บทความวิจัย

การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานโดยการจัดตารางแบบฮิวริสติกพลวัตในการจ่ายน้ำมันของคลังน้ำมัน

ศุภณัฐ สีทา อังศุมาลิน เสนจันทร์ฒิไชย และ วรโชค ไชยวงศ์*
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08 5119 0099 อีเมล: worachok.c@chula.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2023.12.002
รับเมื่อ 15 พฤศจิกายน 2564 แก้ไขเมื่อ 17 มีนาคม 2565 ตอบรับเมื่อ 10 พฤษภาคม 2565 เผยแพร่ออนไลน์ 4 ธันวาคม 2566
© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานโดยการจัดตารางการเติมน้ำมันให้กับรถบรรทุกน้ำมันที่เข้ามารับน้ำมันในคลังน้ำมันกรณีศึกษา โดยการจัดตารางการรับน้ำมันจะคำนึงถึงความสำคัญของปั๊มมากกว่าคำสั่งซื้อน้ำมัน และคำสั่งซื้อที่ถูกจัดตารางเป็นคำสั่งซื้อที่สามารถรับน้ำมันได้หลายชนิดในเวลาเดียวกัน ประกอบกับการใช้งานปั๊มที่ปั๊มแต่ละตัวสามารถจ่ายน้ำมันให้กับรถบรรทุกน้ำมัน 2–5 คัน พร้อมๆ กัน ซึ่งกระบวนการจัดตารางจะเป็นแบบฮิวริสติกพลวัต (Dynamic Heuristic) โดยอาศัยกฎ Least Operation Remaining และ Largest Total Processing Time ในการจัดลำดับความสำคัญของใบคำสั่งซื้อ และการจัดตารางเวลาที่คำนึงถึงจำนวนหัวจ่ายที่ถูกใช้งาน งานที่เหลืออยู่ในระบบและการใช้พลังงานของปั๊มที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา จากการจัดตารางด้วยฮิวริสติกพลวัตทั้งหมด 2 วิธี พบว่า ค่าพลังงานที่ใช้ต่อปริมาณน้ำมัน 1 ลิตร ลดลงร้อยละ 42 จากการใช้พลังงานเฉลี่ยเดิม 0.42 วัตต์ชั่วโมงต่อลิตร เหลือเพียง 0.24 วัตต์ชั่วโมงต่อลิตร มีผลให้ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเฉลี่ยของปั๊มเป็นจำนวนเงิน 199,006.25 บาทต่อเดือน ทั้งนี้การจัดตารางดังกล่าวดำเนินการภายใต้กระบวนการจัดตารางที่รู้จำนวนงานล่วงหน้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนงานระหว่างการจัดตารางที่ถูกออกแบบโดยการคำนึงถึงลักษณะทางกายภาพของคลังน้ำมันเป็นหลัก

คำสำคัญ: การจัดตารางการผลิต การจัดตารางการผลิตโดยวิธีฮิวริสติก การจัดตารางการผลิตพลวัต การปรับปรุงพลังงาน

การอ้างอิงบทความ: ศุภณัฐ สีทา, อังศุมาลิน เสนจันทร์ฒิไชย และ วรโชค ไชยวงศ์, "การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานโดยการจัดตารางแบบฮิวริสติกพลวัตในการจ่ายน้ำมันของคลังน้ำมัน," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 34, ฉบับที่ 1, หน้า 1–15, เลขที่บทความ 241-065618, ม.ค.–มี.ค. 2567.

วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 34 ฉบับที่ 1 ม.ค.–มี.ค. 2567
The Journal of KMUTNB., Vol. 34, No. 1, Jan.–Mar. 2024

Research Article

Energy Efficiency Improvement by Dynamic Heuristic Scheduling in the Fuel Distribution Process of the Fuel Depot

Supanut Sitha Angsumalin Senjuntichai and Worachok Chaiwong*
Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08 5119 0099, E–mail: worachok.c@chula.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2023.12.002
Received 15 November 2021; Revised 17 March 2022; Accepted 10 May 2022; Published online: 4 December 2023
© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

This research demonstrates the improvement of energy efficiency by scheduling incoming trucks for at the filling stations in case studies. Filling-fuel scheduling is considered based on the pump's usage rather than the fuel's order. The orders consist of more than one fuel types, with different fuel volumes, the pump can handle 2–5 nozzles at the same time. The Dynamic Heuristic Scheduling is proposed based on the Least Operation Remaining and Largest Total Processing Time rules to prioritize fuel order and energy factors, used-fuel nozzle quantities, and work remaining in the system, which are changing all the time. With two dynamic heuristic methods, the energy for one-liter fuel was reduced by 42%, from 0.42 watt-hours per liter to 0. 24 watt-hours per liter. This resulted in pump energy cost reduction of 199,006.25 Baht per month on average. The scheduling technique is based on a stable ordering process in which there is no change in work quantities and orders during the scheduling. This method is designed by taking into account the physical characteristics of the fuel depot.

Keywords: Scheduling, Heuristic Scheduling, Dynamic Scheduling, Energy Improvement

Please cite this article as: S. Sitha, A. Senjuntichai, and W. Chaiwong, "Energy efficiency improvement by dynamic heuristic scheduling in the fuel distribution process of the fuel depot," *The Journal of KMUTNB*, vol. 34, no. 1, pp. 1–15, ID. 241-065618, Jan.–Mar. 2024 (in Thai).

1. บทนำ

ในการดำเนินธุรกิจ การตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าเป็นสิ่งสำคัญพร้อมด้วยคุณภาพ ต้นทุน และเวลา นั่นหมายถึงผู้ประกอบการต้องผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพได้ตามมาตรฐาน ด้วยต้นทุนต่ำสุด และใช้เวลาน้อยที่สุด สำหรับธุรกิจการจำหน่ายน้ำมัน นอกจากการเก็บรักษาน้ำมันให้มีคุณภาพที่ดีแล้ว คลังน้ำมันมีหน้าที่ในการบริหารต้นทุนและเวลาในการจ่ายน้ำมันให้กับลูกค้า ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งขององค์ประกอบที่ส่งผลต่อภาพรวมในการสร้างข้อได้เปรียบเหนือคู่แข่งได้ ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการจ่ายน้ำมันมีสาเหตุจากการขาดการบริหารการจัดการที่ดี ขาดความรู้ความเข้าใจในวิธีการแก้ปัญหา ความสูญเปล่าที่กระจัดกระจายอยู่ในกิจกรรมต่างๆ ซึ่งส่งผลให้เกิดเวลาในกระบวนการจ่ายน้ำมันยาวนาน ดังนั้นการบริหารจัดการโดยการระบุความสูญเปล่ารวมถึงการปรับปรุงกระบวนการทำงานเป็นสิ่งสำคัญในการดำเนินธุรกิจที่ยั่งยืน

คลังน้ำมันกรณีศึกษาเป็นคลังน้ำมันที่มีปริมาณการจำหน่ายน้ำมันสูงที่สุดในประเทศไทย มีรถบรรทุกเข้ามารับบริการจำนวนมาก เปิดดำเนินการทุกวัน ตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งมีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานสูงสุดในการจ่ายน้ำมัน คือ ปั๊มที่สูบน้ำมันจากถังเก็บน้ำมันมาเติมให้กับรถบรรทุกของลูกค้า โดยปั๊มแต่ละตัวมีการใช้งาน ขนาด และการใช้พลังงานไฟฟ้าแตกต่างกัน ปั๊มหนึ่งตัวสามารถใช้งานได้กับหัวจ่ายน้ำมัน 2–5 หัวจ่าย การใช้งานปั๊มที่มีประสิทธิภาพคือใช้หัวจ่ายทุกหัวจ่ายของปั๊มนั้นๆ พร้อมกัน ในปัจจุบันลูกค้าสามารถสั่งซื้อน้ำมันได้ล่วงหน้าหนึ่งวันทำการก่อนที่จะส่งรถบรรทุกมารับน้ำมันในวันถัดไป ในการเข้ามารับน้ำมันพนักงานขับรถสามารถกำหนดเวลาที่จะเข้ามารับบริการด้วยตนเอง ทำให้บางครั้งมีรถบรรทุกเข้ามารับบริการมากกว่าความสามารถที่คลังน้ำมันให้บริการได้ มีผลให้รถบรรทุกต้องจอดรอและเกิดแถวคอย ประกอบกับการให้พนักงานขับรถสามารถเลือกช่องจ่ายน้ำมันด้วยตนเองโดยอาศัยประสบการณ์และความเคยชิน เนื่องจากการเติมน้ำมันมีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อนและง่ายในการปฏิบัติงาน ส่งผลให้การใช้งานอุปกรณ์หลักในการเติมน้ำมันได้แก่ ปั๊มใช้งานไม่ครบทุกหัวจ่ายหรือไม่เต็มกำลังที่สามารถจ่ายได้ ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน จากข้อมูลในเดือนมีนาคม–พฤษภาคม 2564 พบว่า มีลูกค้าเข้ามารับบริการเฉลี่ย 358 รายต่อวัน โดยลูกค้าแต่ละรายมียอดการสั่งซื้อน้ำมัน 1–6 ชนิด เฉลี่ย 4 ชนิดต่อใบสั่งซื้อ ปริมาณสั่งซื้อเฉลี่ย 9,996,274 ลิตรต่อวัน มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของปั๊มในการจ่ายน้ำมัน 4,204 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน หรือ 12 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อลูกค้า หรือ 0.42 วัตต์ต่อลิตร จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า มีรถบรรทุกเข้ามารับบริการกระจายตลอดวันตั้งแต่ 0.00–24.00 น. ของแต่ละวัน จะเห็นได้จากรูปที่ 1 ซึ่งเป็นการเติมน้ำมันโดยรถบรรทุกน้ำมันของลูกค้าในวันที่ 21 มีนาคม 2564 ตั้งแต่เวลา 0.00–3.00 น. จำนวน 69 คัน โดยตัวเลขที่แสดงในกราฟแท่งสีเขียวคือหมายเลขลูกค้าที่ทำการสั่งซื้อเข้ามาในวันดังกล่าวตามลำดับเวลาการสั่งซื้อ แสดงให้เห็นว่าลูกค้าที่สั่งซื้อเข้ามาไม่ว่าจะเป็นลำดับก่อนหรือหลัง หากคำสั่งซื้อยืนยันแล้วจากฝ่ายบัญชี จะสามารถเข้ามาเติมน้ำมันได้ทันที ดังนั้นในสถานการณ์ปัจจุบันลูกค้าสามารถเลือกเวลาที่จะเข้าเติมน้ำมันที่โรงจ่ายด้วยตนเอง มีผลให้ระยะเวลาการทำงานรวม (Makespan) มากและการใช้งานหัวจ่ายไม่พร้อมเพรียงกัน ส่งผลให้การใช้งานปั๊มไม่เต็มประสิทธิภาพ เช่น อุปกรณ์ปั๊มของน้ำมันดีเซล 1 ตัว สามารถจ่ายให้หัวจ่ายที่โรงจ่ายได้ 5 หัวจ่าย หากมีการใช้งาน 1 หัวจ่าย ใช้กำลังไฟฟ้า 89.84 กิโลวัตต์ แต่ถ้ามีการใช้งานหัวจ่ายครบ 5 หัวจ่ายพร้อมกัน จะใช้กำลังไฟฟ้า 101.07 กิโลวัตต์ ซึ่งจะสังเกตได้ว่ามีการใช้กำลังไฟฟ้าต่างกันเพียง 11.23 กิโลวัตต์ แต่สามารถเติมน้ำมันให้ลูกค้า 5 รายพร้อมกัน ทำให้เวลาการเปิดใช้งานอุปกรณ์ปั๊มดังกล่าวลดลง ส่งผลให้การใช้พลังงานลดลง

ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการจัดตารางการเติมน้ำมันของรถบรรทุกให้กับคลังน้ำมันกรณีศึกษาเพื่อให้เกิดการใช้งานปั๊มแต่ละตัวอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เวลาการเข้ามารับบริการ จำนวนแถวคอยและการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 การทบทวนวรรณกรรม

การจัดตารางการทำงานมีหลายวิธี [1], [2] สามารถ

แบ่งกฎการจัดตารางตามความซับซ้อนของวิธีการเป็น 3 กลุ่มหลักๆ ดังนี้

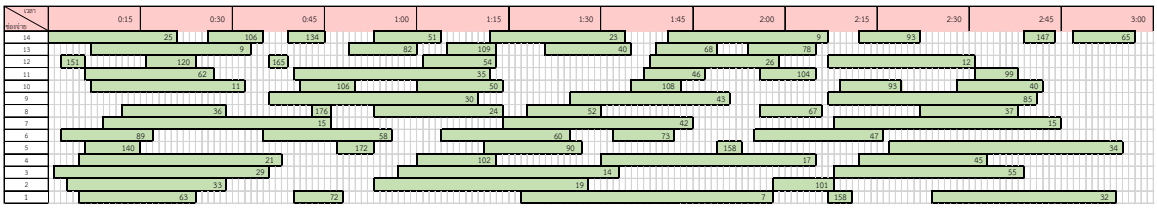
- กฎลำดับความสำคัญอย่างง่าย เช่น First Come First Serve (FCFS), Earliest Due Date (EDD), Shortest Processing Time (SPT), Longest Processing Time (LPT), Minimum Slack Time (MST)
- กฎการจัดตารางเวลาฮิวริสติก (Heuristic) ซึ่งเป็นการประยุกต์กฎโดยพิจารณาจากข้อมูลหรือทางเลือกที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น Look Ahead หรือ Alternate Operation
- กฎอื่นๆ ถูกออกแบบมาเพื่องานนั้นๆ โดยเฉพาะ เช่น กฎที่ออกแบบมาเผื่อเวลาล่าช้าของงาน (Least Job Slack Ratio) หรือ Processing Time Factor สำหรับสายการผลิตที่เครื่องจักรทำงานแบบขนาน

โดยกฎการจ่ายงานดังกล่าวสามารถปรับให้เหมาะสมกับแต่ละสถานการณ์สำหรับการจัดลำดับความสำคัญให้กับงานขนเครื่องจักรได้อีกหลากหลายเป็นจำนวนมากกว่า 100 กฎ [1] นอกเหนือจากนั้นกฎการจ่ายงานยังสามารถแบ่งตามลักษณะของการเปลี่ยนแปลงตามเวลา [2], [3] ได้ 2 ประเภทระหว่าง กฎแบบสถิต (Static Rule) และแบบพลวัต (Dynamic Rule) ที่ลำดับความสำคัญของแต่ละงานไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาและมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ตามลำดับ

เนื่องจากลักษณะงานแต่ละแห่งมีความแตกต่างกันตามโครงสร้างของโรงงาน เครื่องจักร อุปกรณ์ และการดำเนินงาน มีผลให้การจัดตารางการทำงานมีความหลากหลาก ต้องอาศัยกฎในการให้ความสำคัญกับลำดับงานแบบผสม หรือฮิวริสติก ดังจะเห็นได้ในอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง [4] ที่มีการพัฒนาการจัดตารางการผลิตวิธีใหม่ โดยการนำกฎการจ่ายงาน 2 วิธีมาผสมผสานกันสำหรับการให้ความสำคัญกับใบสั่งซื้อ ได้แก่ SPT และ Slack1 โดยงานวิจัยนี้พบว่า การจัดตารางการผลิตโดยวิธีฮิวริสติกแบบผสมผสานเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดสามารถลดจำนวนงานล่าช้าได้ดีที่สุด รวมถึงสามารถลดปริมาณสินค้าคงคลังซึ่งส่งผลให้ต้นทุนรวมลดลง นอกจากนั้นวิธีฮิวริสติกอื่น เช่น Least Operation Remaining (LOPNR) [5] ยังเป็นกฎที่ใช้งานได้ดีที่สุดในการทดลองจัดลำดับความสำคัญของงานในการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Job Shop) อีกด้วย

การใช้วิธีฮิวริสติกยังสามารถประยุกต์ใช้กับวิธีการจัดตารางการผลิตสำหรับการผลิตแบบตามสั่ง ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้กฎอย่างง่ายและกฎฮิวริสติกในอุตสาหกรรมสิ่งทอ [6] เช่น FCFS, EDD, SPT, LPT, MST, EDD+LPT, EDD+MST พบว่า วิธีฮิวริสติกแบบ EDD+LPT มีประสิทธิภาพมากที่สุดโดยมีผลให้จำนวนงานล่าช้าลดลงมากที่สุด ซึ่งข้อสรุปนี้สอดคล้องกับข้อสรุปของสุเทพและคณะ [7] ที่เปรียบเทียบกฎอย่างง่าย กฎฮิวริสติก และกฎฮิวริสติกแบบผสมผสาน (Hybrid Heuristic) ในการแก้ไขปัญหาวิธีการจัดตารางการผลิตสำหรับการผลิตแบบตามสั่ง พบว่า การจัดตารางการผลิตโดยวิธีฮิวริสติกแบบผสมผสานเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพเหมาะกับงานที่มีลักษณะเฉพาะตัว ในขณะที่อณจ และวิสุทธิ์ [8] ทำการศึกษาการจัดตารางการผลิตสำหรับระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น พบว่า วิธีฮิวริสติกให้คำตอบที่ดีในระยะเวลาการประมวลผลสั้นเมื่อเทียบกับคำตอบที่ดีที่สุดจากกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม

เนื่องด้วยงานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อจัดตารางการจ่ายน้ำมันให้กับรถบรรทุกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของปั๊ม ซึ่งเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าหลักของคลังน้ำมันกรณีศึกษา ดังจะเห็นได้ว่าการจัดตารางดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เฉพาะและแตกต่างจากการจัดตารางการผลิตอื่นๆ รวมถึงข้อกำหนดที่แตกต่างจากงานวิจัยอื่น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการใช้กฎฮิวริสติกที่ประกอบด้วยกฎอย่างง่ายมาอย่างง่าย 2 วิธี ได้แก่ LOPNR ซึ่งเป็นกฎที่ให้ความสำคัญกับงานที่มีขั้นตอนการทำงานน้อยที่สุดก่อน และส่งผลให้เวลาโดยเฉลี่ยของงานในระบบต่ำที่สุด และ LTPT (Largest Total Processing Time) เป็นกฎที่ให้ความสำคัญกับงานที่มีเวลาในการทำงานรวมสูงที่สุดก่อนและเป็นกฎที่เหมาะสมกับการจัดตารางการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง [1] ซึ่งตรงกับกระบวนการเติมน้ำมันของคลังน้ำมันกรณีศึกษาที่ต้องการให้ปั๊มใช้งานพร้อมๆ กันอย่างต่อเนื่อง ผสมกับการตัดสินใจแบบพลวัต



รูปที่ 1 แผนผังแสดงการเติมน้ำมันของรถบรรทุกน้ำมันในวันที่ 21 มีนาคม 2564 ตั้งแต่เวลา 0.00–3.00 น.

