บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชุดฝึกสถานการณ์จำลองเครื่องยนต์แก๊สโซลีนระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ โดยจะนำเสนอตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

1. สถานการณ์จำลอง
2. ชุดฝึกสถานการณ์จำลอง
3. เครื่องยนต์แก๊สโซลีนระบบฉีดเชื้อเพลิงด้วยอิเล็กทรอนิกส์
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สถานการณ์จำลอง

ความเหมาะสมในการนำเอาสถานการณ์จำลองมาใช้ในทางการศึกษา

Pareek (อ้างในปกาศิต ภัทรรังษี, 2537 หน้า 8) ได้ศึกษางานด้านต่างๆ เกี่ยวกับการใช้สถานการณ์จำลองในทางการศึกษาและได้สรุปว่าการจำลองสถานการณ์มีความเหมาะสมต่อการใช้ดังนี้

1. การจำลองสถานการณ์สามารถเชื่อมโยงวิชาการภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติได้อย่างเหมาะสม
2. การจำลองสถานการณ์ผลักดันให้ผู้เรียนได้เกิดการแสดงออกและเป็นผลต่อเนื่องที่ติดตัวไปตลอด
3. การจำลองสถานการณ์ช่วยให้การเรียนการสอนเป็นไปอย่างปลอดภัย
4. การจำลองสถานการณ์ ทำให้การเร้าอารมณ์ในทางจิตวิทยา
5. การจำลองสถานการณ์ช่วยส่งเสริมทักษะการควบคุมชั้นเรียนให้ดียิ่งขึ้น
6. การจำลองสถานการณ์ช่วยให้การเรียนการสอนเป็นไปอย่างต่อเนื่องและกว้างขวางยิ่งขึ้น
7. การจำลองสถานการณ์ช่วยให้การเรียนการสอนเป็นไปอย่างสอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด
8. การจำลองสถานการณ์ช่วยให้ผู้เรียนสามารถศึกษาค้นคว้าหรือเรียนได้ด้วยตนเอง
9. การจำลองสถานการณ์ช่วยให้ผู้เรียนเห็นสภาพความเป็นจริงได้มากที่สุด

ความหมายของสถานการณ์จำลอง

Isalbe H Beck and Bruce Monroe (อ้างในปกาศิต ภัทรรังษี, 2537, หน้า 12) ได้อธิบายในเรื่อง สถานการณ์จำลองว่า สถานการณ์จำลอง หมายถึง ขบวนการในรูปแบบหรือความคล้ายคลึงสภาพความเป็นจริงที่สร้างขึ้น เพื่อจุดมุ่งหมายที่จะทดสอบสภาวะการณ์หรือเพื่อการเรียนการสอน

Romiszowski (อ้างในปกาศิต ภัทรรังษี, 2537, หน้า 12) ได้กล่าวว่าสถานการณ์จำลองมีความหมายเหมือนกับการพยายามที่จะถ่ายทอดรูปร่างหน้าตาบางอย่างให้ผู้พบเห็นได้สัมผัสกับสิ่งเหล่านั้น แล้วบังเกิดผลเหมือนกับสัมผัสกับของจริงในบางลักษณะตามความต้องการของผู้กระทำสถานการณ์จำลองนั้นเนื่องมาจากผลที่ต้องการบางอย่างในการจำลองสถานการณ์นั่นเอง

การเรียนแบบใช้สถานการณ์จำลอง หมายถึง การที่ผู้เรียนสามารถที่จะหาความรู้และประสบการณ์ได้จากการเรียนในสภาวะที่คล้ายกับสภาพความเป็นจริงทุกประการ การนำเอาสภาพการเรียนแบบใช้สถานการณ์จำลองมาใช้ก็เพื่อจะลดในสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นปัจจัยต่อการศึกษา เช่น ลดค่าใช้จ่าย ลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย เหล่านี้เป็นต้น

องค์ประกอบของสถานการณ์จำลอง

สถานการณ์จำลองประกอบขึ้นด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 6 ประการ

1. วัตถุประสงค์ของสถานการณ์จำลอง สำหรับวัตถุประสงค์นี้จะแสดงเป้าหมายของการฝึกซึ่งผู้ออกแบบและผู้ใช้สถานการณ์จำลองจะต้องมีความเข้าใจอย่างเด่นชัดเพื่อผลสัมฤทธิ์ของการใช้สถานการณ์จำลอง สำหรับวัตถุประสงค์นั้นอาจมีได้หลายประเภท เช่น วัตถุประสงค์ประเภทความรู้เมื่อสถานการณ์จำลองก่อให้เกิดการปฏิบัติการฝึกทักษะ

2. ขอบข่ายความรู้ของสถานการณ์จำลอง เนื่องจากการฝึกสถานการณ์จำลองผู้ฝึกจะต้องมีพื้นฐานความรู้ ความเข้าใจ อย่างกระจ่างในส่วนที่เกี่ยวข้องในการฝึกสถานการณ์จำลองนั้นๆ เพื่อที่จะนำความรู้ที่ได้ไปต่อโยงให้เกิดความรู้ใหม่หรือความเข้าใจในการฝึก ในบางครั้งผู้ฝึกอาจไม่ประสบผลสำเร็จตามความต้องการอันมีสาเหตุจากผู้ฝึกขาดความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวกับสถานการณ์จำลองนั้นๆ อย่างกระจ่าง ดังนั้นขอบข่ายความรู้นี้จึงเป็นตัวกำหนดให้ผู้ออกแบบสถานการณ์จำลองมีความระมัดระวังในการออกแบบให้ผู้ฝึกได้ประสบผลสำเร็จที่ดีอีกด้วย

3. ส่วนที่จำลองสถานการณ์ เนื่องจากการจำลองสถานการณ์นั้นเป็นส่วนที่เปลี่ยนมาจากความเป็นจริง ในบางครั้งลักษณะการเปลี่ยนจากของจริงให้เป็นสถานการณ์จำลอง เพื่อมุ่งหวังให้ผู้ใช้สถานการณ์จำลองเกิดความรู้ หรือเกิดพฤติกรรมการแสดงออกอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือไม่ก็อาจเป็นการจำลองสถานการณ์ เพื่อให้เกิดทั้งความรู้และการแสดงออกพร้อมกันในส่วนที่ถูกเปลี่ยนแปลงมาจากของจริงนี้ ไม่ว่าผู้ออกแบบหรือผู้ใช้การจำลองสถานการณ์ก็ตามจะต้องเข้าใจในเรื่องราวในส่วนที่ถูกเปลี่ยนแปลงนี้เป็นอย่างดี เพื่อผลสัมฤทธิ์ของการฝึกสถานการณ์จำลองนั้น

4. บทบาทของผู้ฝึกที่มีในสถานการณ์จำลอง เนื่องจากการฝึกสถานการณ์จำลองทุกครั้งตัวผู้ฝึกเองจะเป็นส่วนหนึ่งในสถานการณ์ที่สร้างขึ้น ผู้ฝึกจะต้องดำเนินไปตามบทบาทที่เกี่ยวข้องในระหว่างการฝึก ซึ่งบทบาทเหล่านี้อาจถูกให้กระทำตามกำหนดไว้หรือเกิดขึ้นเองโดยอัตโนมัติก็ตามย่อมแล้วแต่วัตถุประสงค์และลักษณะของการจำลองสถานการณ์นั้นๆ

5. กระบวนการเรียนรู้ เนื่องจากสถานการณ์จำลองในการฝึกมักเกี่ยวข้องกับตัวบุคคลเสมอไม่ว่าจะทำงานในสถานการณ์จำลองเป็นกลุ่ม หรือทำงานในสถานการณ์จำลองเพียงลำพัง ถ้าทำงานเป็นกลุ่มจะเป็นการเกี่ยวข้องระหว่างบุคคลและสิ่งแวดล้อมที่จำลอง ถ้าทำงานเพียงลำพังผู้เดียวก็จะเป็นการเกี่ยวข้องระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อมที่จำลอง ฉะนั้นเพื่อผลสัมฤทธิ์ในการใช้สถานการณ์จำลอง ผู้ออกแบบจะต้องเข้าใจจิตวิทยาในการทำงานร่วมกันของบุคคลในสภาวะต่างๆ ซึ่งจะได้ออกแบบสถานการณ์ให้ตรงตามเป้าหมาย

6. เกณฑ์การฝึกในการฝึกสถานการณ์จำลองนั้น ผู้ออกแบบสามารถกำหนดเป้าหมายและทิศทางการดำเนินการฝึกได้ด้วยการตั้งกฎเกณฑ์ (คล้ายหรือเหมือนกับกติกาในการเล่นเกมส์) ในด้านการตั้งกฎเกณฑ์นั้น ผู้ออกแบบมักจะตั้งกฎเกณฑ์ขึ้นจากการคาดการณ์ล่วงหน้าถึงผลสำเร็จที่ต้องการให้ผู้ฝึกปฏิบัติการออกแบบสถานการณ์จำลอง

