

การศึกษาและออกแบบขั้นต้นระบบป็นเล็กยาวอัตโนมัติ

นิวัฒน์ ใจคำ¹ เพียงเพ็ญ สุวรรณศิริ¹ อรรถพล เจริญผล¹

ปริสร์ สมุทรसार² และ วรณชพัฒน์ ฤทธิ์เลื่อน^{1*}

วันที่รับ 5 เมษายน 2567 วันที่แก้ไข 31 ตุลาคม 2567 วันตอบรับ 31 ตุลาคม 2567

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาและพัฒนาป็นเล็กยาวอัตโนมัติแบบระบบก้านกระทุ้ง (Gas Piston) เพื่อให้ทราบถึงการออกแบบที่สามารถนำไปต่อยอดได้ในอนาคต โดยการใช้ทฤษฎีร่วมกับกระบวนการจำลองการเคลื่อนที่ของป็น Emtan M4A1 เป็นตัวตั้งต้นในการกำหนดตัวแปรสำหรับการออกแบบและศึกษาความสัมพันธ์ของระยะการเคลื่อนที่ของก้านกระทุ้งต่ออัตราการยิง ค่าคงที่ของสปริง แรงในก้านกระทุ้ง ขนาดของรูดักแก๊ส จากผลการศึกษาพบว่า ระยะการเคลื่อนที่ของก้านกระทุ้งมีผลต่อตัวแปรอื่นในแบบไม่เชิงเส้น ในช่วงระยะชักที่กว้างและสามารถประมาณเป็นเชิงเส้นได้ในช่วงระยะชักที่สั้น เพื่อให้ป็นมีคุณลักษณะเป็นไปตามความต้องการเบื้องต้น โดยมีอัตราการยิงเท่ากับ 950 นัดต่อนาที ระยะก้านกระทุ้งที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 1.3 - 1.5 นิ้ว ตามค่าการออกแบบที่ต้องการ ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์นี้ได้นำไปออกแบบในเบื้องต้นและทำการจำลองการเคลื่อนที่พบว่า ค่าที่ได้มีความสอดคล้องไปตามทฤษฎี แต่ยังมีข้อแตกต่างที่ยังต้องแก้ไขและพัฒนาต่อไป

คำสำคัญ : ป็นเล็กยาวอัตโนมัติ, ก้านกระทุ้ง, อัตราการยิง, รูดักแก๊ส, ค่าคงที่สปริง

¹ ส่วนงานวิศวกรรมยานรบ, สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ

² บริษัท อุตสาหกรรมผลิตอาวุธ จำกัด

* ผู้แต่ง, อีเมล: watchaphat@dti.or.th

A Study and Initial Design of Automatic Small Firearm

Niwat Jaikam ¹ Piangpen Suwankeeree ¹ Attapon Charoenpon ¹
Pris Samutsarn ² and Watchaphat Ridluan ^{1*}

Received 5 April 2024, Revised 31 October 2024, Accepted 31 October 2024

Abstract

The purpose of this study is to research and develop a gas piston automatic rifle to understand the design that can be further developed in the future. This is achieved by using theory alongside the motion simulation of the Emtan M4A1 rifle as a starting point for determining variables for design and studying the relationship between the motion distance of the piston rod, firing rate, spring constant, force in the piston rod, and the size of the gas port. The study found that the motion distance of the piston rod has a nonlinear effect on other variables over a wide stroke range, but it can be approximated linearly over a shorter stroke range. To ensure that the rifle meets the initial requirements with a firing rate of 950 rounds per minute, the suitable piston rod length should be between 1.3 to 1.5 inches according to the desired design specifications. The results from this analysis have been used for preliminary design and motion simulation, showing that the obtained values are consistent with theory, although there are still discrepancies that need to be addressed and further developed.

Keywords : Automatic rifles, Piston rod, Firing rate, Gas port, Spring constant

¹ Military Vehicle Division, Defence Technology Institute

² Weapons Manufacture Industries Company Limited (WMI)

* Corresponding author, E-mail: watchaphat@dti.or.th

1. บทนำ

อาวุธปืนในปัจจุบันมีหลากหลายรูปแบบและมีเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาตลอดช่วง 200 ปี ที่ผ่านมา ถือได้ว่าอาวุธปืนเป็นอาวุธประจำกายทหารราบที่ทรงประสิทธิภาพประเภทหนึ่งอย่างเห็นได้ชัดตลอดการมีอยู่ของมนุษยชาติ อาวุธปืนนั้นมีระบบการทำงานที่หลากหลาย นับตั้งแต่ยุคสมัยของการประจุปากลำกล้องและยิงด้วยไฟ (Match Lock) หรือหินประกายไฟ (Flint Lock) มาจนถึงปัจจุบันระบบอาวุธปืนได้มีวิวัฒนาการตามยุคสมัยไปอย่างมาก จากปืนบรรจุเดี่ยวสู่ปืนแบบยิงซ้ำได้ (Repeating Arms) เช่น ปืนไรเฟิลแบบคานเหวี่ยง (Lever Action) ปืนไรเฟิลแบบลูกเลื่อน (Bolt Action) กระโຈ้มลำเลื่อน (Pump Action) หรือระบบลูกม่ [1] ซึ่งระบบที่กล่าวมาข้างต้นเป็นระบบอาวุธปืนที่ได้นำใช้งานมาอย่างยาวนาน นับร้อยปีตั้งแต่ศตวรรษที่ 19 จนถึงต้นศตวรรษที่ 20 อย่างไรก็ตาม ระบบอาวุธปืนทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วมีจุดอ่อน คือ ต้องบริหารกลไกด้วยมือเท่านั้น เมื่อยิงออกไปแล้วผู้ใช้งานต้องดึงกลไกส่วนใดส่วนหนึ่งของตัวปืนเพื่อคัดปลอกกระสุนออกจากตัวปืนด้วยตัวเอง ทำให้มีอัตราการยิงต่ำหรือต้องทำการกระหน่ำยิงพร้อมกันด้วยกำลังพลจำนวนมาก เพื่อให้มีอำนาจการยิงสูงขึ้น จนกระทั่งการมาถึงของอาวุธปืนในระบบอัตโนมัติ (Automatic) ทำให้การใช้งานของอาวุธปืนนั้นมีความง่ายขึ้นและสามารถยิงต่อเนื่องได้อย่างรวดเร็ว [2]

ปืนเล็กยาวหรือไรเฟิล (Rifle) [3] เป็นอาวุธปืนที่มีขนาดยาว ถูกออกแบบมาเพื่อการยิงทำลายเป้าหมายที่อยู่ในระยะไกลโดยเฉพาะ โดยมีพานท้ายสำหรับใช้ประทับร่องไหล่ เพื่อช่วยในการเล็งหาเป้าหมายภายในลำกล้องมีการเจาะให้เป็นสันและร่องเกลียวที่ผนังลำกล้องซึ่งสันเกลียวเรียกว่า "Land" ส่วนร่องเกลียว

