายได้ปริมาตร 220.5 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ทำให้จุดคุ้มทุนเท่ากับปริมาตรทราย 1,283.37 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน 5.8 วัน นับว่าการลงทุนติดตั้งอุปกรณ์เพื่อปรับระบบการทำงานของเครื่องยนต์ให้สามารถใช้เชื้อเพลิงร่วมระหว่างก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับน้ำมันดีเซลมีความคุ้มค่าในการลงทุน สามารถทำให้ผู้ประกอบการประหยัดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับก่อนปรับปรุงลดลงได้ถึงร้อยละ 54.02

แนวทางการประยุกต์ใช้ระบบเชื้อเพลิงร่วมกับเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับกิจการขุดตักทราย

ในการเลือกระบบและอุปกรณ์เพื่อปรับระบบเครื่องยนต์ดีเซลนั้นเนื่องจากลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์ในขณะทำการดูดทรายใช้ความเร็วรอบที่สม่ำเสมอจึงไม่มีความจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ หรือใช้เทคนิคการควบคุมการจ่ายก๊าซที่ซับซ้อน เพียงดัดแปลงให้สามารถใช้เชื้อเพลิงร่วมระหว่างก๊าซกับน้ำมันดีเซลได้ อีกทั้งการดัดแปลงระบบเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อให้ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวได้ส่วนใหญ่จะติดตั้งกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) ซึ่งไม่มีความจำเป็นสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้บนเรือดูดทราย เนื่องจากการลงทุนที่ต่ำและผลที่มีต่อต้นทุนค่าเชื้อเพลิงที่ลดลงคิดเป็นร้อยละ 54.02 จึงสามารถช่วยให้ผู้ประกอบการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้เป็นอย่างดี ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงและแก้ไขปัญหาเพื่อให้เกิดประโยชน์จากการประยุกต์ใช้เชื้อเพลิงระบบร่วมดังกล่าวจากการทดลองใช้จริงของผู้ประกอบการในกิจการขุดตักทรายที่ให้ความกรุณาเอื้อเฟื้อข้อมูล ตลอดจนการดำเนินการทดลองดังนี้

(1) ขณะทำการทดลองมีตัวแปรที่ส่งผลต่อความแปรปรวนของข้อมูลผลทดลองที่ควรควบคุม เพื่อลดความผิดพลาดของผลการทดลองคือ ความลึกขณะทำการดูดทราย ปริมาตรทรายที่ได้โดยเฉลี่ยที่มีผลมาจากลักษณะพื้นผิวทรายใต้น้ำ

(2) ควรติดตามต้นทุนค่าเชื้อเพลิงทั้งน้ำมันดีเซล และก๊าซปิโตรเลียมเหลวอย่างต่อเนื่องเพื่อใช้ตัดสินใจในการวิเคราะห์หาวิธีการประหยัดค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงที่ดีขึ้น

(3) ข้อมูลจากผลการทดลองพบว่าเมื่อเร่งอัตราเร็วของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นแนวโน้มของปริมาตรทรายที่ได้มีอัตราการเพิ่มขึ้นที่น้อยลง เนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่หน้าตัดของท่อดูดทราย อาจทำการออกแบบขนาดหน้าตัดของท่อดูดทรายที่ส่งผลต่อการประหยัดค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น

(4) ระบบอุปกรณ์ที่ติดตั้งไม่มีอุปกรณ์ควบคุมอัตราส่วนผสมน้ำมันกับก๊าซดังนั้น ควรระมัดระวังการเร่งอัตราเร็วในการทำงานของเครื่องยนต์ซึ่งจะส่งผลให้เครื่องยนต์น็อก หรือลูกสูบแตก

รายการอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2550). **หลักเกณฑ์การวิเคราะห์ ค่าผลตอบแทนทางการเงินและทางเศรษฐศาสตร์.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www2.dede.go.th/webpage/tools.htm หัวข้อ เครื่องมือในการประเมินโครงการ (14 เมษายน 2553)

ข่าวสด. (2551). **"เศรษฐกิจรอบสัปดาห์"**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มาhttps://news.myfirstinfo.com/viewnews.asp?newsid=1654189&keyword=ก๊าซ (7 ธันวาคม 2551)

บริษัท ปตท. จำกัด(มหาชน), **ราคาขายก๊าซ LPG** ,[ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.mthai.com/external.php?url=http://www.pttplc.com/th/nc_oi.aspx , 2553

บริษัท ปตท. จำกัด(มหาชน), **ราคาขายน้ำมัน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย** ,[ระบบออนไลน์], แหล่งที่มาhttp://www.mthai.com/external.php?url=http://www.pttplc.com/th/nc_oi.aspx , 2553