สำหรับจัดลำดับความสำคัญให้กับปั๊มซึ่งมีการใช้งานที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เพื่อลดการสูญเสียพลังงานที่เกิดจากการใช้งานอุปกรณ์ปั๊ม และคาดหวังว่าการจัดตารางการรับน้ำมันที่นำเสนอจะสามารถลด Makespan ในแต่ละวัน ส่งผลมีความสามารถในการจ่ายน้ำมันในแต่ละวันเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

2.2 ข้อมูลทั่วไปของคลังน้ำมันกรณีศึกษา

คลังน้ำมันกรณีศึกษาเป็นคลังน้ำมันที่รับน้ำมันพื้นฐานจากโรงกลั่นทางภาคตะวันออกทางท่อส่งน้ำมันและจัดเก็บสำรองไว้ในถังสำรอง รวมถึงน้ำมันทางเลือกได้แก่ ไบโอดีเซล (B100) เอทานอล ซึ่งจัดเก็บที่ถังสำรองเช่นกัน โดยการจ่ายน้ำมันให้ลูกค้าจะมีการผสมน้ำมันพื้นฐานกับน้ำมันทางเลือกเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำมัน 6 ชนิดที่พร้อมจำหน่ายได้แก่

1) น้ำมันเบนซินธรรมดาไร้สารตะกั่ว (Unleaded Gasoline; ULG)

2) น้ำมันแก๊สโซฮอล์ อี 11 ออกเทน 91 (GSH91)

3) น้ำมันแก๊สโซฮอล์ อี 11 ออกเทน 95 (GSH95)

4) น้ำมันแก๊สโซฮอล์ อี 85 (E85)

5) น้ำมันแก๊สโซฮอล์ อี 20 (E20)

6) น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา (HSD B7, B10, B20)

โดยน้ำมันจะถูกจ่ายให้กับรถบรรทุกน้ำมัน ภายในโรงจ่ายน้ำมันที่มีช่องให้บริการทั้งหมด 14 ช่อง มีจำนวนหัวจ่ายรวม 47 หัวจ่าย ประกอบด้วยหัวจ่ายน้ำมัน ULG, GSH91, GSH95, E85, E20 และ HSD จำนวน 4, 9, 6, 3, 5 และ 20 หัวจ่าย ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยที่ช่องจ่ายที่ 1–7, 9 และ 11 สามารถจ่ายน้ำมันพร้อมกันได้ 4 ชนิด และช่องจ่ายที่ 8, 10 และ 12–14 สามารถจ่ายน้ำมันดีเซลได้เพียงชนิดเดียว โดยแต่ละช่องจ่ายสามารถจ่ายให้กับรถบรรทุก 1 คันต่อการเติม 1 รอบ

การจ่ายน้ำมันที่โรงจ่ายจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ปั๊มเพื่อสูบน้ำมันพื้นฐานออกจากถังเก็บเพื่อจ่ายให้กับรถบรรทุกน้ำมัน โดยปั๊มที่ใช้ในการจ่ายน้ำมันพื้นฐานแต่ละชนิดจะมีขนาด จำนวน ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวมถึงจำนวนหัวจ่ายของน้ำมันแต่ละชนิด ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยที่น้ำมันเบนซินพื้นฐานชนิดที่ 2 (G-Base2) ใช้ในการจ่ายน้ำมัน 2 ชนิด ได้แก่ GSH95 และ E20 คลังน้ำมันกรณีตัวอย่างเปิดบริการทุกวันไม่มีวันหยุด จะแบ่งกะการทำงานออกเป็น 3 กะ ทำงานกะละ 8 ชั่วโมง เปิดบริการ 24 ชั่วโมง โดยแต่ละวันจะหยุดจ่ายน้ำมันในช่วงเวลา 23.00–24.00 น. เพื่อทำการบันทึกปริมาณน้ำมันคงคลังประจำวัน และในช่วงเวลา 05.20–06.00 น. เพื่ออัพเดตข้อมูลการเงินสินเชื่อของลูกค้าในระบบ SAP ซึ่งจะทำให้เหลือเวลาทำงานจริงๆ 22 ชั่วโมง 20 นาที โดยจะมีกำลังการจ่ายน้ำมันสูงสุดรวม 18.5 ล้านลิตรต่อวัน แบ่งเป็นกำลังการจ่ายน้ำมันสูงสุดสำหรับ HSD, GSH91, GSH95, E20, ULG, E85 จำนวน 8.16, 3.43, 2.29, 2.08, 1.42 และ 1.3 ล้านลิตรต่อวัน ตามลำดับ

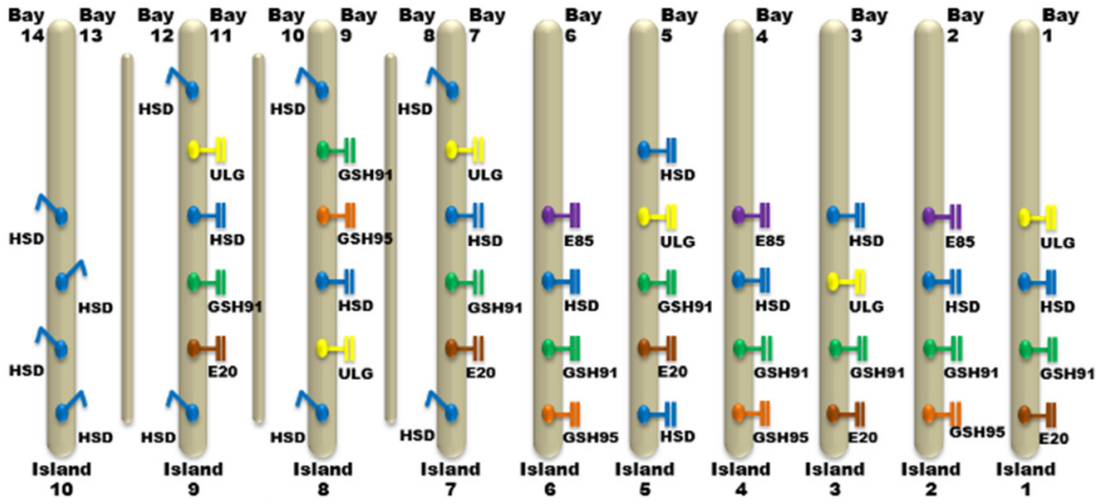
จากข้อมูลลักษณะโรงจ่ายน้ำมัน รูปแบบชนิดน้ำมันในแต่ละช่องจ่าย ลักษณะการปฏิบัติงาน ข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ปั๊ม และกำลังการจ่ายน้ำมันสูงสุดที่กล่าวมาในข้างต้นจะเป็นเงื่อนไขที่ใช้สำหรับกระบวนการจัดตารางการจ่ายน้ำมัน ซึ่งยังเป็นข้อจำกัดสำหรับการจัดตารางอีกด้วย

2.3 การจัดลำดับความสำคัญของใบสั่งซื้อ

ด้วยใบคำสั่งซื้อของลูกค้าที่มีการสั่งซื้อน้ำมัน 1, 2,.. ถึง 6 ชนิด ประกอบกับลักษณะของโรงและช่องจ่ายน้ำมัน

ตารางที่ 1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของปั๊มแต่ละชนิด

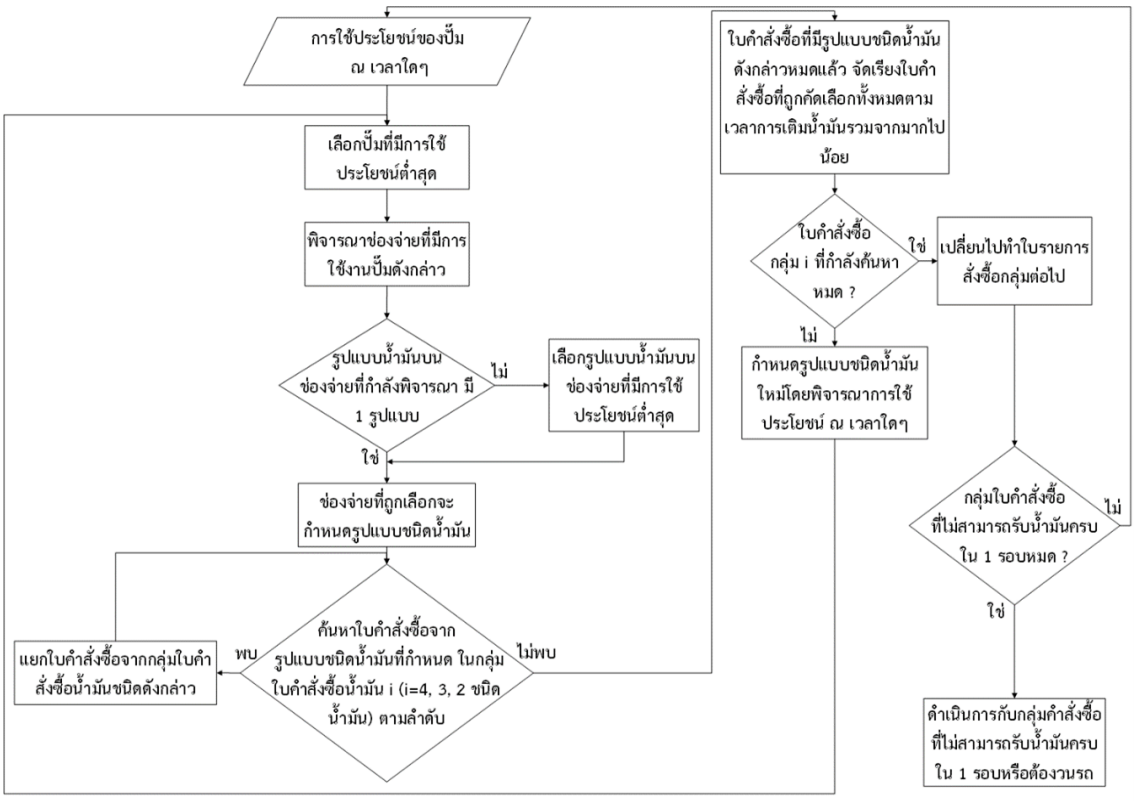
น้ำมัน	HSD		GSH91		G-Base 2		ULG		E85	
ชนาด	315 กิโลวัตต์		52 กิโลวัตต์		55 กิโลวัตต์		52 กิโลวัตต์		52 กิโลวัตต์	
จำนวน	4 ตัว		3 ตัว		3 ตัว		3 ตัว		2 ตัว	
จำนวนหัวจ่ายที่ใช้ได้พร้อมกันสูงสุด	20 (4 ตัว* 5 หัวจ่าย)		9 (3 ตัว* 3 หัวจ่าย)		9 (3 ตัว* 3 หัวจ่าย)		4 (จำนวนสูงสุดที่มีในช่องจ่าย)		3 (จำนวนสูงสุดที่มีในช่องจ่าย)	
จำนวนหัวจ่าย	กระแสที่ใช้ (A)	กำลังไฟฟ้า (kW)	กระแสที่ใช้ (A)	กำลังไฟฟ้า (kW)	กระแสที่ใช้ (A)	กำลังไฟฟ้า (kW)	กระแสที่ใช้ (A)	กำลังไฟฟ้า (kW)	กระแสที่ใช้ (A)	กำลังไฟฟ้า (kW)
1	160	89.84	42	21	42	22.11	42	21	42	21
2	164	92.09	46	23	46	24.21	45	23	45	22.5
3	172	96.58	49	24.5	50	26.32	49	25		
4	177	99.39								
5	180	101.07								