เรียกว่า "Groove" โดยสันเกลียวนี้จะสัมผัสกับหัวกระสุนและรีดหัวกระสุนไปตามสันเกลียวและหมุนควงรอบตัวเอง เพื่อรักษาการเคลื่อนที่ของหัวกระสุนไม่ให้ดิ่งลงในอากาศและเพื่อเพิ่มความแม่นยำตลอดจนอำนาจพัสหาร คำว่าปืนเล็กยาวหรือปืนไรเฟิลจะหมายถึงอาวุธที่มีพานท้ายและต้องประทับปาก่อนยิง ถึงแม้ว่าอาวุธดังกล่าวจะไม่ได้ทำร่องในลำกล้องหรือไม่ได้ยิงกระสุนก็ตาม เพื่อเพิ่มอำนาจการยิงให้สูงขึ้นจึงมีการพัฒนาปืนเล็กยาวอัตโนมัติ โดยระบบอาวุธแบบอัตโนมัติที่เป็นที่รู้จักและใช้ในปืนเล็กยาวในปัจจุบัน ได้แก่ ระบบโบลวแบ็ก (Blowback) ระบบปฏิบัติการด้วยแก๊ส (Gas-operated) และระบบปฏิบัติการด้วยรีคอยล์ (Recoil-operated) [4]

ระบบโบลวแบ็ก คือ ระบบที่ใช้แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ของดินปืนมาดันลูกเลื่อน (Bolt) โดยตรง ลูกเลื่อนจะเคลื่อนที่ถอยหลัง

ระบบปฏิบัติการด้วยแก๊ส คือ ระบบที่ใช้แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ของดินปืนมาดันลูกสูบ และลูกสูบนั่นก็ไปปลดล็อกลูกเลื่อนและดันลูกเลื่อนให้ถอยหลัง

ระบบปฏิบัติการด้วยรีคอยล์ คือ ระบบที่ใช้พลังงานของรีคอยล์ในการดันชุดลูกเลื่อนให้ถอยหลัง

จากระบบปฏิบัติการที่กล่าวมานั้นจะเห็นว่าระบบปฏิบัติการด้วยรีคอยล์สามารถทำงานได้ที่ระบบมีแรงเฉื่อยต่ำ กล่าวคือ หากระบบปืนมีน้ำหนักมากขนาดใหญ่มากแล้วระบบนี้จะทำงานได้ไม่มีประสิทธิภาพอันเนื่องมาจากพลังงานรีคอยล์ที่ไม่เพียงพอ ส่วนระบบโบลวแบ็กนั้น เนื่องจากความดันของแก๊สเผาไหม้กระทำโดยตรงที่หน้าลูกเลื่อน ทำให้ลูกเลื่อนเคลื่อนที่ถอยกลับด้วยความเร็วสูง ซึ่งด้านท้ายของระบบปืนนั้นจะต้องออกแบบรองรับพลังงานจำนวนมากที่เกิดขึ้นนี้ เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย

ต่อตัวปืน ส่วนระบบปฏิบัติการด้วยแก๊สนั้น เป็นการจำกัดปริมาณความดันของแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ให้เพียงพอ ไม่มากจนเกินไปในการดันลูกเลื่อนให้ถอยหลังด้วยการปรับขนาดของรูตักแก๊สที่อยู่บริเวณกึ่งกลางหรือปากลำกล้อง ทำให้ระบบปฏิบัติการแบบแก๊สเป็นที่นิยมและใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน การทำงานด้วยแก๊สนั้นถูกแบ่งออกเป็น 4 แบบ ด้วยกัน [5] ได้แก่

1) ก้านกระทุ้งระยะชักสั้น (Short-Stroke Gas Piston) เช่น FN FAL, HK G-36, HK416

2) ก้านกระทุ้งระยะชักยาว (Long-Stroke Gas Piston) เช่น AK-47, FN FNC

3) แก๊สพุ่งหน้าลูกเลื่อน (Direct Impingement) เช่น AR-15 หรือ M16

4) แบบตักแก๊สท้ายลำกล้อง (Gas Trap) ซึ่งปัจจุบันไม่มีปืนในรูปแบบนี้แล้ว

งานวิจัยฉบับนี้มุ่งเน้นการศึกษาและพัฒนาปืนเล็กยาวอัตโนมัติแบบระบบก้านกระทุ้ง (Gas Piston: GP) เพื่อให้ทราบถึงการออกแบบซึ่งสามารถนำไปต่อยอดได้ในอนาคต โดยนำเอาปืนเล็กยาวอัตโนมัติตระกูล M4 ใช้เป็นต้นแบบในการศึกษาและประยุกต์ใช้ทางทฤษฎีทางด้านการออกแบบปืนเล็กยาวอัตโนมัติแบบปฏิบัติการด้วยแก๊สเพื่อศึกษาค้นคว้าระบบปืนเล็กยาวอัตโนมัติแบบระบบแก๊สพุ่งหน้าลูกเลื่อนและแบบระบบก้านกระทุ้ง นำไปสู่การพัฒนาศักยภาพอาวุธปืนเล็กยาวในประเทศ ตลอดจนการพัฒนาขีดความสามารถและองค์ความรู้เชิงลึกในการเข้าใจถึงระบบอาวุธปืนเล็กยาวอัตโนมัติ และสามารถใช้ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้ เป็นข้อมูลสนับสนุนและต่อยอดตามนโยบายของรัฐบาลที่มุ่งหมายจะส่งเสริมอุตสาหกรรมอาวุธในประเทศต่อไป อย่างเป็นรูปธรรมในการต่อยอดองค์ความรู้ทางด้านการออกแบบที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

2. การทบทวนวรรณกรรม

AR หรือ Armalite Rifle ออกแบบขึ้นในปี 1955 โดยยูจีน สโตนอร์ (Eugene Stoner) [6] โดยเริ่มออกแบบในรหัส AR-10 รองรับกระสุนขนาด 7.62 x 51 มม. มาตรฐาน NATO ต่อมาได้มีการเปลี่ยนแบบให้เป็นอาวุธปืนน้ำหนักรเบาสำหรับภารกิจทางการทหารในสงครามเวียดนามและได้ใช้งานอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน

AR-15/M16/M4 เป็นปืนเล็กยาวแบบอัตโนมัติบรรจุเอง (Self-loading) [7] และมีขีดความสามารถในการทำงานได้ด้วยตนเอง กล่าวคือเมื่อเหนี่ยวไกปืนแล้วปืนสามารถทำงานได้ครบวงจร ตั้งแต่ลั่นกระสุนออกไป คัดปลอกกระสุนเก่าออก ลูกเลื่อนพากระสุนเต็มนัดเข้าสู่รังเพลิง และยิงนัดต่อไปโดยอัตโนมัติ

AR-15/M16 ดังแสดงในรูปที่ 1 [8] ใช้ระบบปฏิบัติการด้วยแก๊สแบบแก๊สพุ่งหน้าลูกเลื่อนที่ต้องส่งแก๊สผ่านท่อแก๊สที่เชื่อมต่อจากรูตักแก๊สที่อยู่ใต้ศูนย์หน้าเพื่อย้อนกลับมาขับเคลื่อนลูกเลื่อนที่ด้านหลังท่อแก๊สดังกล่าวเป็นที่สังเกตว่าไม่สามารถใช้งานได้ดีในสภาพแวดล้อมโคลนตม อย่างไรก็ตาม AR-15/M16 ก็ได้รับการพัฒนาและวิวัฒนาการอย่างต่อเนื่องและจำหน่ายให้กับกองกำลังทั่วโลก ตลอดช่วงระยะเวลาการประจำการ



รูปที่ 1 แสดงปืนแบบ AR-15/M16 ที่ใช้ระบบแก๊สพุ่งหน้าลูกเลื่อน

ในปี 2001 A. Feickert [9] ระบุว่าลำกล้องที่สั้นของ M4 และระบบท่อแก๊สเป็นการออกแบบที่ต้องได้รับการแก้ไขและพบว่าอาวุธปืนมีการติดขัดขณะทำการยิง ไม่สามารถคัดปลอกได้อย่างสมบูรณ์