การออกแบบสถานการณ์จำลอง เพื่อให้สถานการณ์จำลองเกิดประโยชน์ต่อผู้เรียนมากที่สุดนั้นมีหลายขั้นตอนที่ต้องคำนึงถึง สำหรับแนวทางการออกแบบนั้นจะต้องคำนึงถึงเป้าหมายของการเรียน และการฝึกหัดที่ผู้เรียนจะต้องกระทำกับการจำลองสถานการณ์นั้นๆ

ขั้นตอนในการออกแบบการจำลองสถานการณ์ในการเรียนมีให้ 13 ประการตามลำดับดังนี้

1. กำหนดปัญหาต่าง ๆ ในการเรียนการสอนปกติว่ามีอะไรบ้าง
2. แยกรายละเอียดส่วนย่อยของระบบการดำเนินการเรียนการสอน
3. พิจารณาการดำเนินการเรียนการสอน ว่ามีส่วนใดเกี่ยวข้องกับปัญหาต่าง ๆ
4. ตั้งวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในส่วนของบทเรียนนั้น ๆ
5. สร้างเกณฑ์สำหรับการวัดผล
6. เลือกส่วนที่จำลองสถานการณ์
7. เลือกรูปแบบของการจำลองสถานการณ์ที่ต้องการสร้าง
8. พัฒนารายละเอียดต่าง ๆ ของประสบการณ์จำลอง
9. พัฒนาระบบการจำลองสถานการณ์ต้นแบบ
10. ทดสอบระบบการจำลองสถานการณ์ต้นแบบที่สร้างกับกลุ่มย่อย
11. แก้ไขปรับปรุงระบบการจำลองสถานการณ์ต้นแบบ
12. นำต้นแบบที่แก้ไขแล้วไปทดลองภาคสนาม
13. ทำการปรับปรุงระบบการจำลองสถานการณ์ให้ดียิ่งขึ้นต่อไปจากข้อมูลการทดลองภาคสนามนั้น

ประโยชน์ของสถานการณ์จำลอง

การจำลองสถานการณ์ในทางการศึกษามีประโยชน์ทางด้านการเรียนการสอน และด้านการทดสอบทักษะ ซึ่งนักศึกษาได้สรุปเป็นประเด็นสำคัญไว้ดังนี้

1. การใช้สถานการณ์จำลอง ในด้านการเรียนการสอน Romiszowki (1974) ได้กล่าวถึงประโยชน์จากการจำลองสถานการณ์ไว้ดังนี้

1.1 สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ทางการศึกษาได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

1.2 สามารถทำให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ไปประยุกต์ใช้งานในชีวิตจริงได้

1.3 ทำให้การเรียนการฝึกที่ยุ่งยาก สลับซับซ้อน ง่ายต่อการเข้าใจและสร้างประสบการณ์คล้ายประสบการณ์จริง

1.4 สามารถลดค่าใช้จ่ายในทางเศรษฐกิจได้ เช่น อุปกรณ์การฝึกจริงมีราคาแพงชำรุดเสียหายได้ง่าย หรือสื่อของจริงต้องเดินทางไปศึกษาไกลๆ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายมาก เช่น การเรียนภูมิศาสตร์ แก้ได้โดยการเรียนในห้องที่จำลองเกี่ยวกับภูมิศาสตร์แทน

1.5 ให้ความปลอดภัยแก่ผู้เรียน ในกรณีที่งานจริงมีอันตราย หรือ งานที่ยุ่งยากซับซ้อน เช่น การฝึกหัดขับเครื่องบิน การซ้อมรบ เป็นต้น

1.6 ให้ผู้เรียนรู้ได้นอกเหนือจากการเรียนทางด้านเทคนิคอย่างเดียว เช่น สามารถเรียนรู้ทางเชาว์ปัญญา และทางอารมณ์ได้อีก เป็นต้น

1.7 สามารถทำให้ผู้ฝึกสถานการณ์จำลองเกิดแรงจูงใจในการเรียน

1.8 การจำลองสถานการณ์สามารถใช้ในหลักสูตรการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี ภายใต้เงื่อนไขการสร้างอย่างมีสมมุติฐาน การแก้ปัญหาและการสังเกต การประเมินผลและแก้ไขข้อบกพร่องและสร้างการจำลองให้ได้ผลตามต้องการ

2. การใช้สถานการณ์จำลองในด้านการทดสอบทักษะ Butler (1972) ได้สรุปว่า เนื่องจากการใช้อุปกรณ์จริงระหว่างการทดสอบทักษะประสบปัญหายุ่งยาก บางครั้งเราสามารถใช้สถานการณ์จำลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการสร้างสถานการณ์จำลองขึ้นเป็นพิเศษเพื่อใช้ในการทดสอบทักษะเฉพาะอย่างถึงแม้ว่าการจำลองสถานการณ์จะไม่ทำให้เกิดงานได้เหมือนของจริงแต่ก็ไม่เป็นปัญหาในการทดสอบทักษะ เพราะสถานการณ์จำลองจะถูกสร้างอย่างรัดกุมโดยคำนึงถึงลักษณะการจำลองทักษะเป็นอย่างดีซึ่งมีข้อคิดเห็นที่สำคัญ 4 ประการดังนี้

2.1 การจำลองสถานการณ์สามารถที่จะแยกการวัดการทดสอบเฉพาะส่วนย่อยของกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานโดยตรง

2.2 การจำลองสถานการณ์เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าสถานการณ์จริงและยังสามารถสร้างการจำลองไว้เหมือน ๆ กันได้หลายชุด เพื่อสะดวกในการทดสอบทักษะของผู้เรียนพร้อมกันได้หลายๆ คนในแต่ละครั้งของการทดสอบทักษะ

2.3 การจำลองสถานการณ์ นอกจากลดปัญหาความยุ่งยากลงแล้วยังช่วยให้ผู้ทดสอบเกิดความปลอดภัยอย่างแน่นอน

2.4 การจำลองสถานการณ์ บางอย่างอาจควบคุมได้โดยการต่อวงจรไฟฟ้าเพิ่มเติมและควบคุมการขับเคลื่อนด้วยสวิทช์ซึ่งอุปกรณ์จริงไม่สามารถทำได้

Boyd และ Berg (1972) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของสถานการณ์จำลองไว้ว่า การจำลองสถานการณ์นั้นสามารถใช้ในการทดสอบภาคปฏิบัติได้อย่างยอดเยี่ยม โดยเฉพาะสถานการณ์ที่อุปกรณ์จริงไม่สามารถจะทำได้เลย เช่น การจำลองสถานการณ์การฝึกหัดขับเครื่องบิน หรือฝึกหัดนักบินอวกาศ ซึ่งสามารถจะใช้ฝึกและทดสอบเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับชีวิตและทรัพย์สินได้เป็นอย่างดี บางครั้งการจำลองสถานการณ์อาจใช้ในการเรียนหรือการทดสอบตามปกติได้ เช่น การตรวจเช็ควงจรไฟฟ้าในบ้าน การใช้เครื่องมือวัด ฯลฯ เป็นต้น ถึงแม้ว่าการจำลองสถานการณ์จะสร้างขึ้นเพื่อที่จะใช้เพียงบางส่วนของสถานการณ์จริง แต่สถานการณ์จำลองกลับมีข้อดีคือสามารถใช้ได้ง่าย รวดเร็ว ประหยัดและแทนของจริงบางอย่างที่ใช้ในการเรียนและทดสอบไม่ได้

สถานการณ์จำลองเป็นการสร้างสถานการณ์ของปัญหาให้ใกล้เคียงกับสภาพของจริงมากที่สุด โดยให้มีขั้นตอนในการปฏิบัติงานตามเป้าหมายของการเรียนและให้นักศึกษาเกิดความสนใจในการเรียนอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในด้านความปลอดภัย ค่าใช้จ่าย และ เวลาในการฝึก

ชุดฝึกสถานการณ์จำลอง

ลักษณะของชุดฝึกสถานการณ์จำลอง

โดยทั่วไปชุดฝึกสถานการณ์จำลอง จะอยู่ในรูปของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอน เพื่อลดการใช้ของจริงมาประกอบการศึกษา โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสัมผัส เรียนรู้ในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับของจริงมากที่สุด แต่จะมีความสะดวกมากกว่าคือ ในด้านการทำงานและเทคนิคทั่วไป ด้านการใช้งานในการฝึก และด้านการสร้างปัญหาหรือข้อขัดข้องต่างๆ ที่ผู้สอนจะเป็นผู้กำหนดให้ผู้เรียนได้แก้ไขสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

ส่วนประกอบของชุดฝึกสถานการณ์จำลอง

ส่วนประกอบของชุดฝึกสถานการณ์จำลอง ประกอบด้วย

1. สื่อการสอนที่สร้างขึ้นในรูปของชุดฝึกสถานการณ์จำลอง

2. คู่มือการใช้ชุดฝึกสถานการณ์จำลอง ซึ่งอาจประกอบด้วย ใบความรู้ ใบงาน หรือใบแสดงวิธีการใช้งานชุดฝึกสถานการณ์จำลอง เพื่อให้เป็นไปตามขั้นตอนของการเรียนทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ

3. วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องในการจัดการเรียนการสอนในแต่ละบทเรียน ซึ่งอาจประกอบด้วย วัสดุทดลองทดสอบ เชื้อเพลิง เครื่องมือช่างเบื้องต้น และเครื่องมือวัด เป็นต้น

4. แบบทดสอบผลการเรียน เพื่อใช้ประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนหลังการเรียน

การสร้างชุดฝึกสถานการณ์จำลอง

การสร้างชุดฝึกสถานการณ์จำลองมีขั้นตอนโดยสรุปดังนี้

1. ศึกษาเอกสารหลักสูตรรายวิชาที่จะทำการสร้างชุดฝึกสถานการณ์จำลอง

2. วางแผนกำหนดโครงการสอนที่จะต้องมีการฝึกภาคปฏิบัติ

3. ออกแบบชุดฝึกสถานการณ์จำลองให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรรายวิชาและสภาพการเรียนภาคปฏิบัติ

4. วิเคราะห์แบบ และพัฒนาปรับปรุงให้เหมาะสมทั้งในด้าน หลักการทำงาน การใช้งาน ความปลอดภัย ขนาดรูปร่าง ความสวยงาม ต้นทุนการสร้าง วัสดุที่ใช้ ขั้นตอนการสร้าง เป็นต้น

5. สร้างชุดฝึกสถานการณ์จำลอง

6. ทดสอบการใช้งาน

7. ปรับปรุงแก้ไข

8. สร้างคู่มือและแบบทดสอบ

การใช้ชุดฝึกสถานการณ์จำลองในการเรียนการสอน

ในการใช้ชุดฝึกสถานการณ์จำลอง ต้องคำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นกับผู้เรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลทางด้านการพัฒนาความรู้ความสามารถของผู้เรียน ดังนี้

1. ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ประกอบด้วย ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผล

2. ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) ประกอบด้วย การรับรู้ การเตรียม การตอบสนอง วิธีการทำงาน การตอบสนองโดยเปิดเผยและซับซ้อน การปรับตัวให้เหมาะสม และการก่อให้เกิดการสร้างสรรค์ทางพฤติกรรม

3. ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) ประกอบด้วย การรับความรู้สึก การตอบสนอง การตีคุณค่า การจัดระบบ และบรรยายลักษณะนิสัยจากคุณค่าใดคุณค่าหนึ่ง

ขั้นตอนการใช้ชุดฝึกสถานการณ์จำลอง มีดังนี้

1. การนำเข้าสู่บทเรียน (Motivation) เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในบทเรียน

2. การให้ความรู้ (Information) เป็นช่วงที่ผู้สอนให้เนื้อหาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียน

3. การลงมือปฏิบัติโดยใช้ชุดฝึก (Application) เป็นการให้เนื้อหา และขั้นตอนในการปฏิบัติ โดยผู้สอนจะให้ใบงาน (Job Sheet) ที่แสดงถึงขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติงาน รวมทั้งการทดสอบผู้เรียนในการปฏิบัติการแก้ปัญหาข้อขัดข้องที่ผู้สอนได้กำหนดไว้

4. การประเมินผลความก้าวหน้า (Progressive) เป็นการวัดและประเมินผลการเรียนในแต่ละครั้ง ซึ่งอาจใช้วิธีการสังเกตจากการปฏิบัติงาน การทดสอบ และสรุปผลที่ได้จากการปฏิบัติงาน

ประสิทธิภาพของชุดฝึกสถานการณ์จำลอง

ประสิทธิภาพของชุดฝึกสถานการณ์จำลอง ประกอบด้วย

1. การใช้งาน (Function) เป็นผลโดยตรงจากการใช้ประโยชน์จากชุดฝึก ที่มีผลต่อความเปลี่ยนแปลงของผู้ใช้ ซึ่งจะเกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการใช้งาน และอาจรวมไปถึงผลต่อเนื่องในระยะยาวออกไปด้วย

2. ความปลอดภัย (Safety) เมื่อมีการใช้งานชุดฝึก จะต้องไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อบุคคลและสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม

3. ความแข็งแรงของโครงสร้าง (Construction) จะมีผลต่อความมั่นคง ทนทานของชุดฝึกที่เกิดจากการออกแบบโครงสร้างที่ถูกต้องเหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นการเลือกใช้วัสดุ รูปแบบโครงสร้างและการประกอบ ซึ่งต้องคำนึงถึงหลักการทางวิศวกรรม เป็นหลัก

4. ความสะดวกในการใช้งาน (Ergonomics) เป็นการออกแบบชุดฝึกให้มีขนาดสัดส่วนที่สัมพันธ์กับรูปร่าง ลักษณะ และพฤติกรรมของผู้ใช้ โดยคำนึงถึงหลักสมรรถนะวิทยาหรือกายวิภาคเชิงกล (Human Engineering)

5. ความสวยงาม (Aesthetic) เป็นการออกแบบให้มีความสวยงาม เพื่อดึงดูดให้เกิดความสนใจ น่าใช้ยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถออกแบบให้มีรูปทรง รูปร่างลักษณะภายนอกที่สวยงาม การเลือกใช้สีและการตกแต่งลวดลาย เป็นต้น โดยจะต้องออกแบบให้สอดคล้องกับรสนิยมและความสนใจของผู้ใช้เป็นหลัก

6. ต้นทุนการสร้าง (Cost) เป็นหลักการทางการตลาดที่ต้องเน้น "ต้นทุนต่ำ-กำไรสูง"

7. วัสดุและกรรมวิธีผลิต (Material and Process) การเลือกใช้วัสดุและกรรมวิธีการสร้างที่เหมาะสมย่อมช่วยให้สะดวกต่อการสร้าง และลดต้นทุนการสร้าง

8. อะไหล่และการซ่อมบำรุง (Spare and Mantainant) การออกแบบชุดฝึกที่ดี จะต้องคำนึงถึงการซ่อมบำรุงในภายหลัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีการใช้ชิ้นส่วนมาตรฐาน ย่อมสะดวกต่อการเปลี่ยนถ่ายอะไหล่ในภายหลังหากเกิดการเสื่อมชำรุด

9. การขนส่งเคลื่อนย้าย (Transportation and Movement) เป็นความสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายเพื่อนำไปใช้งานและเก็บรักษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสร้างชุดฝึกที่มีขนาดใหญ่ หรือมีน้ำหนักมาก

10. การเก็บและการรักษาความสะอาด (Storage and Cleaning) มีผลต่อคุณภาพ อายุการใช้งาน และความสวยงามของชุดฝึก หากมีการออกแบบที่ไม่คำนึงถึงจุดนี้

การใช้ชุดฝึกสถานการณ์จำลองต้องมีการทำแผนการสอน โดยคำนึงถึงระดับความรู้ที่จะเกิดขึ้นกับผู้เรียน ทางด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และมีการจัดขบวนการจัดการเรียนการสอนที่สมบูรณ์

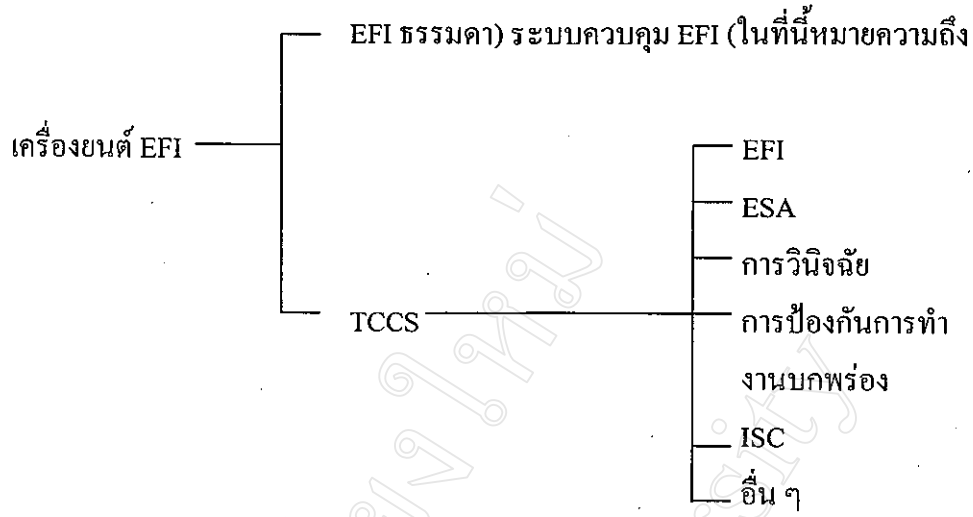
เครื่องยนต์แก๊สโซลีนระบบฉีดเชื้อเพลิงด้วยอิเล็กทรอนิกส์