รูปที่ 2 แผนผังโรงจ่ายน้ำมัน

ดังแสดงในรูปที่ 2 จะพบว่า รถบรรทุกของลูกค้าที่มาเติมน้ำมันมี 2 ลักษณะ คือ รถบรรทุกที่มีคำสั่งซื้อน้ำมันไม่เกิน 4 ชนิดสามารถเติมน้ำมันพร้อมกันได้ในรอบเดียวและรถบรรทุกที่มีคำสั่งซื้อน้ำมัน 5–6 ชนิดที่มีความจำเป็นในการเติมน้ำมันสองรอบ ดังนั้นจากกฎการจัดตารางด้วยวิธี LOPNR มีความสอดคล้องกับปัญหา คือ ต้องการให้ความสำคัญกับใบคำสั่งซื้อที่ไม่ต้องวนรถก่อน จึงให้ลำดับความสำคัญกับรถบรรทุกที่มีคำสั่งซื้อน้ำมันไม่เกิน 4 ชนิดเข้ารับบริการก่อนรถบรรทุกที่มีคำสั่งซื้อน้ำมันเกิน 4 ชนิด คือ 6 และ 5 ชนิด (ตามลำดับ) โดยในกลุ่มแรกยังแบ่งลำดับความสำคัญเท่าๆ กันออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ รถบรรทุกที่มีคำสั่งซื้อน้ำมัน 1 ชนิด และรถบรรทุกที่มีคำสั่งซื้อน้ำมัน 4, 3 และ 2 ชนิด (ตามลำดับ สำหรับช่องจ่ายที่สามารถจ่ายน้ำมันได้ 4 ชนิด)

การจัดลำดับความสำคัญของใบคำสั่งซื้อในแต่ละกลุ่มของจำนวนชนิดน้ำมัน เช่น 4 ชนิดน้ำมัน 3 ชนิดน้ำมัน เป็นต้น

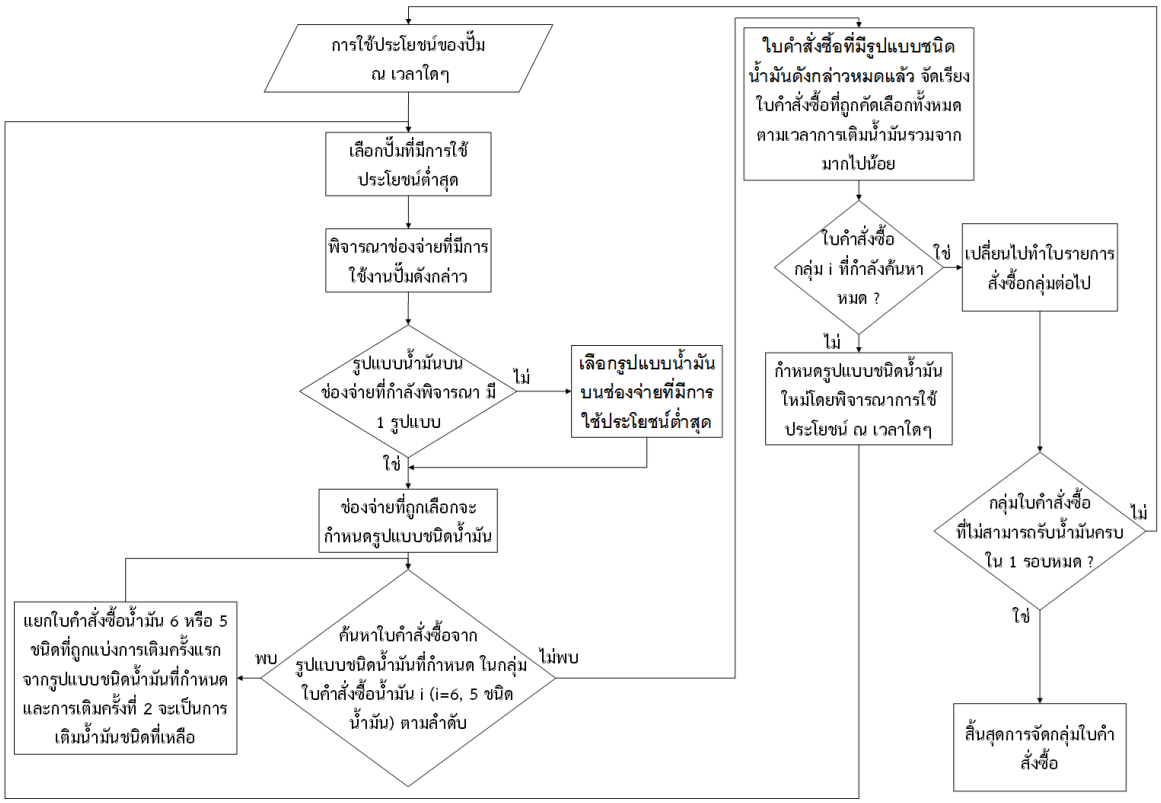


รูปที่ 3 แผนผังการจัดกลุ่มใบคำสั่งซื้อที่สามารถรับน้ำมันครบใน 1 รอบ

อาศัยหลักการใช้อรรถประโยชน์ของปั๊มแต่ละชนิดน้ำมัน ณ เวลาใดๆ ต่ำสุดเพื่อเพิ่มการใช้งานปั๊มของน้ำมันชนิดนั้น เช่น ณ เวลาหนึ่งมีการใช้หัวจ่ายของน้ำมันดีเซล 16 หัวจ่าย แสดงให้เห็นว่าปั๊มของน้ำมันดีเซลมีการใช้อรรถประโยชน์ต่ำ เนื่องจากปั๊มของน้ำมันดีเซลหนึ่งตัวสามารถใช้กับหัวจ่ายจำนวน 5 หัวจ่าย ดังนั้นมีการใช้งานปั๊มของน้ำมันดีเซลเต็มกำลัง 4 ตัวและ 20% จำนวน 1 ตัว เพื่อเพิ่มอรรถประโยชน์ของปั๊มน้ำมันดีเซลจะต้องสำรวจว่ามีช่องจ่ายใดที่มีหัวจ่ายน้ำมันดีเซลว่างอยู่บ้าง โดยช่องจ่ายนั้นๆ จะเป็นตัวกำหนดรูปแบบของชนิดน้ำมันทั้ง 4 ชนิดที่จะได้ลำดับความสำคัญแรกในกลุ่มใบสั่งน้ำมัน 4 ชนิด โดยการจัดลำดับรูปแบบของชนิดน้ำมันสำหรับใบสั่งซื้อที่มี 4, 3 และ 2 ชนิดน้ำมันมีรายละเอียด แสดงด้วยแผนผังการทำงานดังรูปที่ 3

ในขณะที่การจัดลำดับความสำคัญของรูปแบบชนิดน้ำมันสำหรับใบสั่งซื้อที่มี 6 และ 5 ชนิดน้ำมันอาศัยหลักการอรรถประโยชน์ของปั๊มต่ำสุดเช่นเดียวกันเพื่อเพิ่มการใช้งานปั๊มนั้นๆ มีรายละเอียดแสดงด้วยแผนผังการทำงานดังรูปที่ 4 ซึ่งมีรายละเอียดเพิ่มเติมในส่วนของการเติมน้ำมัน 2 รอบ โดยการเติมน้ำมันรอบแรกให้ได้จำนวนชนิดน้ำมันมากที่สุด คือ 4 ชนิดน้ำมัน ดังนั้นใบสั่งซื้อที่มี 6 และ 5 ชนิดนั้น จะมีการเติมน้ำมันรอบแรก 4 ชนิด และรอบสอง 2 และ 1 ชนิด น้ำมันตามลำดับ

เมื่อได้รูปแบบของชนิดน้ำมันที่มีลำดับความสำคัญสูงสุดเช่น รูปแบบน้ำมันที่ประกอบด้วย GSH95, E20, GSH91, HSD แล้วอาศัยกฎ LTPT ในการจัดลำดับความสำคัญของใบคำสั่งซื้อที่มีปริมาณรวมของน้ำมันดังกล่าวทั้ง 4 ชนิด มากไปน้อยตามลำดับ เพราะต้องการให้หัวจ่ายมีการใช้งานต่อเนื่องกันมากที่สุด ส่งผลให้มีการใช้งานปั๊มพร้อมๆ กันอย่างต่อเนื่อง โดยการจัดลำดับดังกล่าวจะใช้กับใบคำสั่งซื้อทุกกลุ่ม



รูปที่ 4 แผนผังการจัดกลุ่มใบรายการสั่งซื้อที่ไม่สามารถรับน้ำมันครบใน 1 รอบหรือต้องวนรถ