ระบบปฏิบัติการด้วยแก๊สแบบแก๊สพุงหน้าลูกเลื่อนในปืน AR-15 นั้นประสบปัญหาการติดขัดบ่อยและมีอาการท่อแก๊สตันในบางสภาพแวดล้อม เช่น ในที่ป่าร้อนชื้นในสงครามเวียดนาม อันเนื่องมาจากช่องว่างอากาศในท่อส่งแก๊สที่ค่อนข้างยาวทำให้มีน้ำและโคลนเข้าไปกั้นทางเดินของแก๊สและทำให้กลไกปืนติดขัดได้ อีกทั้งแก๊สร้อนที่ย้อนกลับมาสู่โครงปืนตลอดเวลาที่ทำการยิงทำให้ตัวปืนสะสมความร้อน อีกทั้งยังมีคราบเขม่าที่ย้อนกลับมาตามแก๊สทำให้หน้าลูกเลื่อนและโครงปืนต้องคอยทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ และหากปืนติดขัดหรือจำเป็นต้องถอดเพื่อเปลี่ยนอะไหล่ต้องพักปืนให้เย็นก่อน เพราะลูกเลื่อนมีการสะสมความร้อนค่อนข้างสูง

ในปี 2005 หน่วยเดลต้าของสหรัฐอเมริกาได้เปลี่ยนปืนจาก M4 ไปใช้ HK416 ซึ่งเป็นแบบระบบปฏิบัติการด้วยแก๊สแบบก้านกระทุ้งระยะชักสั้น ซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่าและมีความผิดพลาดที่น้อยกว่า [10]

เทคโนโลยีระบบปฏิบัติการด้วยแก๊สแบบก้านกระทุ้งนั้นถูกนำมาใช้เป็นครั้งแรกโดยมีฮาอิล คาลาซนิคอฟ (Mikhail Kalashnikov) ในปืนรุ่น AK-47 ดังแสดงในรูปที่ 2 [11] แม้ว่าในหลักการ

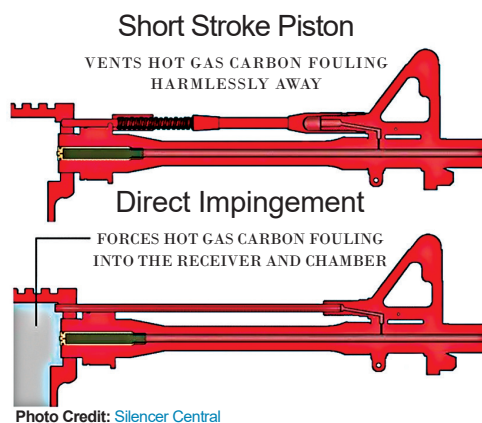


รูปที่ 2 แสดงปืนแบบ AK-47 ที่ใช้ระบบปฏิบัติการด้วยแก๊สแบบก้านกระทุ้งระยะชักยาว

ทำงานแล้วไม่ต่างกับระบบแก๊สพุงหน้าลูกเลื่อน แต่มีจุดแตกต่างคือ เมื่อยิงกระสุนออกไปแก๊สจะถูกกักไว้ที่รูตักแก๊สที่ด้านหน้า ซึ่งจะต่อเข้ากับก้านกระทุ้ง แก๊สนี้จะทำการผลักก้านกระทุ้งให้เคลื่อนที่ถอยหลัง ก้านกระทุ้งนี้จะต่อกับลูกเลื่อนทำให้ลูกเลื่อนเคลื่อนที่ถอยกลับและดันย้อนกลับไปผลักลูกเลื่อนให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า เพื่อคัดปลอกกระสุนและนำกระสุนใหม่เข้าสู่รูรับเพลิง เนื่องด้วยแก๊สนี้จะอยู่ที่บริเวณด้านหน้าของก้านกระทุ้ง ด้วยเหตุนี้ ระบบนี้จึงทำให้ปืนไม่เกิดความร้อนสะสมที่หน้าลูกเลื่อนและไม่มีเขม่า จึงทำให้ตัวปืนสะอาดกว่าและเย็นกว่า แม้จะยิงต่อเนื่องเป็นเวลานาน หากเกิดความเสียหายที่ต้องเปลี่ยนอะไหล่ก็สามารถเปิดออกและถอดลูกเลื่อนออกได้โดยไม่ต้องพักปืนให้เย็นลง

อย่างไรก็ดี ระบบก้านกระทุ้งทำให้ปืนมีน้ำหนักมากขึ้นจากก้านกระทุ้งที่เพิ่มเข้ามาและแรงสะท้อนที่สูงเนื่องจากแรงกระแทกของก้านกระทุ้งที่กระทำต่อชุดลูกเลื่อน ซึ่งส่งผลต่อความแม่นยำในนัดถัดไป

ระบบปฏิบัติการด้วยแก๊สแบบแก๊สพุงหน้าลูกเลื่อนใช้ในกลุ่มประเทศโลกตะวันตกอย่างยาวนานเนื่องจากน้ำหนักที่เบา ความแม่นยำสูง ผลิตและดูแล



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบปืน AR-15 (บน) ก้านกระทุ้งระยะชักสั้น (ล่าง) แก๊สพุงหน้าลูกเลื่อน

รักษาได้ง่าย การวิวัฒนาการจึงมุ่งเน้นในด้านการลดมิติเพื่อความสะดวกต่อตัวและล้ากล้องแบบเกลียวสั้นลงเพื่อรับกระสุนที่ความเร็วสูงขึ้น ในปี 2001 [12] หน่วยบัญชาการสงครามพิเศษ USSOCOM ได้พบว่า อาวุธปืนมีความไม่น่าเชื่อถือในบางสภาพแวดล้อม จึงกลายเป็นจุดเปลี่ยนในการพัฒนาระบบปืน AR-15 เป็นระบบปฏิบัติการด้วยแก๊สแบบก้านกระทุ้งดังแสดงในรูปที่ 3 [5] และมีการผลิตใช้อย่างแพร่หลายทั่วโลก เพราะได้รับการพิสูจน์ว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่า AR-15 ในระบบปฏิบัติการด้วยแก๊สแบบแก๊สพุ่งหน้าลูกเลื่อน

สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (สทป.) ดำเนินการวิจัยและพัฒนาต้นแบบปืนสั้นและปืนยาวฝึกทางยุทธวิธีกึ่งอัตโนมัติ สำหรับระบบเครื่องช่วยฝึกใช้อาวุธเสมือนจริง (โครงการวิจัยพื้นฐานปี 2562 เรื่อง การวิเคราะห์การออกแบบระบบปืนฝึกทางยุทธวิธีด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์) [13] ซึ่งได้นำปืน EMTAN M4A1 ที่ได้รับอนุญาตจากความร่วมมือและร่วมทุนระหว่างสถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ บริษัท สหพัฒน์พัฒนา จำกัด และบริษัท เอ็มตันคาร์เมิล จำกัด (ผู้ผลิตปืน EMTAN) มาทำการออกแบบและปรับปรุงโครงสร้างภายในให้มีการแทนที่ด้วยระบบลม ซึ่งมีวาล์วสำหรับปล่อยลมเมื่อทำการลั่นไกเพื่อกระตุ้นการทำงานของระบบเซนเซอร์ที่ใช้แทนกระสุนจริงทำให้เหมือนยิงโดนเป้าหมายที่อยู่ในจอสำหรับช่วยฝึก ดังนั้น การออกแบบระบบภายในตัวปืนให้มีความทนทานต่อการใช้งานด้วยระบบลมจึงมีความสำคัญ