ประวัติของเครื่องยนต์ ECCS

ระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ (ECCS : Electronic Concentrate Control System) เป็นระบบจ่ายเชื้อเพลิงที่ใช้แทนคาร์บูเรเตอร์ ซึ่งบริษัทโตโยต้าได้พัฒนาระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ (EFI) ขึ้นในปี พ.ศ. 2514 ซึ่งจ่ายเชื้อเพลิงให้แก่เครื่องยนต์ โดยการควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์เข้าไปในช่องไอดีได้ดีกว่าคาร์บูเรเตอร์ และปัจจุบันรู้จักกันในชื่อของ ECCS

คอมพิวเตอร์ควบคุมระบบ EFI ครั้งแรกมีสัญญาณมาจากวงจร Analog ซึ่งใช้ประโยชน์จากการเก็บประจุของตัวเก็บประจุ ในปัจจุบันได้ใช้คอมพิวเตอร์ที่ประกอบไปด้วยวงจรดิจิตอลกับไมโครโปรเซสเซอร์ ในการควบคุมระบบ EFI ไม่เพียงแต่ทำให้คอมพิวเตอร์ดีขึ้นเท่านั้น แต่ยังทำให้ความสามารถของระบบเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

ในปี พ.ศ. 2526 เครื่องยนต์ที่ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ได้ขยายเพิ่มเติมรวมไปถึงระบบจุดระเบิดล่วงหน้าอิเล็กทรอนิกส์ (ESA) ระบบควบคุมรอบเดินเบา (ISC) และระบบที่ก้าวหน้าอื่นๆ เช่นระบบวินิจฉัยข้อขัดข้องและระบบป้องกันการทำงานบกพร่องระบบที่ขยายออกไปนี้เรียกว่า TCCS หรือระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ของโตโยต้า ระบบฉีดเชื้อเพลิงที่ไม่เป็น TCCS ปัจจุบันเรียกว่า "ระบบ EFI ธรรมดา" ระบบ TCCS นี้ควบคุมเครื่องยนต์ได้ด้วยความเที่ยงตรง และด้วยวิธีการที่มากกว่าระบบ EFI ธรรมดา คอมพิวเตอร์ที่ใช้อยู่ในระบบ TCCS นี้เป็นที่รู้จักกันในชื่อ ECU (Electronic Control Unit) หรือหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์



ภาพที่ 1 แสดงระบบเครื่องยนต์ EFI ธรรมดา และ EFI แบบ TCCS ECCS มีรากฐานเช่นเดียวกัน

หลักการทำงานของเครื่องยนต์ EFI

ความหมายของเครื่องยนต์ EFI อย่างง่าย ๆ คือเครื่องยนต์ซึ่งถูกเปลี่ยนระบบการจ่ายน้ำมันเบนซินจากระบบคาร์บูเรเตอร์แบบเดิมไปเป็นระบบ EFI

วิธีการผสมอากาศและเชื้อเพลิงจะแตกต่างกันแต่การจุดระเบิดและการอัด ซึ่งเป็นจุดเด่นสำคัญของเครื่องยนต์เบนซินยังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลง

วิธีการผสมอากาศและเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ มีดังนี้

1. เชื้อเพลิงแบบแผ่นไดอะแฟรม จะปั๊มน้ำมันมาจากถึงน้ำมันเชื้อเพลิงส่งไปยังคาร์บูเรเตอร์ภายในแรงดันต่ำ (แรงกันการปั๊ม 0.2 – 0.5 กก./ซม^2)

2. น้ำมันเชื้อเพลิงในห้องลูกลอยของคาร์บูเรเตอร์จะถูกรักษาให้คงที่ด้วยเข็มนมหนู และลูกลอย

3. ขณะเครื่องยนต์ทำงานตามปกติ บริเวณคอคอดในคาร์บูเรเตอร์จะเกิดสูญญากาศ ซึ่งทำให้เกิดการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงต่อเนื่องกันในปริมาตรที่สอดคล้องกับปริมาตรของอากาศที่ถูกประจุเข้าไป ทำให้เกิดส่วนผสมอากาศ - เชื้อเพลิงที่เหมาะสมจ่ายเข้าไปในกระบอกสูบ

4. ระบบโช๊คจัดให้มีไว้สำหรับเมื่ออากาศเย็น วงจรกำลังสำหรับการทำงานของเครื่องยนต์ภายใต้ภาระหนักและวงจรปั๊มเร่งจะทำงานในขณะมีการเร่ง เพื่อเพิ่มปริมาณของเชื้อเพลิงตามปริมาตรของอากาศที่ประจุเข้าไปทั้งหมดนี้จัดให้มีไว้เพื่อเพิ่มส่วนผสมที่เข้าไปในกระบอกสูบให้หนาขึ้นมากกว่าในขณะทำงานตามปกติ จากหัวฉีดหลักและหัวฉีดปั๊มเร่ง

5. ในขณะเดินเบา สูญญากาศที่เกิดขึ้นจากคอคอดจะต่ำ ดังนั้นเชื้อเพลิงจึงไม่สามารถจ่ายจากหัวฉีดหลักได้ น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกจ่ายจากช่องเดินเบาและช่องความเร็วต่ำแทน

การผสมอากาศและเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ EFI

1. น้ำมันเชื้อเพลิงถูกส่งจากปั๊มเชื้อเพลิงไฟฟ้าผ่านกรองเชื้อเพลิงไปยังหัวฉีดแต่ละหัวภายใต้แรงดันสูง (แรงดันการปั๊มสูงสุด - ประมาณ 5 กก./ซม^2)

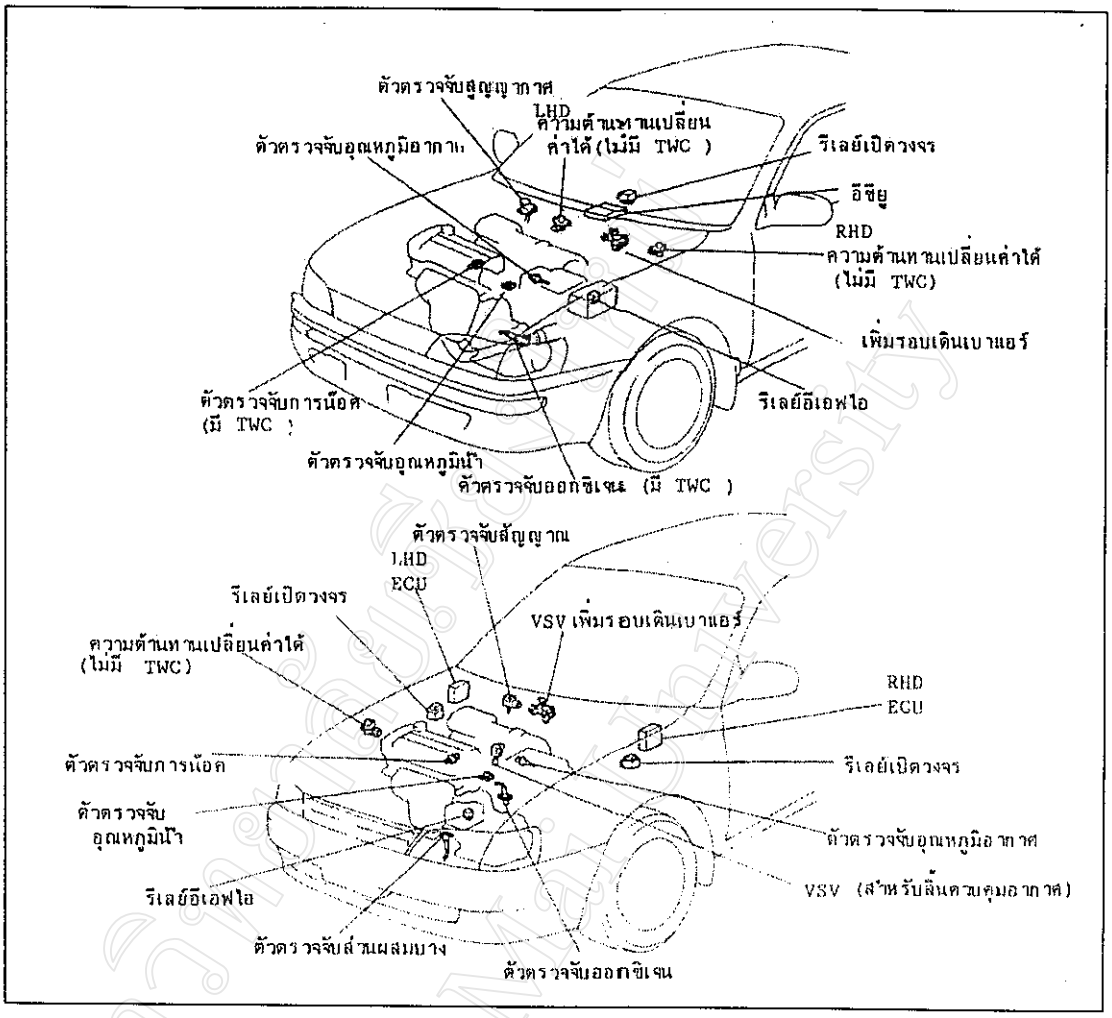
2. แรงดันเชื้อเพลิงที่หัวฉีดถูกปรับให้คงที่โดยตัวควบคุมแรงดัน ดังนั้นมันจึงรักษาระดับแรงดันสูงกว่าแรงดันภายในทอรวมไอดี โดยขนาดที่กำหนด (2.55 หรือ 2.9 กก/ซม^2) อยู่เสมอ