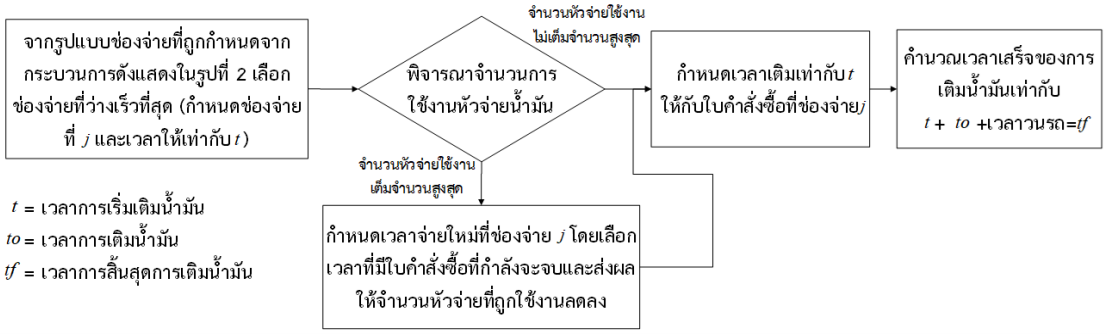
2.4 การจัดตารางการจ่ายน้ำมัน

การจัดตารางเวลาใบคำสั่งซื้อ จะจำแนกออกเป็น 2 วิธีตามจำนวนรอบของการเติมน้ำมัน ประกอบด้วย การจัดตารางการจ่ายน้ำมันให้กับใบคำสั่งซื้อที่สามารถเติมน้ำมันพร้อมกันได้ในรอบเดียว ได้แก่ใบสั่งซื้อที่มีจำนวนน้ำมัน 4, 3, 2 และ 1 ชนิดและการจัดตารางการจ่ายน้ำมันให้กับใบคำสั่งซื้อน้ำมัน 6 และ 5 ชนิด ที่มีความจำเป็นในการเติมน้ำมันสองรอบ โดยการจัดตารางดังกล่าวต้องพิจารณาค่าอรรถประโยชน์ของปั๊มที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตามจำนวนการใช้งานของหัวจ่าย มีผลให้การจัดตารางการจ่ายน้ำมันมีรูปแบบพลวัต (Dynamic Scheduling) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.4.1 จัดตารางการจ่ายน้ำมันให้กับใบคำสั่งซื้อน้ำมัน 4, 3, 2 และ 1 ชนิด มีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดช่องจ่ายที่จะวางใบรายการสั่งซื้อ โดยเลือกช่องจ่ายที่สามารถจ่ายน้ำมันได้เร็วที่สุดจากทุกช่องจ่ายในรูปแบบชนิดน้ำมันที่ถูกกำหนดให้มีลำดับความสำคัญเป็นลำดับแรก ตัวอย่างเช่น ใบคำสั่งซื้อที่มี 4 ชนิดน้ำมัน ได้แก่ น้ำมัน GSH95, E20, GSH91 และ HSD มีความสำคัญลำดับแรก สามารถเติมน้ำมันได้ที่ช่องจ่ายหมายเลข 3 หรือ 7 (แสดงดังรูปที่ 2) ถ้าช่องจ่ายที่ 3 ว่างก่อนให้เลือกช่องจ่ายที่ 3 ในการเติมน้ำมันคำสั่งซื้อนี้

2) กำหนดเวลาเติมน้ำมัน โดยพิจารณาจำนวนหัวจ่ายที่ใช้ ณ เวลาล่าสุดของน้ำมันดังกล่าวถ้าหากจำนวนหัวจ่ายใช้งานไม่เต็มจำนวนสูงสุดที่ปั๊มชนิดนั้นสามารถจ่ายได้ ให้กำหนดเวลาในการเติมน้ำมันสำหรับใบสั่งซื้อนั้นๆ เป็นเวลาที่ว่างเร็วที่สุด เช่น ช่องจ่ายที่ 3 ว่างเวลา 10.05 น. และปั๊มของน้ำมัน GSH95, E20, GSH91 และ HSD ณ เวลา 10.05 น. มีการใช้งาน 3, 4, 7 และ 12 หัวจ่าย ตามลำดับ แสดงว่าปั๊มยังใช้งานไม่เต็มจำนวนสูงสุดที่ระบุในตารางที่ 1 ดังนั้นสามารถกำหนดเวลาเติมน้ำมันของคำสั่งซื้อนี้ที่ช่องจ่ายหมายเลข 3 เริ่มเวลา



รูปที่ 5 แผนผังขั้นตอนการจัดตารางใบคำสั่งซื้อน้ำมัน 4, 3, 2 และ 1 ชนิด

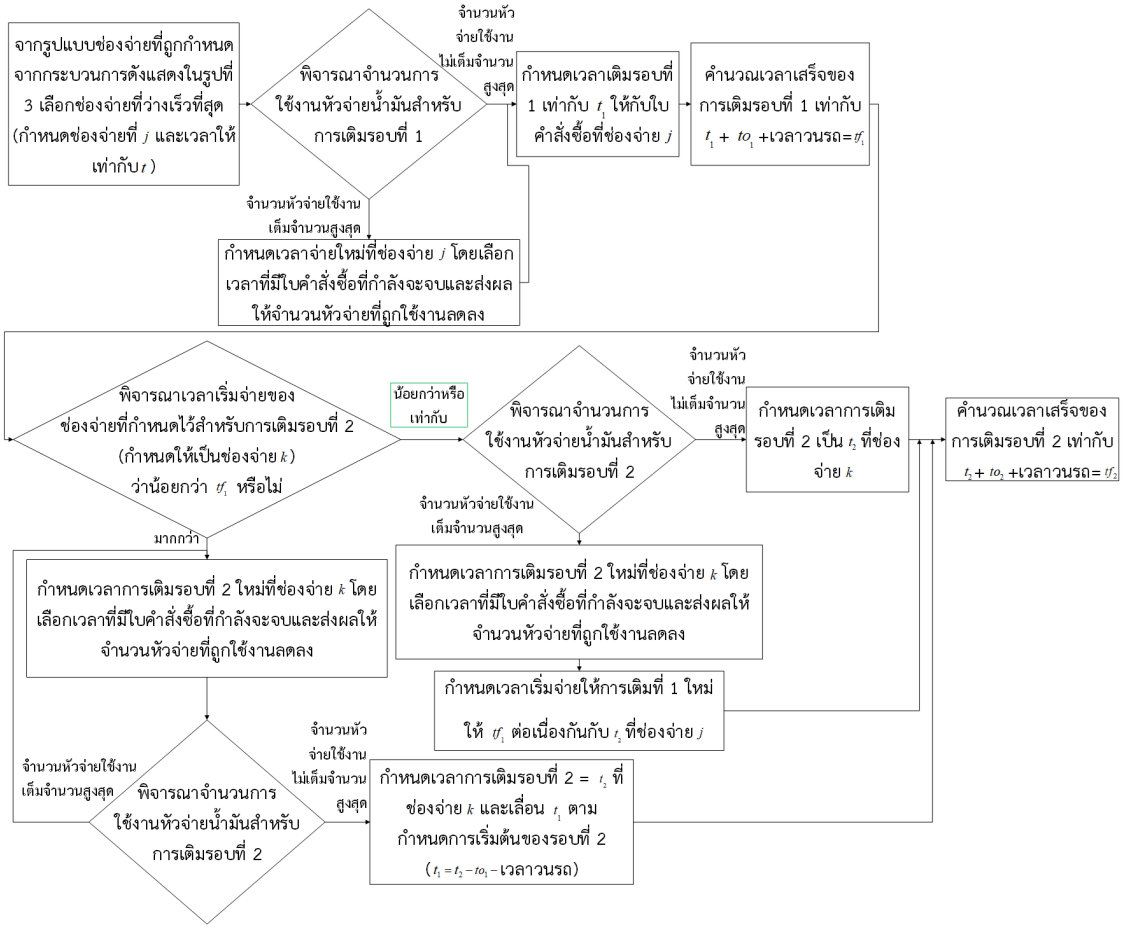
10.05 น. โดยเวลาสิ้นสุดการเติมน้ำมันกำหนดโดยเวลาเริ่มบวกเวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมันมากที่สุดของใบสั่งซื้อนี้ซึ่งจะเป็นเวลาที่ช่องจ่ายที่ 3 ว่างสำหรับใบสั่งซื้อถัดไป แต่ถ้าจำนวนหัวจ่ายถูกใช้งานเต็มจำนวนแล้ว ให้พิจารณาเวลาถัดไปที่จำนวนหัวจ่ายของปั๊มแต่ละชนิดใช้งานไม่เต็มจำนวน ซึ่งเวลาดังกล่าวจะเกิดขึ้นเมื่อมีการเติมน้ำมันในช่องจ่ายอื่นเสร็จสิ้นและส่งผลให้จำนวนหัวจ่ายที่ถูกใช้งานลดลง และทำการกำหนดเวลาเติมน้ำมันของใบคำสั่งซื้อนั้นๆ จากนั้นคำนวณเวลาเสร็จของแต่ละรายการในแต่ละใบรายการสั่งซื้อ

3) ทำการกำหนดช่องจ่ายและเวลาการเติมน้ำมันสำหรับใบสั่งซื้อในลำดับถัดไปตามขั้นตอนในข้อ 1 และ 2 จนครบทุกใบสั่งซื้อที่มีรายการน้ำมันสั่งซื้อ 4, 3, 2 และ 1 ชนิด ตามลำดับจนครบทุกใบสั่งซื้อในวันนั้นๆ (ทุกใบรายการสั่งซื้อถูกกำหนดช่องจ่ายและเวลาครบแล้ว) จะได้ตารางเวลาการเข้ารับน้ำมันของทุกใบรายการสั่งซื้อประเภทนี้ ดังรูปที่ 5