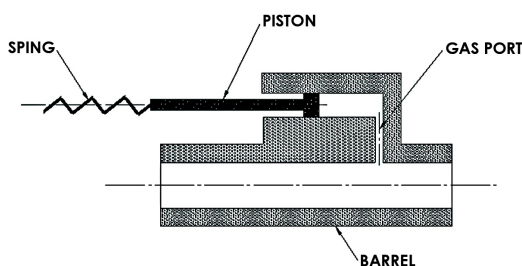
3. การออกแบบขั้นต้น

สำหรับระบบอาวุธแบบอัตโนมัติที่ใช้ปืนเล็กยาวแบบระบบปฏิบัติการด้วยแก๊สนั้น แก๊สที่แรงดันและอุณหภูมิหนึ่งจะถูกนำมาใช้งานสำหรับการขับเคลื่อนระบบเชิงกลของปืนเล็กยาวอัตโนมัติ

โดยความดันของแก๊สจะต้องมีความสอดคล้องต่อแรงที่เพียงพอในการขับเคลื่อนระบบเชิงกลของปืนเล็กยาวอัตโนมัติ เช่น การคัดปลอกกระสุน (Cartridge Extraction) และส่งถ่ายโมเมนตัมให้เพียงพอต่อการขับเคลื่อนลูกเลื่อน (Bolt) เพื่อป้อนกระสุนเข้าลำเพลิง เป็นต้น

ขนาดของแรงดันส่งผลกระทบต่อวงจรการทำงานของปืนเล็กยาวอัตโนมัติ ซึ่งการออกแบบค่าความดันต้องไม่ก่อให้เกิดการคัดปลอกกระสุนก่อนขณะที่ปลอกกระสุนยังคงติดอยู่ที่ผนังของรังเพลิง ดังนั้น การออกแบบค่าความดันที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญต่อการส่งถ่ายโมเมนตัมที่เพียงพอต่อการขับเคลื่อน เพื่อให้ระบบปืนเล็กยาวสามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมและถูกจังหวะ

ในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นการศึกษาระบบอาวุธอัตโนมัติแบบระบบปฏิบัติการด้วยแก๊สก้านกระทุ้งดังภาพที่ 4 ซึ่งจะประกอบไปด้วยลำกล้อง (Barrel)



รูปที่ 4 แสดงไดอะแกรมอย่างง่ายของระบบปฏิบัติการด้วยแก๊สแบบก้านกระทุ้ง

ที่เจาะรูดักแก๊ส (Gas Port) ทำให้แก๊สไหลเข้าไปยังก้านกระทุ้ง (Piston) ซึ่งก้านกระทุ้งก็จะไปดันส่วนของชิ้นงานรื้อคอยล์ที่อยู่ด้านท้ายต่อไป โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีของ J. H. Spurk [14] โดยเวลาของวงจรการยิง (Firing Cycle) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$t_c = \frac{60}{f_r} \quad (1)$$

โดยที่ f_r คือ อัตราการยิง (นัด/นาที)

ระยะเวลาการถอยกลับ (Recoil: t_r) และ

ระยะเวลาการต้านการถอยกลับ (Counter Recoil: t_{cr})

สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2) และ (3)

$$t_r = \frac{2\epsilon L}{v_{cr}} \quad (2)$$

และ

$$t_{cr} = \frac{2L}{v_{cr}} \quad (3)$$

โดยที่

v_{cr} คือ ความเร็วของการต้านทานการถอยกลับ

L คือ ระยะการถอยกลับหรือระยะที่ชุดลูกเลื่อนเคลื่อนที่

ϵ คือ ประสิทธิภาพของระบบ

จัดรูปสมการที่ (2) และ (3) จะได้สมการที่ (4)

$$t_r = \epsilon t_{cr} \quad (4)$$

โดยความเร็วการถอย (Recoil Velocity: v_r)

และการต้านการถอย (Counter-recoil Velocity: v_{cr})

สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (5) และ (6)

$$v_r = \frac{2L}{t_r} \quad (5)$$

และ

$$v_{cr} = \frac{2L}{t_{cr}} \quad (6)$$

ดังนั้น พลังงานจลน์ (E_r) ของชิ้นส่วนรีคอยล์

(Recoiling Part) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (7)

$$E_r = \frac{1}{2} M_r v_r^2 \quad (7)$$

M_r คือมวลของชิ้นส่วนรีคอยล์

ดังนั้น สามารถคำนวณแรงที่กระทำกับก้านกระทุ้ง (F_a) ได้จากสมการที่ (8)

$$F_a = \frac{E_r}{L} \quad (8)$$

ดังนั้น ความดันที่เกิดกับก้านกระทุ้ง (P_c)

สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (9)

$$P_c = \frac{F_a}{A_t} \quad (9)$$

A_t คือ พื้นที่หน้าตัดก้านกระทุ้ง

อย่างไรก็ตาม ในการออกแบบสามารถประเมิน

ความดันในรูตักแก๊สให้เป็นความดันค่าวิกฤติ (P_c) ดังนั้น

ความดันที่เกิดในลำกล้อง (P_b) จะสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (10)

$$P_b = \frac{P_c}{0.53} \quad (10)$$

ดังนั้น ผลคูณระหว่างความดันและเวลาซึ่ง

แสดงพื้นที่ใต้กราฟของความสัมพันธ์ของความดัน

และเวลาสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (11)

$$A_{pt} = P_b t \quad (11)$$

โดยที่ $t = M \frac{v_r}{F_a}$,

M คือ มวลของระบบถอยกลับ

น้ำหนักของแก๊ส (W_c) ที่ไหลเข้าไปในช่อง

ของก้านกระทุ้งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (12)

$$W_c = W_g \left(\frac{V_c}{V_b} \right) \left(\frac{P_c}{P_b} \right)^{\frac{1}{k}} \quad (12)$$

โดย V_c และ V_b คือ ปริมาตรก้านกระทุ้ง

และปริมาตรลำกล้องตามลำดับ

W_g คือ น้ำหนักทั้งหมดของแก๊ส

ดังนั้น พื้นที่ของช่องแก๊สสามารถคำนวณได้

ดังสมการที่ (13)

$$A_o = \frac{W_c}{K_w A_{pt}} \quad (13)$$

โดยค่า K_w สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (14)

$$K_w = C \sqrt{\frac{gk}{RT} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}} \quad (14)$$