3. แต่ละสูบจะมีหัวฉีดติดตั้งอยู่ใกล้กับช่องไอดี 1 หัว และจะมีแรงไฟฟ้าแบตเตอรี่จ่ายผ่านความต้านทานโซลินอยด์ไปยังหัวฉีดแต่ละหัวอยู่ตลอดเวลาเมื่อทรานซิสเตอร์กำลังใน ECU ทำงานจะมีกระแสไฟฟ้าไหลไปยังหัวฉีดเปิดขึ้นและน้ำมันถูกฉีดเข้าไปในช่องไอดี ปริมาณของเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าไปในช่องไอดี โดยหัวฉีดจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับเวลาที่หัวฉีดเปิดขึ้น

4. ECU จะคำนวณปริมาณของอากาศที่ประจุเข้าไปจริงตามสัญญาณจากตัวตรวจจับสัญญาณต่าง ๆ จากนั้นจึงคำนวณระยะเวลาการฉีดของหัวฉีดแต่ละหัวให้สอดคล้องกับปริมาณของอากาศที่ประจุเข้าไปด้วยวิธีนี้จึงสามารถจ่ายส่วนผสมอากาศ – เชื้อเพลิงที่เหมาะสมให้แต่ละกระบอกสูบได้ น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปในแต่ละช่องไอดี 1 หรือ 2 ครั้ง ต่อการหมุนของเครื่องยนต์ 2 รอบ (ขึ้นอยู่กับรุ่นของเครื่องยนต์) ทำให้เกิดการฉีดเป็นช่วงๆ ไม่ต่อเนื่องกัน

5. เมื่อเครื่องยนต์ทำงานภายใต้ภาระหนักขณะอากาศเย็น เช่น ในขณะเร่ง เป็นต้น ECU จะพิจารณาตามสัญญาณจากตัวตรวจจับสัญญาณต่างๆ ว่าเครื่องยนต์ต้องการเชื้อเพลิงมากขึ้น ดังนั้นจึงเป็นผลให้ระยะเวลาการฉีดนานขึ้น

6. เมื่อสตาร์ทเครื่องยนต์ในขณะอากาศเย็นน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดออกเพิ่มขึ้น จากหัวฉีดสตาร์ทเย็นซึ่งมีประสิทธิภาพในการเป็นฝอยละอองได้ดี

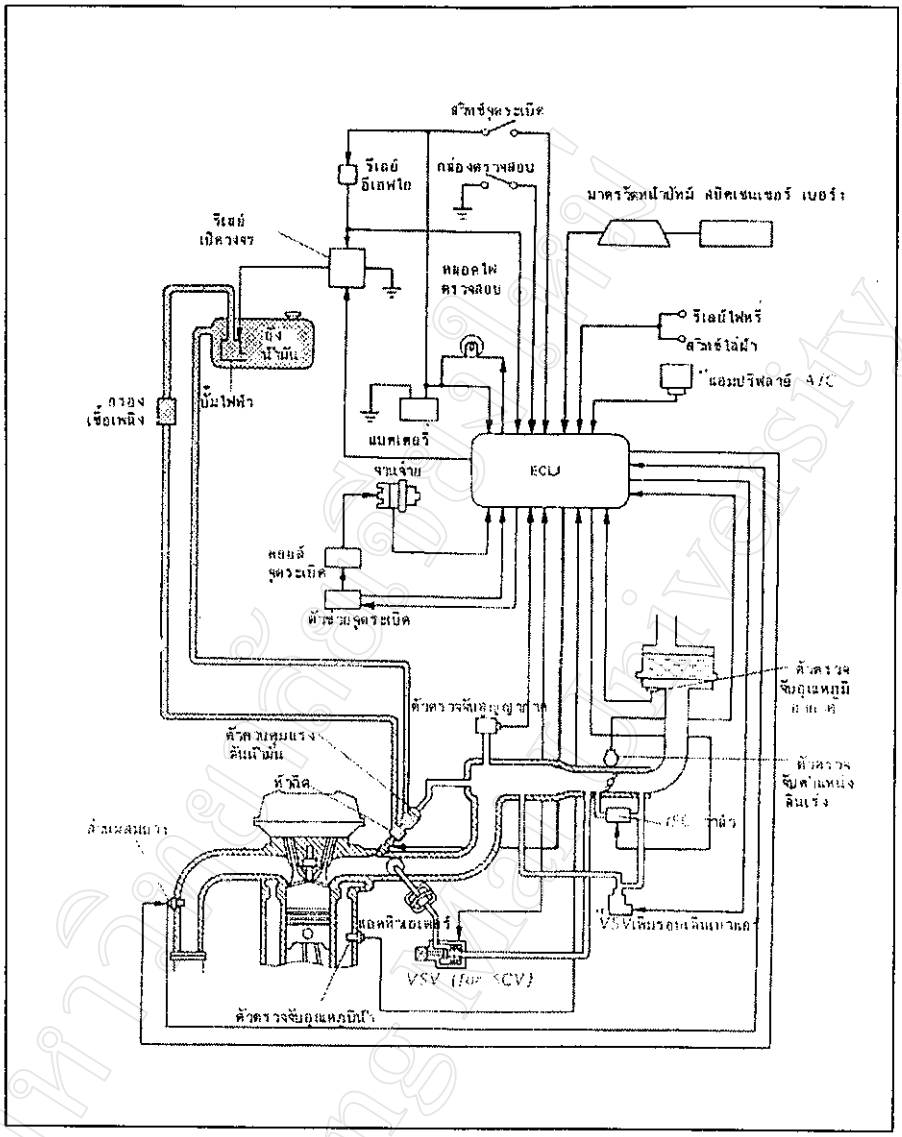


ภาพที่ 2 แสดงการติดตั้งโดยอุปกรณ์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนระบบฉีดเชื้อเพลิงด้วยอิเล็กทรอนิกส์

ระบบควบคุมคอมพิวเตอร์

ระบบควบคุมคอมพิวเตอร์ของ EFI ธรรมดาและ TCCS ประกอบด้วยตัวตรวจจับสัญญาณ คอมพิวเตอร์และหัวฉีดทั้งหมดถูกต่อเข้าด้วยกัน โดยชุดสายไฟ

คอมพิวเตอร์จะคำนวณสัญญาณออก ซึ่งจะไปควบคุมการทำงานของหัวฉีดตามสัญญาณไฟฟ้าที่ได้รับเข้ามาจากตัวตรวจจับสัญญา จากนั้นจึงส่งสัญญาณออกนี้ไปยังหัวฉีด



ภาพที่ 3 แสดงแผนภูมิระบบควบคุมเครื่องยนต์

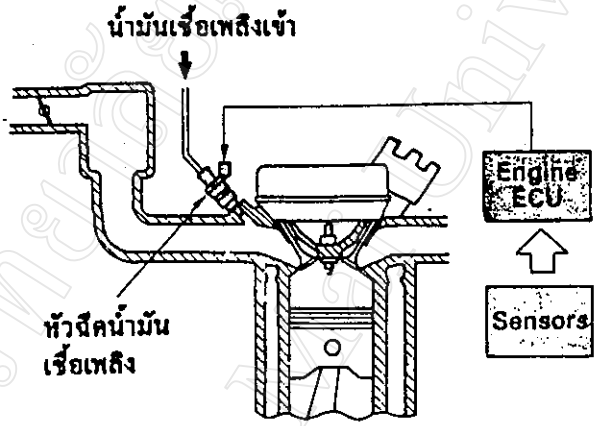
ลักษณะของระบบ

หน้าที่ของระบบควบคุมเครื่องยนต์ประกอบด้วย EFI, ESA และ ISC ซึ่งจะควบคุมสมรรถนะพื้นฐานของเครื่องยนต์ ระบบวิเคราะห์ปัญหาซึ่งจะใช้ในขณะที่ทำการแก้ไขปัญหาระบบป้องกันการทำงานบกพร่อง และระบบทำงานสำรองที่จะทำงานเมื่อระบบต่างๆ ดังกล่าวทำงาน ผิดพลาด นอกจากนี้ ในเครื่องยนต์ยังมีอุปกรณ์ประกอบในการควบคุมเครื่องยนต์อีก เช่น ระบบควบคุม ECT ระบบควบคุมอากาศที่ประจุเข้า และ ระบบอื่นๆ การทำงานของระบบเหล่านี้ทั้งหมดถูกควบคุมโดย ECU เครื่องยนต์