2.4.2 การจัดตารางการจ่ายน้ำมันให้กับใบคำสั่งซื้อน้ำมัน 6 และ 5 ชนิด เนื่องจากใบคำสั่งซื้อชนิดดังกล่าวมีการเติมน้ำมัน 2 รอบ เพราะข้อจำกัดในด้านลักษณะของโรงจ่ายน้ำมัน จึงแบ่งวิธีการจัดตารางการจ่ายน้ำมันออกเป็น 2 รอบ โดยที่การเติมรอบแรกและรอบที่สองควรจะต่อเนื่องกันเพื่อลูกค้า หรือพนังงานขับรถไม่ต้องเสียเวลารอระหว่างการเติมแต่ละรอบดังนั้นการจัดตารางสำหรับใบสั่งซื้อกลุ่มนี้จะพิจารณาช่องจ่าย 2 ช่อง ที่ว่างต่อเนื่องกันพอดี โดยมีขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 6 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) กำหนดช่องจ่ายที่จะวางใบสั่งซื้อ โดยเลือกช่องจ่ายที่สามารถจ่ายน้ำมันได้เร็วที่สุดจากทุกช่องจ่ายในรูปแบบชนิดน้ำมันที่ถูกกำหนดให้มีลำดับความสำคัญเป็นลำดับแรก ตัวอย่างเช่น ใบคำสั่งซื้อที่มี 6 ชนิดน้ำมัน ได้แก่น้ำมัน ULG, E20, GSH91 และ HSD ที่จะดำเนินการเติมในรอบแรก สามารถเติมน้ำมันได้ที่ช่องจ่ายหมายเลข 1, 5 หรือ 11 (แสดงดังรูปที่ 2) ถ้าช่องจ่ายที่ 5 ว่างก่อนให้เลือกช่องจ่ายที่ 5 ในการเติมน้ำมันคำสั่งซื้อนี้รอบแรก โดยใบคำสั่งซื้อนี้จะต้องเติมน้ำมัน GSH95 และ E85 ในการเติมรอบสอง ซึ่งสามารถเติมน้ำมันได้ที่ช่องจ่ายที่ 2, 4 หรือ 6 ถ้าช่องจ่ายที่ 2 ว่างก่อนให้เลือกช่องจ่ายที่ 2 ในการเติมน้ำมันรอบที่ 2

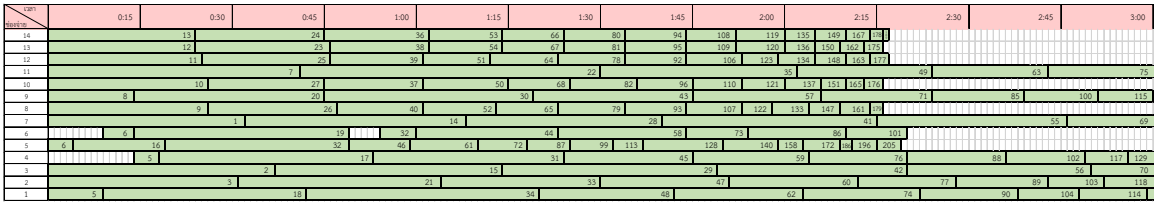
2) การกำหนดเวลาเติมน้ำมันรอบแรก จะต้องพิจารณาไปพร้อมกับการเติมน้ำมันรอบสอง โดยการเติมรอบแรกและรอบสองห่างกันเท่ากับเวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมันรอบแรกบวกเวลาวนรถ การกำหนดเวลาทั้งสองรอบใช้หลักการเดียวกันกับที่กล่าวมาแล้วคือการพิจารณาจำนวนหัวจ่ายที่ใช้ณ เวลานั้นๆ ของน้ำมันดังกล่าว ถ้าหากจำนวนหัวจ่ายใช้งานไม่เต็มจำนวนสูงสุดที่ปั๊มชนิดนั้นสามารถจ่าย (เรียกกรณีนี้ว่าปั๊มมีความพร้อมจ่าย) ให้กำหนดเวลาเบื้องต้นสำหรับการเติมรอบแรก เช่น ช่องจ่ายที่ 5 ว่างเวลา 14.00 น. และปั๊มของน้ำมัน ULG, E20, GSH91 และ HSD ณ เวลาดังกล่าวมีการใช้ไม่เต็มจำนวนสูงสุดที่ระบุในตารางที่ 1 ดังนั้นให้กำหนดเวลาเติมน้ำมันเบื้องต้นของคำสั่งซื้อนี้รอบแรกที่ช่องจ่ายหมายเลข 5 เริ่มเวลา 14.00 น. (แต่ถ้าปั๊มไม่พร้อมจ่าย ให้พิจารณาเวลาถัดไปที่ปั๊มพร้อมจ่ายในกำหนดเวลาเติมน้ำมันเบื้องต้นของใบคำสั่งซื้อรอบแรก)



รูปที่ 6 แผนผังขั้นตอนการจัดตารางใบคำสั่งซื้อน้ำมัน 6 และ 5 ชนิด

3) การกำหนดเวลาเติมน้ำมันรอบสอง พิจารณาจากเวลาว่างของช่องจ่ายที่กำหนดไว้สำหรับการเติมรอบสองว่าน้อยกว่าเวลาสิ้นสุดการเติมน้ำมันรอบแรกรวมเวลาวนรถหรือไม่

- ถ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับแสดงว่าช่องจ่ายรอบสองพร้อมในการจ่ายน้ำมันต่อจากการเติมรอบแรก ให้พิจารณาว่าปั๊มพร้อมจ่ายน้ำมันหรือไม่ ณ เวลานั้นๆ ของน้ำมันสำหรับการเติมรอบสอง ถ้าปั๊มพร้อมจ่ายให้กำหนดเวลาสิ้นสุดของการเติมรอบแรกบวกเวลาวนรถเป็นเวลาเริ่มต้นสำหรับการเติมรอบสอง จากตัวอย่างก่อนหน้าการเติมน้ำมันรอบแรกที่ช่องจ่ายที่ 5 เริ่มเวลา 14.00 น. ใช้เวลาในการเติม 20 นาที บวกเวลาวนรถ 5 นาที จะพร้อมเติมน้ำมันรอบสองที่ช่องจ่ายที่ 2 เวลา 14.25 น. ถ้าช่องจ่ายที่ 2 ว่าง ณ เวลาดังกล่าวและจำนวนหัวจ่ายของปั๊มใช้งานไม่เต็มจำนวนสูงสุด ให้กำหนดเวลาเติมน้ำมันรอบสองที่ช่องจ่าย 2 เวลา 14.25 น. แต่ถ้าปั๊มไม่พร้อมจ่ายให้กำหนดเวลาการเติมรอบสองเป็นเวลาพร้อมจ่ายที่ไวที่สุดของการเติมรอบสองที่ช่องจ่ายดังกล่าวแล้วกำหนดเวลาเริ่มจ่ายให้การเติมรอบแรกให้เวลาสิ้นสุดการเติมต่อเนื่องกันที่ช่องจ่ายเดิม เช่นการเติมรอบแรกที่ช่องจ่าย 5 เสร็จสิ้นเวลา 14.20 น. และวนรถใช้เวลา 5 นาที จะเริ่มเติมน้ำมันรอบที่สองเวลา 14.25 น. ที่ช่องจ่ายที่ 2 แต่ช่องจ่ายที่ 2 สามารถจ่ายได้เร็วที่สุดที่เวลา 14.40 น. ดังนั้นเวลาเริ่มต้นในการเติมรอบแรกจะถูกเลื่อนจากเวลาเดิม 15 นาทีเป็นเวลา 14.15 น.



รูปที่ 7 แผนผังแสดงการเติมน้ำมันของรถบรรทุกน้ำมันด้วยการจัดตารางในวันที่ 21 มีนาคม 2564 ตั้งแต่เวลา 0.00–3.00 น.

- ถ้ามากกว่าแสดงว่าช่องจ่ายสำหรับการเติมรอบสองไม่ว่างสำหรับการเติมต่อจากรอบแรก ให้กำหนดเวลาเติมรอบที่สองจากเวลาว่างเร็วที่สุดถัดไป พร้อมกับการตรวจสอบว่าปั๊มพร้อมจ่ายหรือไม่ ถ้าพร้อมจ่ายให้กำหนดเวลาการเติมรอบสองที่เร็วที่สุด และเลื่อนการเติมรอบแรกตามกำหนดการเริ่มต้นของรอบสอง ถ้าปั๊มไม่พร้อมจ่ายให้เลื่อนเวลาการเติมรอบสองจากเวลาว่างถัดไปจนกว่าปั๊มจะพร้อมจ่าย

จากลักษณะของช่องจ่ายที่มี 4 ชนิดน้ำมัน พบว่า น้ำมัน HSD และ GSH91 มีหัวจ่ายอยู่ทุกช่องจ่าย ในขณะที่น้ำมัน GSH95, E20, E85 และ ULG มีหัวจ่ายไม่ครบทุกช่องจ่าย จึงทำให้การจัดตารางการจ่ายน้ำมันให้กับใบคำสั่งซื้อที่มีน้ำมันอย่างน้อย 2 ใน 4 ชนิดของน้ำมัน GSH95, E20, E85 หรือ ULG อยู่ในใบคำสั่งซื้อเดียวกันไม่สามารถเติมน้ำมันได้ใน 1 หรือ 2 รอบ ตัวอย่างเช่น

- ใบคำสั่งซื้อที่ประกอบด้วยน้ำมัน ULG และ E85 หรือน้ำมัน E20 และ E85
- ใบคำสั่งซื้อที่ประกอบด้วยน้ำมัน ULG GSH95 และ E20
- ใบคำสั่งซื้อที่ประกอบด้วยน้ำมัน ULG GSH95 E20 และ E85