โดย C คือ สัมประสิทธิ์ช่องแก๊ส

k คือ ค่าสัดส่วนความร้อนจำเพาะของแก๊ส
ในอุดมคติ

g คือ แรงโน้มถ่วงโลก

R คือ ค่าคงที่ของแก๊ส

T คือ อุณหภูมิของแก๊ส

ในส่วนของสปริงนั้น พลังงานที่ดูดซับโดยสปริง
(E_r) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (15)

$$E_r = \frac{1}{2} M_b v_r^2 \quad (15)$$

โดยที่ M_b คือ มวลของลูกเลื่อน

และค่าคงที่สปริง (K) สามารถคำนวณได้จาก
สมการที่ (16)

$$K = \frac{2Fa}{2074T - L_d} \quad (16)$$

โดยที่ T คือ เวลาการคืนตัวของสปริง
ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (17)

$$T = \frac{T_c}{3.8} \quad (17)$$

ที่ซึ่ง T_c สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (18)

$$T_c = t_r - t \quad (18)$$

และแรงสปริงเฉลี่ย (F_a) สามารถคำนวณได้
ดังสมการที่ (19)

$$F_a = \epsilon \frac{E_r}{L_d} \quad (19)$$

ที่ซึ่ง L_d สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (20)

$$L_d = L - L_t \quad (20)$$

โดย L คือ ระยะการเคลื่อนที่ของลูกเลื่อน

L_t คือ ระยะการเคลื่อนที่ของก้านกระทุ้ง

แรงสปริงที่ใช้ขับเคลื่อนที่ลูกเลื่อนหดตัว (F_m)
คำนวณได้จากสมการ (21)

$$F_m = F_a + \frac{1}{2} KL_d \quad (21)$$

แรงการขับสปริงเมื่อก้านสัมผัสลูกเลื่อน
(F_o) คำนวณได้จากสมการ (22)

$$F_o = F_m - KL \quad (22)$$

ระยะเวลาที่ลูกเลื่อนเคลื่อนที่ถอย (t_r)
คำนวณได้จากสมการ (23)

$$t_r = \sqrt{\epsilon \frac{M_b}{K}} \cos^{-1} \left(\frac{F_o}{F_m} \right) \quad (23)$$

ระยะเวลาการต้านการถอย (t_{cr}) คำนวณได้
จากสมการ (24)

$$t_{cr} = \sqrt{\frac{M_b \cos^{-1} \left(\frac{F_o}{F_m} \right)}{\epsilon K}} \quad (24)$$

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวดทำสปริง (d)
คำนวณได้จากสมการ (25)

$$d = 0.27 \sqrt[3]{DKT} \quad (25)$$

โดยที่ (D) คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ
คอยล์สปริง

จำนวนของเกลียวของสปริง (N) คำนวณได้
จากสมการ (26)

$$N = \frac{Gd^4}{8D^3K} \quad (26)$$

โดยที่ G คือ ค่าโมดูลัสความเฉือนของวัสดุที่
ใช้ทำสปริง

ระยะความยาวของคอยล์สปริง (H_s) คำนวณ
ได้จากสมการ (27)

$$H_s = Nd \quad (27)$$

อัตราการยิงใหม่ (f_r') คำนวณได้จากสมการ (28)

$$f_r' = \frac{60}{t_c'} \quad (28)$$

โดยที่ t_c' คือ ผลรวมของเวลาครบรอบการยิงใหม่
ซึ่งหาได้จากสมการ (29)

$$t_c' = t + t_r' + t_{cr}' \quad (29)$$

ที่ซึ่ง t_r' สามารถคำนวณได้จากสมการ (30)

$$t_r' = \sqrt{\epsilon \frac{M_b}{K}} \cos^{-1} \left(\frac{F_o}{F_m} \right) \quad (30)$$

และ t_{cr}' สามารถคำนวณได้จากสมการ (31)

$$t'_{cr} = \sqrt{\frac{M_b}{eK} \cos^{-1} \left(\frac{F_o}{F_m} \right)} \quad (31)$$

จากสมการที่ 28 นั้น สามารถที่จะคำนวณค่าอัตราการยิงออกมาได้เพื่อเทียบกับค่าที่ต้องการโดยการคำนวณนั้นอาจต้องใช้การทำซ้ำเพื่อให้ค่าอัตราการยิงทั้งสองนั้นมีค่าแตกต่างกันในปริมาณที่ยอมรับได้

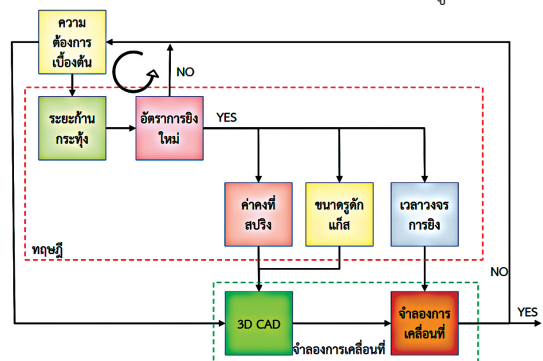
การวิจัยและพัฒนา นั้น เป็นการศึกษา วิจัย การออกแบบระบบโครงสร้างของปืนเล็กยาวอัตโนมัติแบบก้านกระทุ้ง พบว่า ความสัมพันธ์ของแรงที่ใช้ในการผลักดันลูกเลื่อนในการขับเคลื่อนระบบเชิงกลต้องสอดคล้องกับแรงดันของแก๊ส เนื่องจากแรงดันแก๊สส่งผลต่อวงจรการทำงานของปืนเล็กยาวอัตโนมัติ ดังนั้น การพัฒนาความเชื่อมโยงระหว่างการออกแบบมิติก้านกระทุ้งและความดันแก๊สที่ต้องการจึงเป็นหัวใจสำคัญในการวิจัย ออกแบบ และพัฒนาระบบปืนเล็กยาวอัตโนมัติ

โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการออกแบบระบบอัตโนมัติของปืนเล็กยาวปฏิบัติการด้วยแก๊สแบบก้านกระทุ้งระยะสั้นที่ได้กล่าวข้างต้น โดยใช้ปืนเล็กยาวอัตโนมัติตระกูล M4A1 เป็นตัวตั้งต้น โดยมีคุณลักษณะและตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวแปรและคุณลักษณะปืนเล็กยาวอัตโนมัติ

คุณลักษณะ	ตัวแปร	ค่า
กระสุน	-	5.56x45
พื้นที่หน้าตัดลำกล้อง	A_b	0.03955 in ²
อัตราการยิง	f_r	950 นัดต่อนาที
ความยาวลำกล้อง	L_{bt}	14.5 นิ้ว
ปริมาตรรังเพลิง	V_{ch}	0.14688 in ³
เส้นผ่านศูนย์กลางก้านกระทุ้ง	d_t	0.174 in
ระยะเคลื่อนที่ของลูกเลื่อน	L	3.7528 in
น้ำหนักชุดลูกเลื่อน	W_r	0.4686 ปอนด์
ค่าประสิทธิภาพของกลไก	ϵ	0.4

ในการวิจัยนี้มีขอบเขตของการศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของปืน โดยมุ่งเน้นไปยังระยะการเคลื่อนที่ของก้านกระทุ้ง (L_t) ที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงที่ใช้ในการผลักดันลูกเลื่อนในการขับเคลื่อน (F_d) แรงดันของแก๊ส (P_c) ขนาดของสปริง (D) ขนาดของรูตักแก๊ส (D_o) และเวลาของวงจรการยิง (f_r) ระยะการทำงานของก้านกระทุ้งที่เหมาะสมจะทำให้ปืนมีการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นไปตามคุณลักษณะที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 โดยระยะการเปลี่ยนแปลงของระยะเคลื่อนที่ของก้านกระทุ้ง (L_t) ที่ศึกษานั้น มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0 – 4 นิ้ว และผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำไปขึ้นแบบสามมิติและทำการจำลองการเคลื่อนที่เพื่อเปรียบเทียบผลจากการวิเคราะห์ด้วยทฤษฎี โดยแผนผังของวิธีการดำเนินงานวิจัยนี้แสดงดังรูปที่ 5