หน้าที่ของระบบควบคุมเครื่องยนต์

การฉีดเชื้อเพลิงด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (EFI)

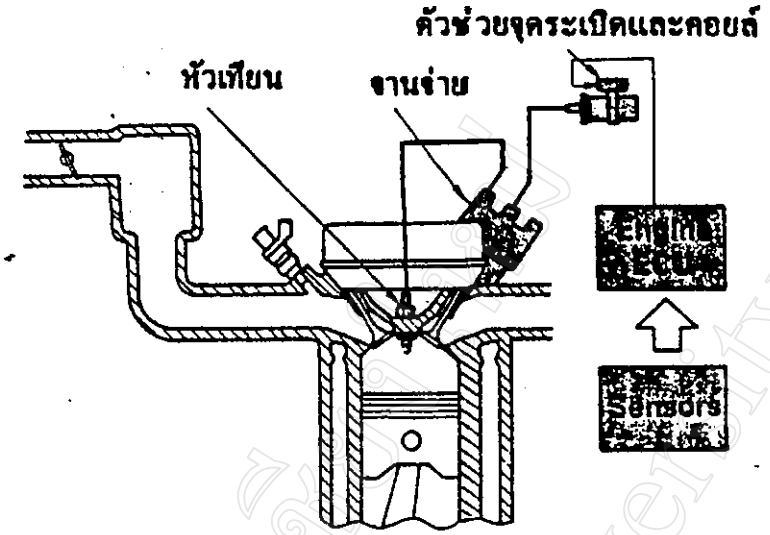
ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงไฟฟ้า จะจ่ายน้ำมันให้กับหัวฉีด ในปริมาณที่พอเหมาะด้วยความดันคงที่ค่าหนึ่ง หัวฉีดเหล่านี้ จะฉีดน้ำมันเข้าสู่ท่อร่วมไอดีด้วยปริมาณที่เหมาะสม โดยสอดคลองกับสัญญาณจาก ECU เครื่องยนต์ ECU เครื่องยนต์จะรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ต่างๆ ซึ่งจะบอกถึงการเปลี่ยนแปลง สภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ เช่น ความดันในท่อไอดี (PIM) หรือปริมาณอากาศที่ประจุเข้า(VS) มุมเพลาข้อเหวี่ยง (G) ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (NE) เร่ง/ลด (VAT) อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (THW) และอุณหภูมิของอากาศที่ประจุเข้า (THA) สัญญาณต่างๆ เหล่านี้จะป้อนเข้าสู่ ECU เครื่องยนต์ เพื่อที่จะใช้กำหนด ช่วงเวลาการฉีดที่ทำหน้าที่ให้อัตราส่วนผสมอากาศ – น้ำมัน มีค่าเหมาะสมกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ในขณะนั้น



ภาพที่ 4 แสดงการฉีดเชื้อเพลิงด้วยอิเล็กทรอนิกส์ EFI

ระบบจุดระเบิดล่วงหน้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (ESA)

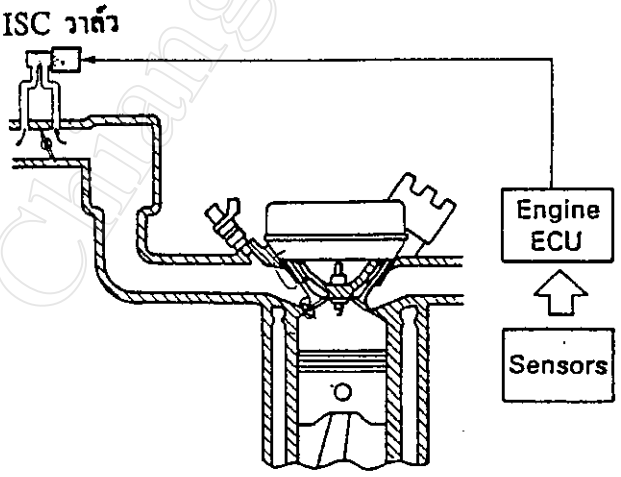
ECU เครื่องยนต์จะถูกกำหนดให้จังหวะการจุดระเบิดอยู่ในค่าที่เหมาะสม ภายใต้สภาวะการทำงานใดๆ โดยใช้ข้อมูลที่ส่งมาจากเซ็นเซอร์ ซึ่งจะตรวจจับสภาวะการทำงานต่างๆ ของเครื่องยนต์ เช่น ตัวอย่างที่แสดงข้างล่าง ECU เครื่องยนต์จะส่งสัญญาณ IGT (จังหวะการฉีด) ไปสู่ตัวช่วยจุดระเบิดทั้งนี้เพื่อที่จะทำให้การจุดระเบิดเป็นไปอย่างถูกต้องและแม่นยำโดยจะรับข้อมูลต่างๆ เช่น มุมเพลาข้อเหวี่ยง (G) ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (NE) ความดันท่อร่วม (PIM) หรือปริมาตรอากาศที่ประจุเข้า (VS) อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (THW) ฯลฯ



ภาพที่ 5 แสดงระบบจุดระเบิดล่วงหน้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ESA

ระบบควบคุมรอบเดินเบา (ISC)

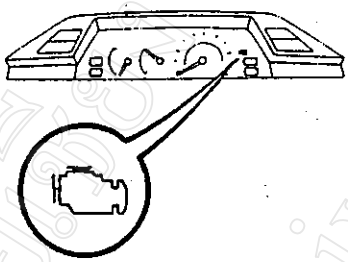
ECU เครื่องยนต์ จะกำหนดรอบเดินเบาเครื่องยนต์ให้เป็นไปตามค่าที่ได้โดยตั้งไว้ตามสภาวะที่แตกต่างกันของเครื่องยนต์ เช่น อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (THW) การปิด/เปิด เครื่องปรับอากาศ (A/C) ฯลฯ เซ็นเซอร์จะส่งสัญญาณไปยัง ECU เครื่องยนต์ โดยใช้ ISC วาล์วจะควบคุมการไหลของอากาศที่ผ่านทางบายพาสของลิ้นเร่งและจะปรับแต่งความเร็วรอบเดินเบา ให้มีค่าตามที่กำหนดไว้



ภาพที่ 6 แสดงระบบควบคุมรอบเดินเบา ISC

ระบบวิเคราะห์ปัญหา

ECU เครื่องยนต์จะมีการตรวจสอบสัญญาณที่ป้อนเข้ามาจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ตลอดเวลา ถ้ามีการตรวจพบสิ่งผิดปกติในสัญญาณที่ป้อนเข้า ECU เครื่องยนต์จะเก็บข้อมูลที่ผิดปกตินั้นไว้ในหน่วยความจำของมัน และเมื่อต้องการตรวจสอบมันไว้ในหน่วยความจำของมัน และเมื่อต้องการตรวจสอบมันจะแสดงความผิดปกติออกมาในรูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้าหรือโดย การกระพริบของหลอดไฟที่เรียกว่า "ไฟเตือนตรวจสอบเครื่องยนต์"



ภาพที่ 7 แสดงสัญญาณไฟเตือนตรวจสอบเครื่องยนต์

ระบบป้องกันการทำงานบกพร่อง

ถ้าสัญญาณที่ส่งเข้า ECU เครื่องยนต์ผิดปกติ ECU เครื่องยนต์จะดึงเอาข้อมูลมาตรฐานที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายในออกมาเพื่อที่ควบคุมเครื่องยนต์ใกล้เคียงกับสภาวะปกติ

ระบบทำงานสำรอง

ถึงแม้ว่า ECU เครื่องยนต์ มีบางส่วนที่ไม่ทำงาน ระบบทำงานสำรองจะเข้ามาควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงและจังหวะการจุดระเบิดให้ทำงานต่อไป เพื่อที่จะควบคุมเครื่องยนต์ให้ทำงานใกล้เคียงกับสภาวะปกติ

ระบบควบคุมอื่น ๆ

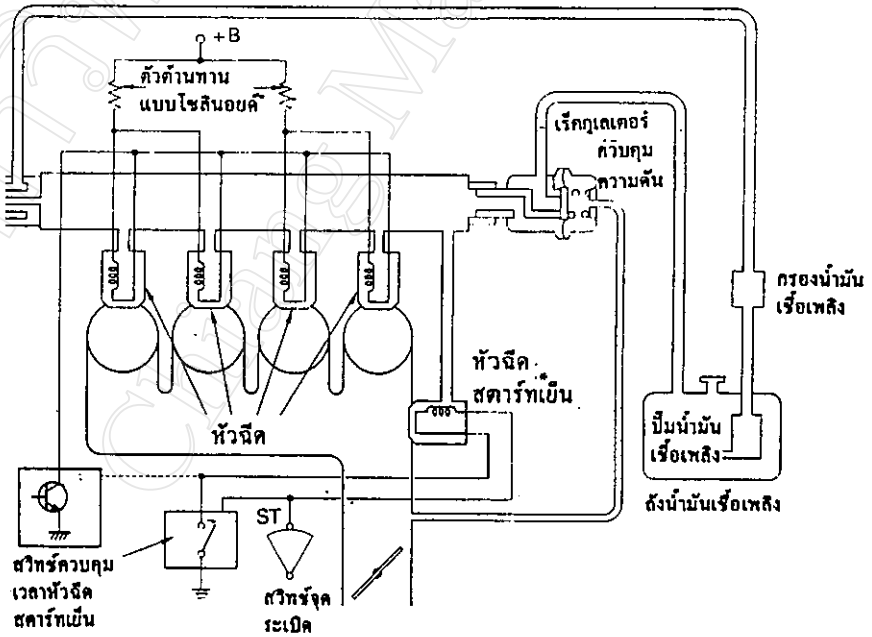
ในเครื่องยนต์บางแบบ ระบบควบคุม ECT (Electronically Controlled Transmission) หรือระบบควบคุมการส่งกำลังโดยอิเล็กทรอนิกส์ ระบบควบคุมอากาศที่ประจุเข้า และ ระบบช่วยอื่นๆ จะถูกควบคุมโดย ECU เครื่องยนต์ด้วย