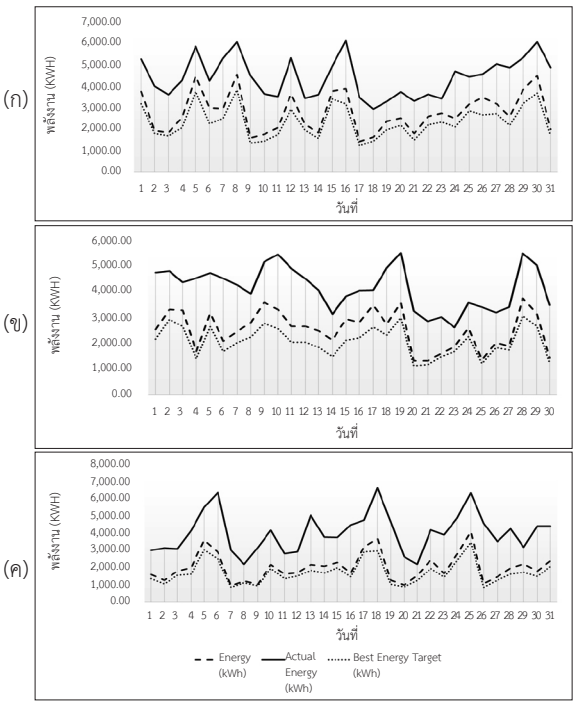
โดยการจัดตารางการจ่ายน้ำมันสำหรับใบคำสั่งซื้อดังกล่าวจะต้องแยกน้ำมันชนิดที่ไม่อยู่ในช่องจ่ายเดียวกันอยู่ในการเติมคนละรอบเสมอ ทำให้เกิดการวนรอบเพิ่มขึ้นอีกรอบจากที่จำเป็น

3. ผลการดำเนินงาน

จากการนำวิธีฮิวริสติกแบบพลวัตที่มีขั้นตอนแสดงในหัวข้อที่ 2 มาประมวลผลด้วยโปรแกรม MATLAB จะได้ผลการจัดตารางจ่ายน้ำมันให้กับรถบรรทุกที่มีการกำหนดช่องจ่ายและเวลาจ่ายน้ำมันให้กับใบคำสั่งซื้อในแต่ละวัน รูปที่ 7 แสดงการจัดตารางเวลาเติมน้ำมันให้กับรถบรรทุกน้ำมันในวันที่ 21 มีนาคม 2564 ที่มีรถบรรทุกน้ำมันเข้ามาเติมน้ำมันจำนวน 142 คัน ตามเวลาและช่องจ่ายที่กำหนด ทำให้มีการใช้งานหัวจ่ายพร้อมกัน และการใช้งานของปั๊มเต็มประสิทธิภาพ ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการจ่ายน้ำมัน (Makespan) มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นด้วย จากการทดลองจัดตารางการเติมน้ำมันให้กับใบคำสั่งซื้อที่เกิดขึ้นในเดือนมีนาคม–พฤษภาคม 2564 จำนวน 92 วัน พบว่า การจัดตารางด้วยโปรแกรม Mathlab ในแต่ละวันใช้เวลาการประมวลผลเฉลี่ย 15 นาทีต่อครั้ง สำหรับข้อมูลคำสั่งซื้อจำนวน 176 ถึง 594 รายต่อวัน โดยผลการจัดตารางแสดงให้เห็นว่าการใช้ปั๊มมีประสิทธิภาพมากขึ้นเนื่องจากมีการใช้งานหัวจ่ายพร้อมๆ กันตามจำนวนหัวจ่ายที่ใช้ได้มากที่สุดของปั๊มในแต่ละชนิดน้ำมันนั้นๆ ส่งผลให้การใช้พลังงานในแต่ละวันลดลงดังแสดงในรูปที่ 8 ที่มีปริมาณพลังงานของปั๊มที่ใช้ในแต่ละวันจากการดำเนินงานปกติของคลังน้ำมัน (Actual Energy) ซึ่งเป็นข้อมูลจากฝ่ายบำรุงรักษาของคลังน้ำมันแสดงด้วยเส้นทึบ และปริมาณพลังงานของปั๊มจากการจัดตารางการทำงานในหัวข้อที่ 2 (Energy) แสดงด้วยเส้นประ ในขณะที่เส้นจุดแสดงปริมาณพลังงานของปั๊มที่ใช้น้อยที่สุดสำหรับการเติมน้ำมันในแต่ละวันซึ่งเป็นค่าเป้าหมาย (Best Energy Target) ของแต่ละวัน สามารถคำนวณจากสมการที่ (1), (2) ดังนี้

$$Best\ Energy\ Target = \sum_{i=1}^{6} E_i = \sum_{i=1}^{6} (T_i \times P_i) \quad (1)$$

$$T_i = \frac{V_i}{F_i} \quad (2)$$



รูปที่ 8 พลังงานที่ใช้ในแต่ละเดือน (ก) มีนาคม 2564 (ข) เมษายน 2564 (ค) พฤษภาคม 2564

โดยที่ E_i คือ พลังงานของปั๊มในการเติมน้ำมันชนิดที่ i ต่อวัน

T_i คือ เวลารวมในการเติมน้ำมันชนิดที่ i ต่อวัน

P_i คือ กำลังไฟฟ้าที่สอดคล้องกับจำนวนหัวจ่ายของปั๊มน้ำมันชนิดที่ ต่อวัน

V_i คือ ปริมาณรวมของน้ำมันชนิดที่ i ต่อวัน

F_i คือ อัตราการเติมน้ำมันชนิดที่ i

และ i คือชนิดน้ำมัน ($i = 1,2,...6$)

ผลการจัดตารางด้วยข้อมูลใบคำสั่งซื้อย้อนหลังของแต่ละเดือนดังรูปที่ 8 พบว่า ค่าพลังงานจากการจัดตารางมีค่าต่ำกว่าค่าพลังงานที่เกิดจากการปฏิบัติงานปกติโดยไม่มีการจัดตารางและค่าพลังงานที่ได้จากการจัดตารางมีค่าเข้าใกล้ค่าพลังงานที่ดีที่สุดของแต่ละวัน

4. อภิปรายผลและสรุป

จากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจัดตารางด้วยโปรแกรมกับการปฏิบัติงานจริงพบว่า ค่าพลังงานที่ได้จากการจัดตารางตามหลักการที่นำเสนอในหัวข้อที่ 2 มีผลให้ปริมาณพลังงานลดลงเฉลี่ยใน 92 วันเท่ากับ 1,755 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน (มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 665.74 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน) มีผลให้ค่าไฟฟ้าของปั๊มลงลงโดยเฉลี่ย 199,006.25 บาทต่อเดือน แสดงในตารางที่ 2 และ 3 โดยปริมาณพลังงานที่ลดลงมีค่า p-value = 0.000 (ของการทดสอบสมมติฐานด้วย Paired-t สำหรับสมมติฐานว่าง คือ ค่าพลังงานที่ลดลงเฉลี่ยน้อยกว่าหรือเท่ากับศูนย์ และสมมติฐานรอง คือ ค่าพลังงานที่ลดลงเฉลี่ยมากกว่าศูนย์) สรุปได้ว่า ปริมาณพลังงานที่ใช้เฉลี่ยจากการจัดตารางมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

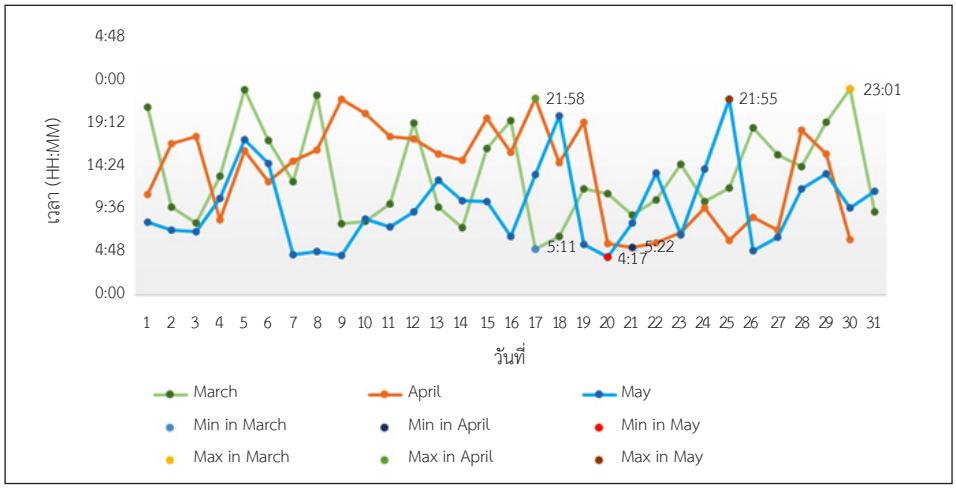
ตารางที่ 2 ค่าพลังงานจากการจัดตาราง

เดือน	ค่าไฟที่จ่ายจริง (บาท)	ค่าไฟจากการจัดตาราง (บาท)	ร้อยละความเปลี่ยนแปลงของค่าไฟ (%)	ค่าเฉลี่ยค่าไฟที่เปลี่ยนแปลง (บาท)
มีนาคม	511,399.76	322,517.30	36.93	199,006.25
เมษายน	443,937.36	271,970.51	38.74	
พฤษภาคม	473,315.33	237,145.90	49.90	

ตารางที่ 3 ค่าไฟจากการจัดตาราง

เดือน	ค่าพลังงานที่ใช้จริง (kWh)	ค่าพลังงานจากการจัดตาราง (kWh)	ร้อยละความเปลี่ยนแปลงของพลังงาน (%)	ค่าเฉลี่ยพลังงานที่เปลี่ยนแปลง (kWh)
มีนาคม	135,778.56	85,629.55	36.93	53,832.51
เมษายน	124,323.84	76,164.84	38.74	
พฤษภาคม	126,640.32	63,450.79	49.90	

นอกเหนือจากประสิทธิภาพของการใช้พลังงานปั๊มที่เพิ่มขึ้น การจัดตารางการเติมน้ำมันมีผลให้เวลารอของลูกค้าที่มารับน้ำมันลดลง ลูกค้าสามารถมาตามเวลาที่กำหนดโดยไม่ต้องเสียเวลารอ รวมถึงการบริหารเวลาของคลังน้ำมันมีประสิทธิภาพมากขึ้น จากการดำเนินงานปกติที่เปิดบริการ 24 ชั่วโมง โดยวิธีการจัดตารางที่นำเสนอพบว่า Makespan ในแต่ละวันลดลงจากกระบวนการทำงานแบบเดิม ดังแสดง