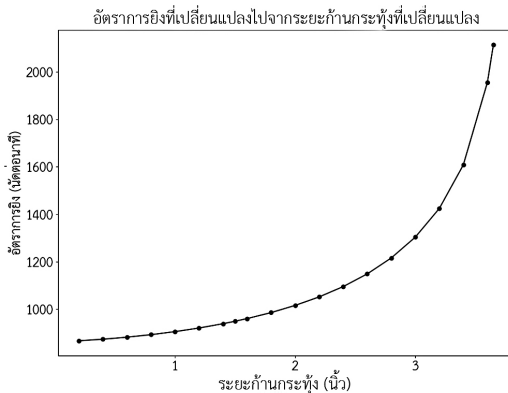


รูปที่ 5 วิธีการดำเนินงานวิจัย

4. ผลการศึกษา

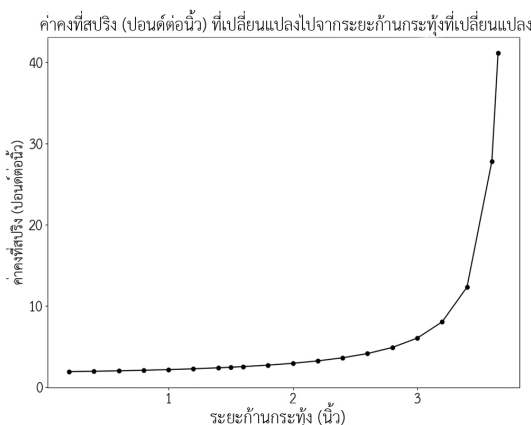
จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระยะก้านกระทุ้งพบว่า การเปลี่ยนแปลงของการกระทุ้งมีผลต่อแรงที่ใช้ในการผลักดันลูกเลื่อน แรงดันของแก๊ส ขนาดของสปริง ขนาดของรูตักแก๊ส และเวลาของวงจรการยิงอย่างมีนัยสำคัญ รูปที่ 6 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของอัตราการยิงแปรผันตามระยะก้านกระทุ้ง ซึ่งได้จากการคำนวณสมการที่ (28) ยิ่งระยะก้านกระทุ้งเพิ่มมากขึ้นอัตราการยิงก็จะเพิ่มมากขึ้นตามแบบทวีคูณในช่วงระยะการเปลี่ยนแปลงของระยะเคลื่อนที่ของก้านกระทุ้งระยะสั้น ๆ นั้น สามารถประมาณได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบของเชิงเส้น ซึ่งในการออกแบบ

ควรเลือกช่วงที่ระยะก้านกระทุ้งเปลี่ยนแปลงมาก แต่ส่งผลน้อยต่ออัตราการยิง ซึ่งทำให้ระบบการทำงาน ไม่มีผลกระทบต่อก้านกระทุ้งที่เปลี่ยนแปลงไปมากนัก จากรูปที่ 6 จะเห็นว่าระยะก้านกระทุ้งที่ดีไม่ควรเกิน 2 นิ้ว



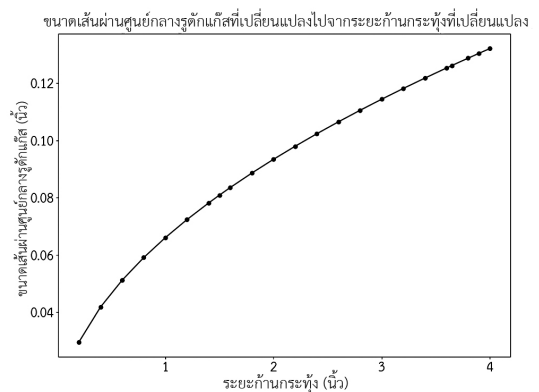
รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงระยะเคลื่อนที่ก้านกระทุ้ง (L_t) ต่ออัตราการยิง (f_r)

รูปที่ 7 แสดงถึงระยะเคลื่อนที่ก้านกระทุ้งต่อค่าคงที่ของสปริง ซึ่งได้จากการคำนวณสมการที่ (16) จะเห็นว่าในช่วงระยะก้านกระทุ้งไม่เกิน 2 นิ้ว ค่าคงที่สปริง จะมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และจะลู่เข้าสู่ค่าอนันต์ เมื่อระยะเคลื่อนที่ก้านกระทุ้งเข้าใกล้ค่า 3.65 นิ้ว ซึ่งในการออกแบบจะเลือกช่วงที่ก้านกระทุ้งมีผลต่อค่าคงที่ของสปริงที่น้อย ซึ่งคือระยะก้านกระทุ้งไม่ควรเกิน 2 นิ้ว



รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงระยะเคลื่อนที่ก้านกระทุ้ง (L_t) ต่อค่าคงที่ของสปริง

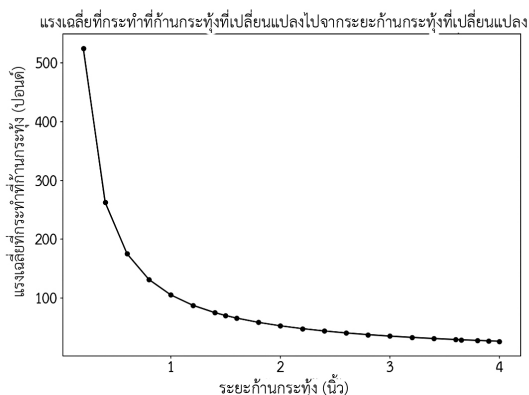
เมื่อระยะเคลื่อนที่ก้านกระทุ้งเปลี่ยนจะส่งผลให้พื้นที่ของขนาดช่องแก๊สเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (13) จะมีความสัมพันธ์ไม่เชิงเส้นเล็กน้อยในช่วงระยะเคลื่อนที่ก้านกระทุ้งต่ำกว่า 1 นิ้ว และที่ระยะเคลื่อนที่ก้านกระทุ้งมากกว่า 1 นิ้ว ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเคลื่อนที่ก้านกระทุ้งและขนาดช่องแก๊สเป็นความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นโดยประมาณ โดยในการออกแบบนั้นขนาดของรูตักแก๊สจะเป็นไปตามระยะของก้านกระทุ้งที่เลือกใช้



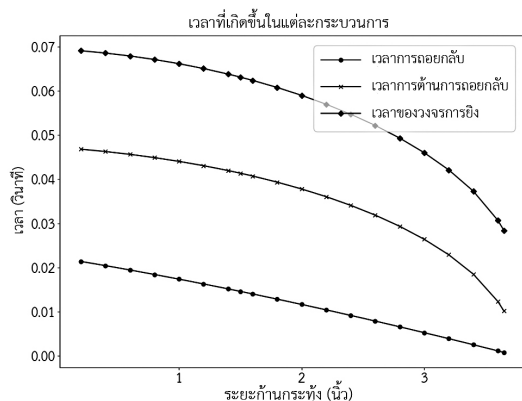
รูปที่ 8 การเปลี่ยนระยะเคลื่อนที่ก้านกระทุ้ง (L_t) ต่อขนาดช่องแก๊ส (Orifice Diameter)