โครงสร้างการควบคุมเครื่องยนต์

หน้าที่การควบคุมเครื่องยนต์สามารถแบ่งออกได้หยาบ ๆ เป็นระบบการประจุอากาศ ระบบเชื้อเพลิง และระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

ระบบเชื้อเพลิงประกอบด้วย

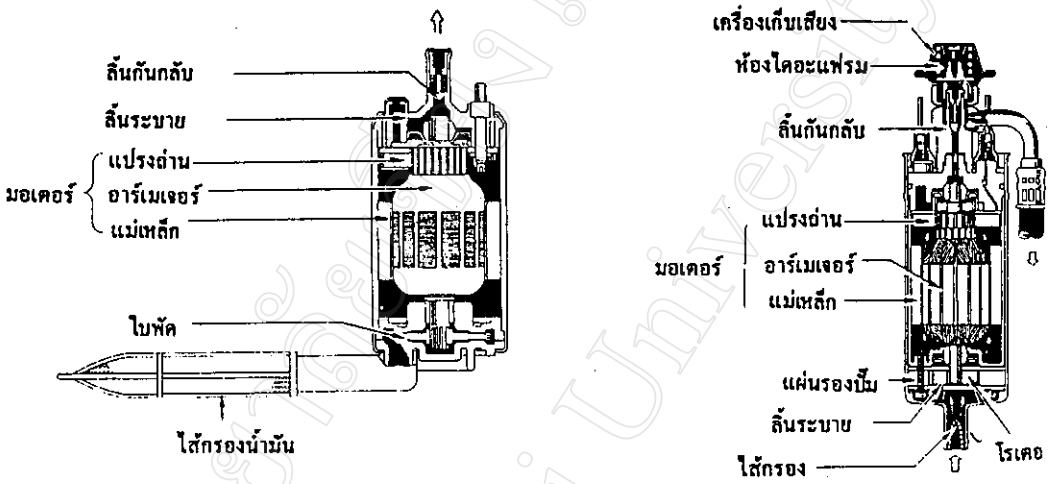
ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง จะส่งน้ำมันจากถังน้ำมันเชื้อเพลิง ผ่านไส้กรอง น้ำมันไปยังหัวฉีด ความดันน้ำมันที่หัวฉีด จะถูกรักษาให้อยู่ที่ ระดับคงที่ (285 กิโลปาสคาล [2.9 กก/ซม^2: 35.5ปอนด์ต่อ ตร.นิ้ว] ขึ้นอยู่กับรุ่นของเครื่องยนต์) ซึ่งจะมีค่ามากกว่าในท่อทางน้ำมัน จะเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยแต่ในเครื่องยนต์บางรุ่น จะติดตั้งตัวป้องกันการกระเพื่อมไว้เพื่อป้องกันอาการดังกล่าว หัวฉีดจะติดตั้งอยู่ที่ด้านหน้าของแต่ละสูบ (ยกเว้นในกรณีของหัวฉีดเดี่ยวสำหรับเครื่อง IS –I) และปริมาณน้ำมันที่ฉีด จะถูกควบคุมโดยช่วงระยะเวลาที่ส่งกระแส ไฟฟ้าไปยังหัวฉีด หัวฉีดสตาร์ทเย็น จะติดตั้งในห้องประจุไอดี เพื่อที่จะปรับปรุงความสามารถในการสตาร์ทในขณะเครื่องเย็น (ระบบนี้อาจจะไม่มีในเครื่องยนต์บางรุ่น) ช่วงเวลาการฉีดของหัวฉีดสตาร์ทเย็น จะถูกควบคุมโดยสวิทช์ควบคุมเวลาหัวฉีดสตาร์ทเย็น (ในเครื่องยนต์บางรุ่นมันจะถูกควบคุมทั้งจาก ECU และ สวิทช์ควบคุมเวลาหัวฉีดสตาร์ทเย็น)



ภาพที่ 8 แสดงโครงสร้างของระบบเชื้อเพลิง

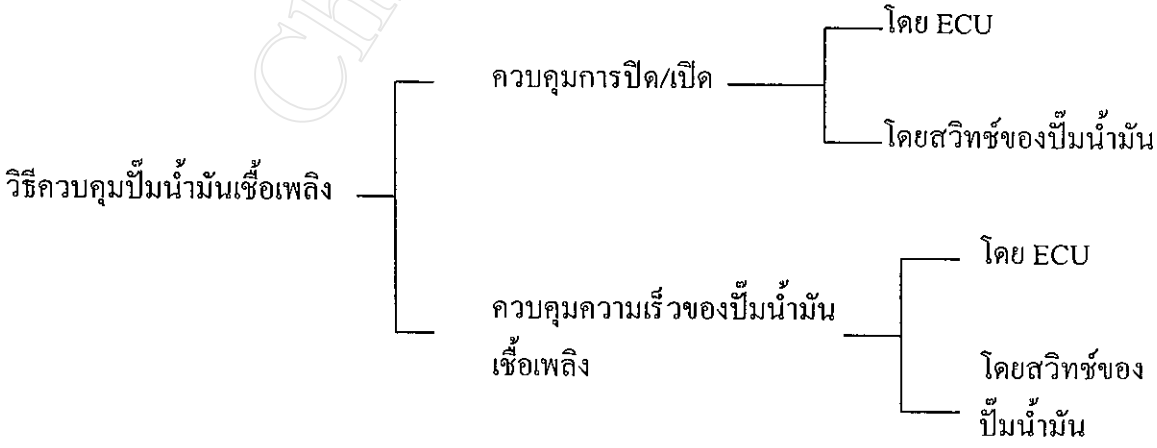
ส่วนประกอบอุปกรณ์ในระบบเชื้อเพลิง

1. ปั๊มเชื้อเพลิงมีอยู่ 2 แบบ คือแบบอยู่ในถังน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งตัวมันเองยึดอยู่ภายในถุงน้ำมันเชื้อเพลิงและแบบอยู่ในท่อทางน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งยึดอยู่ภายนอกถังน้ำมันเชื้อเพลิงตามท่อทางเชื้อเพลิง ในปัจจุบันปั๊มเชื้อเพลิงแบบอยู่ในถังน้ำมันเชื้อเพลิง ถูกเลือกใช้เพียงแบบเดียว ในเมื่อมอเตอร์อยู่เป็นหน่วยเดียวกันกับตัวปั๊ม และภายในปั๊มเต็มไปด้วยน้ำมันเชื้อเพลิง ปั๊มเชื้อเพลิงทั้ง 2 แบบนี้ จึงถูกเรียกว่า ปั๊มแบบเปียกด้วยเช่นเดียวกัน



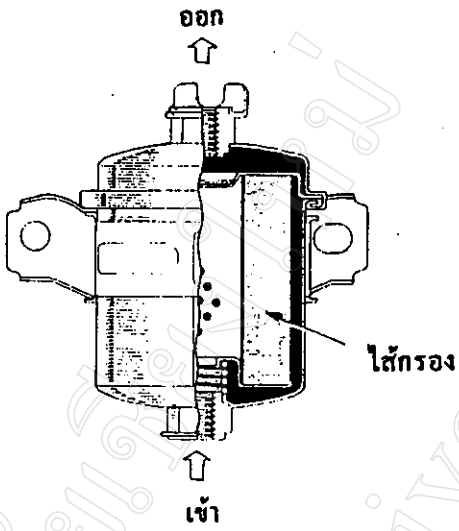
ภาพที่ 9 ส่วนประกอบอุปกรณ์ในระบบเชื้อเพลิง

2. การควบคุมปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงในรถยนต์ รุ่นที่ใช้ ECCS จะทำงานขณะที่เครื่องยนต์ทำงานเท่านั้น เท่าที่เป็นเช่นนี้เพื่อที่จะป้องกันน้ำมันที่จะส่งไปยังเครื่องยนต์ ในขณะที่เปิดสวิทช์จุดระเบิดแต่เครื่องยนต์ยังไม่ทำงาน