รูปที่ 9 เวลาการทำงานรวม (Makespan) แต่ละวันสำหรับใบสั่งซื้อในเดือนมีนาคม–พฤษภาคม 2564

ในรูปที่ 9 โดยมีเวลาเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 12.25 ชั่วโมง และสามารถให้บริการลูกค้าได้ครบทุกใบสั่งซื้อในแต่ละวัน ทำให้ลูกค้าไม่ต้องรอเติมน้ำมันข้ามวัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของปั๊มซึ่งเป็นอุปกรณ์หลักในการเติมน้ำมัน ที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงสุดของคลังน้ำมัน การจัดตารางการเติมน้ำมันให้กับลูกค้าโดยกำหนดเวลาและช่องจ่ายน้ำมันด้วยวิธีฮิวริสติกแบบพลวัต ประกอบด้วยกฎอย่างง่ายได้แก่ วิธี Least Operating Remaining ที่ให้ความสำคัญกับใบรายการสั่งซื้อที่สามารถเติมเสร็จในรอบเดียว ได้แก่ ใบสั่งซื้อที่มีจำนวนชนิดน้ำมัน 4, 3, 2, และ 1 ก่อนใบรายการสั่งซื้อที่มีจำนวนชนิดน้ำมัน 6 และ 5 ชนิด ตามลำดับ และวิธี Longest Total Processing Time ที่ให้ความสำคัญกับใบรายการสั่งซื้อที่มีเวลารวมของการรับน้ำมันทุกรายการในใบรายการสั่งซื้อนั้นจากมากไปน้อย โดยการกำหนดเวลาเติมให้กับใบสั่งซื้อที่เรียงความสำคัญตามกฎดังกล่าวทั้งสองกฎจะอาศัยหลักการใช้อรรถประโยชน์สูงสุดของปั๊มที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา กล่าวคือ จะพยายามให้มีการใช้หัวจ่ายให้มากที่สุดตามกำลังของปั๊ม เพื่อให้ปั๊มมีการใช้พลังงานเต็มประสิทธิภาพ

จากการจัดตารางด้วยวิธีดังกล่าวสำหรับใบสั่งซื้อทั้งหมดในเดือนมีนาคม–พฤษภาคม 2564 พบว่า ปั๊มมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยลดลงจาก 4,204 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน หรือ 12 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อลูกค้า เหลือ 2,449 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวันหรือ 7 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อลูกค้า และมีการใช้หัวจ่ายพร้อมกันสูงสุดของชนิดน้ำมันนั้นๆ ในปั๊มทุกตัว ซึ่งทุกชนิดเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 263.23 ต่อวัน หรือเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 2.63 เท่าต่อวันจากเดิมที่ไม่มีการจัดตาราง ซึ่งคำนวณจากเวลาที่ใช้หัวจ่ายเต็มกำลังสูงสุดของอุปกรณ์ปั๊มในแต่ละน้ำมันชนิดนั้นๆ ในการทำงานแบบปกติ เทียบกับการทำงานด้วยการจัดตาราง ตารางที่ 4 แสดงเวลาการใช้งานหัวจ่ายของน้ำมันแต่ละชนิดเต็มกำลังที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น ระยะเวลาการใช้งานหัวจ่ายของน้ำมันดีเซลที่มีการใช้งานเต็มกำลังของปั๊ม (5 หรือ 10 หรือ 15 หรือ 20 หัวจ่ายพร้อมๆ กัน) ก่อนจัดตารางจะมีระยะเวลาการใช้งานหัวจ่ายเต็มกำลังสูงสุดของปั๊มเฉลี่ยเท่ากับ 447.22 นาทีต่อวัน และเมื่อมีการจัดตารางจะพบว่า ระยะเวลาการใช้งานหัวจ่ายเต็มกำลังสูงสุดของปั๊มเฉลี่ยเท่ากับ 1,784.47 นาทีต่อวัน แสดงว่าการจัดตารางเพิ่มการใช้งานหัวจ่ายเต็มกำลังของปั๊มน้ำมันดีเซลเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 299.02 ต่อวันการใช้งานที่พร้อมเพรียงกันของหัวจ่ายมีผลให้ค่าไฟลดลง 199,006.25 โดยเฉลี่ยต่อเดือน หรือ 2,388,075 บาทต่อปี นอกเหนือจากนั้นการจัดตารางดังกล่าวช่วยให้เวลารอของลูกค้าลดลงส่งผลให้ลูกค้ามีความพอใจในการบริการของคลังน้ำมันมากขึ้น รวมถึงการบริหารเวลาสำหรับคลังน้ำมันที่ดีขึ้นเช่นกัน

การจัดตารางการจ่ายน้ำมันด้วยวิธีฮิวริสติกพลวัตที่

ตารางที่ 4 ระยะเวลาการใช้งานหัวจ่ายของน้ำมันแต่ละชนิดเต็มกำลัง

ชนิดน้ำมัน	ระยะเวลาการใช้หัวจ่ายเต็มกำลังสูงสุดเฉลี่ยต่อวันของปั๊มก่อนจัดตาราง (นาที)	ระยะเวลาการใช้หัวจ่ายเต็มกำลังสูงสุดเฉลี่ยต่อวันของปั๊มหลังจัดตาราง (นาที)	ร้อยละเปลี่ยนแปลง	ร้อยละเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยทุกชนิดน้ำมัน
น้ำมันดีเซล	447.22	1784.47	299.02	263.23
น้ำมันเบนซินแก๊สโซฮอล์ 95	67.01	426.62	536.65	
น้ำมันเบนซินแก๊สโซฮอล์ E20				
น้ำมันเบนซินแก๊สโซฮอล์ 91	48.56	208.23	328.82	
น้ำมันเบนซินแก๊สโซฮอล์ E85	19.67	39.71	101.88	
น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่ว	11.24	16.84	49.80	

นำเสนอในงานวิจัยนี้มีข้อพึงระวัง 3 ประการได้แก่ 1) พนักงานผู้ดูแลการจัดตารางต้องมีความเชี่ยวชาญในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้และเป็นผู้ที่มีความเข้าใจในกระบวนการรับน้ำมันและรู้ขั้นตอนการทำงานต่างๆ ของโปรแกรมเป็นอย่างดี 2) การปฏิบัติงานในสถานการณ์จริงอาจมีความไม่แน่นอนของเวลาการเติมน้ำมันอันเนื่องมาจากพนักงานขับรถบรรทุกน้ำมันแต่ละคนมีความชำนาญและความสามารถในการทำงานที่ต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้การปฏิบัติงานของพนักงานขับรถมีความยืดหยุ่นมากขึ้น ทางผู้วิจัยเสนอให้มีการเพิ่มเวลาเผื่อในการปรับตั้งหัวจ่ายก่อนการเริ่มเติมน้ำมันเป็นเวลา 2 นาที และเวลาเผื่อสำหรับการเก็บหัวจ่าย และปิดวาล์วรับน้ำมันในช่วงหลังการเติมน้ำมันเสร็จเป็นเวลา 1 นาทีในทุกๆ ใบคำสั่งซื้อ ซึ่งการเพิ่มเวลาเผื่อดังกล่าวมีผลให้พลังงานที่ใช้มีค่ามากขึ้นจากการจัดตารางที่ไม่มีเวลาเผื่อเท่ากับร้อยละ 5.27 โดยเฉลี่ยต่อเดือน และ 3) ในกรณีที่ลูกค้าไม่สามารถเข้ารับการเติมน้ำมันได้ตามเวลาที่กำหนดอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของปั๊มลดลง ซึ่งหากมีเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นไม่มาก (น้อยกว่า 5%) สามารถแทรกคิวได้ในช่องจ่ายที่สอดคล้องกับลักษณะชนิดน้ำมันในใบคำสั่งซื้อนั้นๆ และมีการจ่ายน้ำมันที่ไม่ล่าช้า แต่ถ้าลูกค้าไม่สามารถเข้ามาเติมน้ำมันได้ตามกำหนดเป็นจำนวนมาก (มากกว่า 5%) แนะนำให้จัดตารางใหม่จากข้อมูลปัจจุบัน (ข้อมูลที่มีรถบางคันได้รับน้ำมันไปแล้วบางส่วน) ทุกๆ 6, 3 หรือ 1 ชั่วโมง

เอกสารอ้างอิง

[1] S. S Panwalkar, and W. Iskander, “A survey of scheduling rules,” *Operations Research*, vol. 25, no.1, pp. 45–61, 1977.

[2] P. Chutima, *Operation Scheduling Techniques*, Chulalongkorn University Press, BKK, Thailand, 2012 (in Thai).

[3] C. C. New, “Job shop scheduling: Is application of dispatching rules feasible?,” *Journal of the Operational Research Society*, vol. 26, no. 1, pp. 35–43, 1975.

[4] P. Phatapipong, P. Sachakamol, and A. Treerattrakoon, “Production scheduling using hybrid heuristics method: A case study of ready-mixed concrete plant,” *Engineering Journal Chang Mai University*, vol. 25, no. 1, pp. 226–233, 2018 (in Thai).

[5] T. C. Papadopoulou, “Application of lean scheduling and production control in non-repetitive manufacturing system using intelligent agent decision support,” Ph.D Philosophy, Brunel University, Kingston Ln, London, Uxbridge UB8 3PH, UK, 2013.

[6] Y. Nakpathom, “A study of job shop production

scheduling on textile industry," M.S. thesis, Industrial Engineering and Management, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University, Bangkok, 2012 (in Thai).

[7] S. Butdee, C. Numtong and P. Pareyai, "The hybrid heuristic scheduling for the best productivity," in *IE Network 2007*, Prince of Songkla University, Songkla, 2007, pp. 1421–1426.

[8] A. Chaimanee and W. Supithak, "Flexible flow shop scheduling problem with sequence dependent setup time under just-in-time philosophy," *The Journal of KMUTNB*, vol. 25, no. 2, pp. 220–231, 2015 (in Thai).