รูปที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงของระยะก้านกระทุ้งต่อแรงที่กระทำที่ก้านกระทุ้ง ซึ่งได้จากการคำนวณสมการที่ (8) พบว่า ยิ่งระยะเคลื่อนที่ก้านกระทุ้งสูงขึ้นแรงที่กระทำที่ก้านกระทุ้งมีค่าลดลง และความสัมพันธ์ระหว่างระยะเคลื่อนที่ก้านกระทุ้งและแรงที่กระทำที่ก้านกระทุ้งเป็นความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วที่ระยะเคลื่อนที่ก้านกระทุ้งสั้น ซึ่งหากเลือกระยะก้านกระทุ้งที่ต่ำกว่า 1 นิ้ว พบว่า แรงที่กระทำต่อก้านกระทุ้งจะมีค่าสูง ซึ่งส่งผลกระทบต่อขนาดของโครงสร้างที่ต้องมีขนาดใหญ่ และนำมาด้วยน้ำหนักที่เพิ่มมากขึ้น โดยเมื่อพิจารณาแรงเฉื่อยที่กระทำต่อก้านกระทุ้งแล้วพบว่า ระยะก้านกระทุ้งที่ควรเลือกใช้ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว

โดยสรุปรวมจากรูปที่ 6 - 9 แสดงให้เห็นว่า ระยะก้านกระทุ้งที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 1 - 2 นิ้ว



รูปที่ 9 การเปลี่ยนระยะเคลื่อนที่ก้านกระตุ่ง (L_t) ต่อแรงที่กระทำที่ก้านกระตุ่ง



รูปที่ 10 การเปลี่ยนระยะเคลื่อนที่ก้านกระตุ่ง (L_t) ต่อเวลาวงจรการยิง

รูปที่ 10 แสดงการเปลี่ยนแปลงของระยะก้านกระตุ่งต่อเวลาวงจรการยิง ซึ่งได้จากการคำนวณด้วยสมการที่ (29), (30) และ (31) พบว่า เวลาของวงจรการยิงจะลดลงเมื่อระยะเคลื่อนที่ก้านกระตุ่งเพิ่มขึ้น กล่าวคือ สามารถยิงได้เร็วขึ้นถ้าเพิ่มระยะเคลื่อนที่ก้านกระตุ่ง

จากรูปที่ 10 พบว่า หากต้องการระยะก้านกระตุ่งให้มีผลลัพธ์เป็นตามข้อมูลในตารางที่ 1 โดยพิจารณาตัวแปรอัตราการยิงเป็นหลัก ซึ่งเป็นคุณสมบัติหลักของอาวุธปืนที่ต้องทำให้ได้ จะได้ว่าระยะการเคลื่อนที่ของก้านกระตุ่งนั้นต้องมีค่าอยู่ในช่วง 1.3 - 1.5 นิ้ว

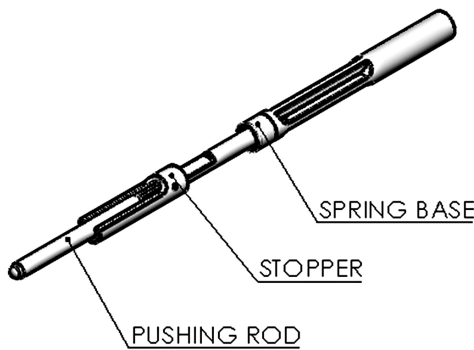
ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้ว่าระยะก้านกระตุ่งที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 1 - 2 นิ้ว

โดยเงื่อนไขข้อตรรกการยิงที่ต้องทำให้ได้เท่ากับ 950 นัดต่อนาที จากรูปที่ 3 จะได้ว่าต้องการระยะก้านกระตุ่งที่มีค่าอยู่ในช่วง 1.3 - 1.5 นิ้ว โดยจากระยะก้านกระตุ่งนี้สามารถคำนวณตัวแปรอื่นได้จากสมการที่ (11), (17), (28), (29), (30) และจากรูปที่ 4 - 7 ซึ่งจะได้ค่าการออกแบบของตัวแปรอื่นดังตารางที่ 2 ซึ่งค่าของตัวแปรเหล่านี้เพียงพอต่อการนำไปออกแบบเฉพาะส่วนระบบก้านกระตุ่งต่อไป

ตารางที่ 2 ค่าของตัวแปรอื่นเมื่อระยะการกระตุ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1.3 - 1.5 นิ้ว

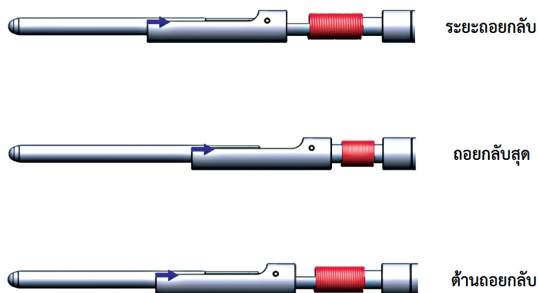
ตัวแปร	ค่า
อัตราการยิง f_r	950 นัดต่อนาที
เวลาวงจรการยิง t_c	0.063 วินาที
รูตักแก๊ส D_o	0.08 นิ้ว
ระยะเวลาลอยกลับ t_r	0.0119 วินาที
ระยะเวลาด้านการถอยกลับ t_{cr}	0.0338 วินาที
ระยะเวลาสปริงยุบตัว t	0.0137 วินาที
ระยะเวลาสปริงคืนตัว T_C	0.0036 วินาที
ค่าคงที่สปริง K	2.2 ปอนด์ต่อนิ้ว

ในเบื้องต้นได้นำค่าที่ได้จากตารางที่ 2 มาใช้ในการออกแบบชิ้นส่วนเบื้องต้นด้วยโปรแกรม CAD 3 มิติ ดังแสดงในรูปที่ 11 โดยชิ้นส่วนที่ได้นี้เป็นชิ้นส่วนเฉพาะบริเวณก้านกระตุ่งเท่านั้น โดยในบริเวณส่วนกลางระหว่าง Stopper และ Spring Base จะมีสปริงใส่อยู่ (ไม่ได้แสดงไว้ในรูป) โดยสปริงนี้จะทำให้เกิดการต้านการถอยกลับโดยค่าคงที่ของสปริงจะมีค่าดังแสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 11 แสดงแบบสามมิติของระบบก้านกระทุ้งที่พัฒนาขึ้นมา

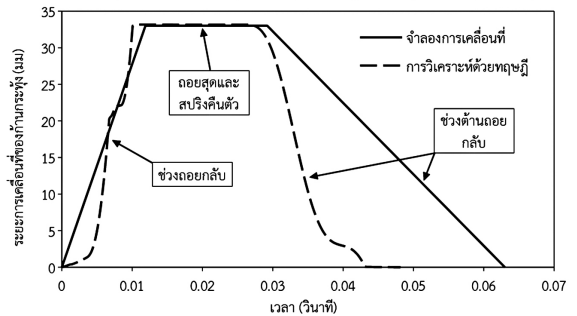
โดยชิ้นงานที่ได้ (แสดงในรูปที่ 11) นำมาทำการจำลองการเคลื่อนที่โดยใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปด้วยการกำหนดมวลให้กับชิ้นงาน การกำหนดแรงกระทำที่ได้จากรูปที่ 9 ระยะเวลาในช่วงต่าง ๆ และค่าคงที่ของสปริงที่ได้จากตารางที่ 2 ทำให้สามารถทำการจำลองการเคลื่อนที่ของก้านกระทุ้งได้ ดังแสดงในรูปที่ 12 จะเห็นถึงก้านกระทุ้งที่เคลื่อนที่ถอยหลัง (ไปทางขวา) พร้อมกับสปริงที่ถูกกดลงไปจนสุด และคืนตัวกลับมาจากแรงกระทำที่ก้านกระทุ้งนี้



รูปที่ 12 แสดงการเคลื่อนที่ของระบบก้านกระทุ้ง

ในการตรวจสอบการออกแบบเบื้องต้นนี้จะใช้การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลตัวแปรที่ได้จากทฤษฎีในหัวข้อที่ 3 (แสดงดังตารางที่ 2) เทียบกับผลลัพธ์ของการเคลื่อนที่ของก้านกระทุ้งเทียบกับเวลาที่ได้จากการจำลองการเคลื่อนที่ที่แสดงในรูปที่ 13 จะเห็นถึงกระบวนการช่วงถอยกลับ ถอยสุด และสปริงคืนตัว

และช่วงด้านการถอยกลับ โดยทฤษฎีและการจำลองการเคลื่อนที่นั้นมัลล์พอร์ทที่ใกล้เคียงกัน แต่ยังมีข้อแตกต่างที่ยังต้องปรับปรุง ซึ่งจะพัฒนาในขั้นต่อไป



รูปที่ 13 แสดงผลของการเคลื่อนที่ของระยะการเคลื่อนที่ของก้านกระทุ้งที่ได้จากการจำลองการเคลื่อนที่และจากทฤษฎี

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการวิจัยในลักษณะการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้รับการทบทวนวรรณกรรม วิชานิพนธ์ และบทวิจารณ์ที่ได้รับ การตีพิมพ์และวิเคราะห์เชิงข้อมูล เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของอาวุธปืนเล็กยาวอัตโนมัติแบบระบบแก๊สพุงหน้าลูกเลื่อนและระบบก้านกระทุ้ง การเปลี่ยนแปลงสมรรถนะของอาวุธปืนเล็กยาวอัตโนมัติเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงไปจากระบบปืนอัตโนมัติจากระบบแก๊สพุงหน้าลูกเลื่อน เป็นระบบก้านกระทุ้งช่วงชักสั้นตลอดจนการวิเคราะห์ข้อดีและข้อเสียที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงระบบโครงสร้างของปืนเล็กยาวอัตโนมัติแบบแก๊สพุงหน้าลูกเลื่อนและแบบก้านกระทุ้ง

ผลการทบทวนวรรณกรรมระบบปืน AR15/M4/M16 ซึ่งเป็นปืนเล็กยาวอัตโนมัติที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายและได้มีวิวัฒนาการอย่างต่อเนื่องแสดงให้เห็นว่าระบบปืนอัตโนมัติด้วยระบบปฏิบัติการด้วยแก๊สแบบแก๊สพุงหน้าลูกเลื่อน (Direct Impingement) และแบบก้านกระทุ้ง (Gas Piston) เป็นระบบอัตโนมัติ

ที่นิยมใช้ และจากรายงานการใช้งาน พบว่า ระบบปืนเล็กยาวอัตโนมัติแบบก้านกระทุ้งมีความน่าเชื่อถือสูงกว่าแก๊สพุงหน้าลูกเลื่อน

นอกเหนือจากนี้งานวิจัยในส่วนของ การวิจัยพัฒนาเชิงประยุกต์ ซึ่งเป็นการวิจัยและออกแบบระบบโครงสร้างของปืนเล็กยาวอัตโนมัติแบบแก๊สพุงหน้าลูกเลื่อนและแบบก้านกระทุ้งพบว่า ความสัมพันธ์ของระยะการเคลื่อนที่ของก้านกระทุ้งมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีทั้งแบบที่สัมพันธ์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น โดยค่าที่เหมาะสมของการออกแบบเบื้องต้นอยู่ที่ 1.3 - 15 นิ้ว ตามค่าการออกแบบที่ต้องการ ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์นี้ได้นำไปออกแบบในเบื้องต้นและทำการจำลองการเคลื่อนที่ พบว่า ค่าที่ได้มีความสอดคล้องไปตามทฤษฎี แต่ยังมีข้อแตกต่างที่ยังต้องแก้ไขและพัฒนาต่อไป การต่อยอดงานวิจัยนี้ในอนาคตจะมุ่งเน้นไปในการจำลองการเคลื่อนที่โดยประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์ของไหลแบบพลศาสตร์ในการสร้างแก๊สที่ผลักดันชุดลูกเลื่อนให้เคลื่อนที่ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นความร่วมมือระหว่างสถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (สทป.) บริษัท สหพัฒน์กิจ จำกัด และบริษัท เอ็มดันคาร์เมียว จำกัด ในการร่วมวิจัยเพื่อนำไปสู่การร่วมทุน (WMI) สำหรับการสร้างขีดความสามารถในการผลิตอาวุธปืนภายในประเทศ

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] History Detectives. "Gun Timeline." PBS.org. <https://www.pbs.org/opb/historydetectives/technique/gun-timeline/> (accessed Mar. 3, 2024).
- [2] The Editors of Encyclopaedia Britannica. "Machine Gun." BRITANNICA.com. <https://www.britannica.com/technology/machine-gun> (accessed Mar. 3, 2024).
- [3] R. C. Rattenbury. "Rifle." BRITANNICA.com. <https://www.britannica.com/technology/rifle> (accessed Mar. 3, 2024).
- [4] C. Baker. "Blowback Versus Recoil Operated Pistols." LUCKYGUNNER.com. <https://www.luckygunner.com/lounge/blowback-versus-recoil/> (accessed Mar. 5, 2024).
- [5] E. Shelton. "How Gas-Operated Rifles Do Their Job." GUNDIGEST.com. <https://gundigest.com/more/how-to/gas-operated-rifles-job> (accessed Mar. 5, 2024).
- [6] S. Jacobs. "Eugene Stoner: The Forgotten History of the Man Who Created 'America's Rifle' - the AR-15." AMMO.com. <https://ammo.com/articles/eugene-stoner-creator-ar-15-americas-rifle-forgotten-history> (accessed Mar. 5, 2024).
- [7] M. Lutes. "Best M16 Lower Receivers

- Rated & Reviewed.” GUNMANN.com. <https://gunmann.com/m16-lower-receivers/> (accessed Mar. 12, 2024).
- [8] K. Scribner. “A Comparison Between AR-15 and M16. Which is Better?.” STAR2.org. <https://www.star2.org/ar-15-and-m16-comparison/> (accessed Mar. 12, 2024).
- [9] A. Feickert, “The Army’s M-4 Carbine: Background and Issues for Congress,” Congressional Research Service, Washington, D.C., USA, Rep. RS22888, 2009.
- [10] M. Cox. “Newer Carbines Outperform M4 in Dust Test.” FNFORUM.net. <https://www.fnforum.net/threads/newer-carbines-outperform-m4-in-dust-test.2323/> (accessed Mar.18, 2024).
- [11] G. L. Rottman, *The AK-47: Kalashnikov-series Assault Rifles (Weapon)*. Oxford, UK: Osprey Publishing, 2011.
- [12] “Posture Statement of Admiral Eric T. Olson, USN Commander United States Special Operations Command Before The 112th Congress House Armed Services Committee March 3, 2011.” IRP.FAS.org. https://irp.fas.org/congress/2011_hr/030311olson.pdf (accessed Mar. 12, 2024).
- [13] สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ, “โครงการวิจัยพื้นฐานปี 2562 เรื่อง การวิเคราะห์การออกแบบระบบปืนฝักทางยุทธวิธีด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์,” สทป., ปากเกร็ด, นนทบุรี, ไทย, 2562.
- [14] J. H. Spurk, “The Gas Flow in Gas-operated Weapons,” U.S. Army Aberdeen Research and Development Center, MD, USA, Rep. 1475, 1970.