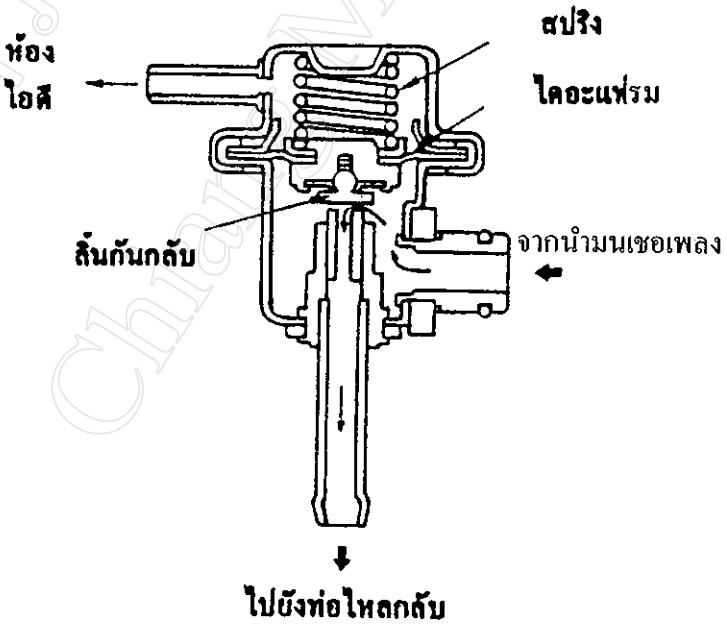
ภาพที่ 10 การควบคุมปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงในรถยนต์

3. ตัวกรองน้ำมันเชื้อเพลิง จะทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรก และสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ ออกจากน้ำมันเชื้อเพลิง



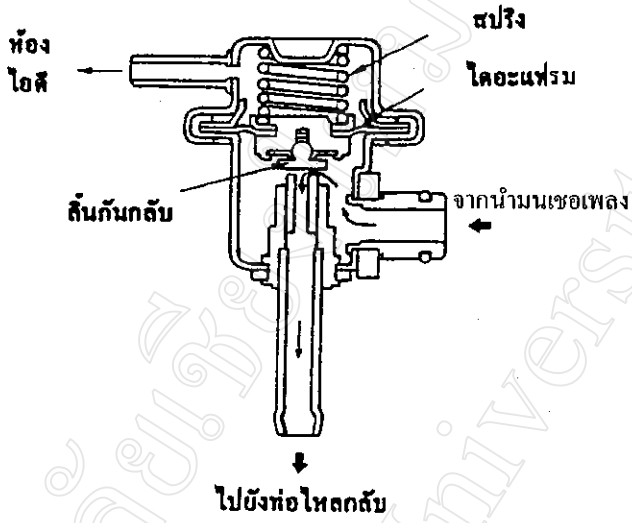
ภาพที่ 11 ตัวกรองน้ำมันเชื้อเพลิง

4. ตัวป้องกันการกระเพื่อม เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดการเปลี่ยนแปลงความดัน ในท่อน้ำมัน โดยการใช้แผ่นไดอะแฟรม



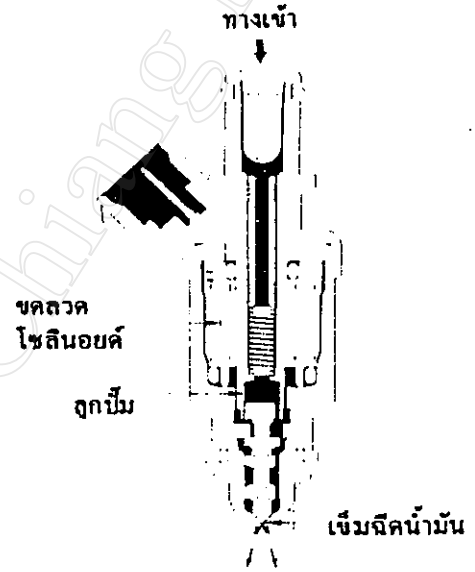
ภาพที่ 12 ตัวป้องกันการกระเพื่อม

5. ตัวควบคุมความดันน้ำมันเชื้อเพลิง ตัวควบคุมทำหน้าที่ควบคุมความดันน้ำมันเชื้อเพลิงที่จะส่งไปยังหัวฉีดให้เป็นไปตามความดันในท่อไอดี



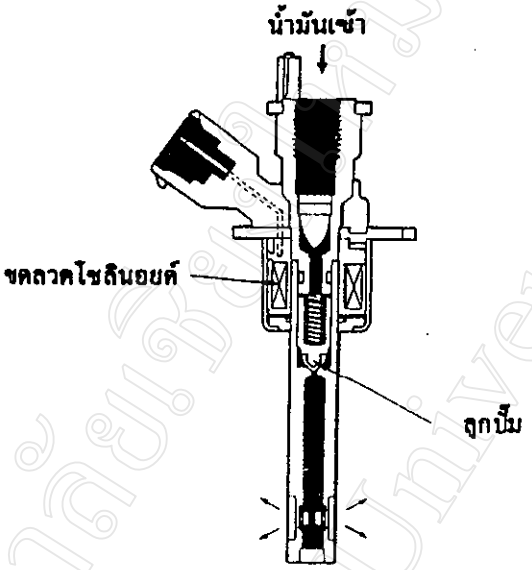
ภาพที่ 13 ตัวควบคุมความดันเชื้อเพลิง

6. หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงทำหน้าที่ยกเข็มฉีดน้ำมันโดยใช้แม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะฉีดน้ำมันตามสัญญาณที่ได้รับจาก ECU เครื่องยนต์



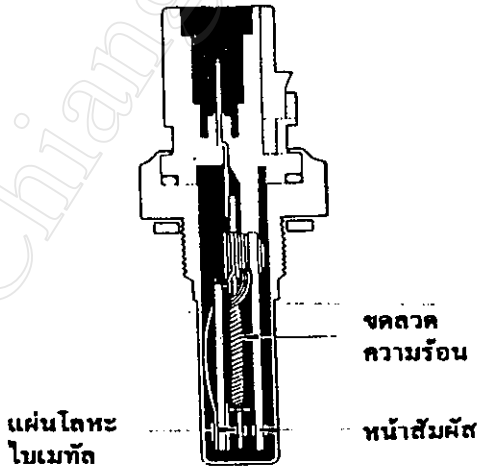
ภาพที่ 14 แสดงภาพตัดของหัวฉีด

7. หัวฉีดสตาร์ทเย็น หน้าที่ของหัวฉีดสตาร์ทเย็น คือ ช่วยให้เครื่องยนต์สตาร์ทง่ายขึ้น ในขณะที่เครื่องยนต์เย็น หัวฉีดนี้จะทำงานในช่วงที่เครื่องยนต์กำลังหมุน (เครื่องยังไม่ติด) ในขณะที่อุณหภูมิมีน้ำ



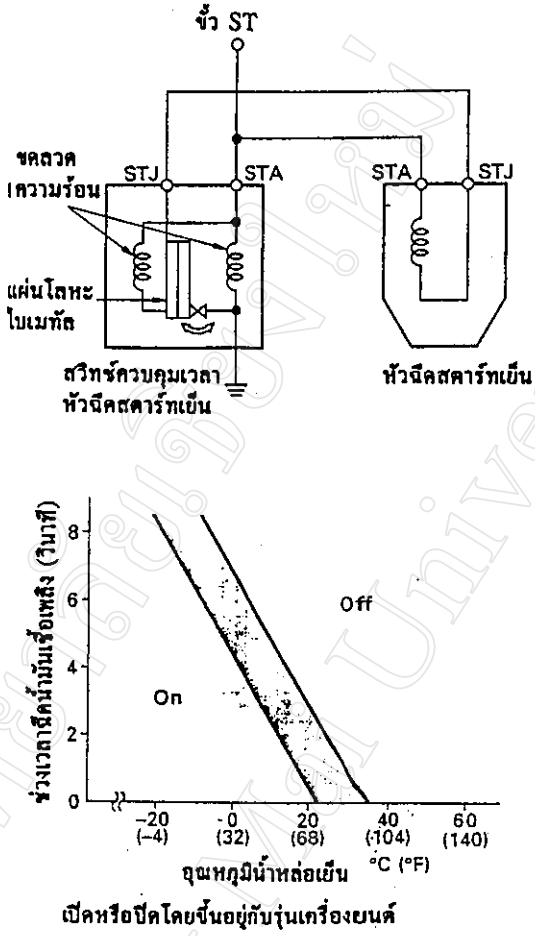
ภาพที่ 15 แสดงภาพตัดของหัวฉีดสตาร์ตเย็น

8. สวิทช์ควบคุมเวลาหัวฉีดสตาร์ทเย็น หน้าที่คือ ควบคุมเวลาหัวฉีดสตาร์ทเย็น



ภาพที่ 16 แสดงภาพตัดสวิทช์ควบคุมเวลาหัวฉีดสตาร์ทเย็น

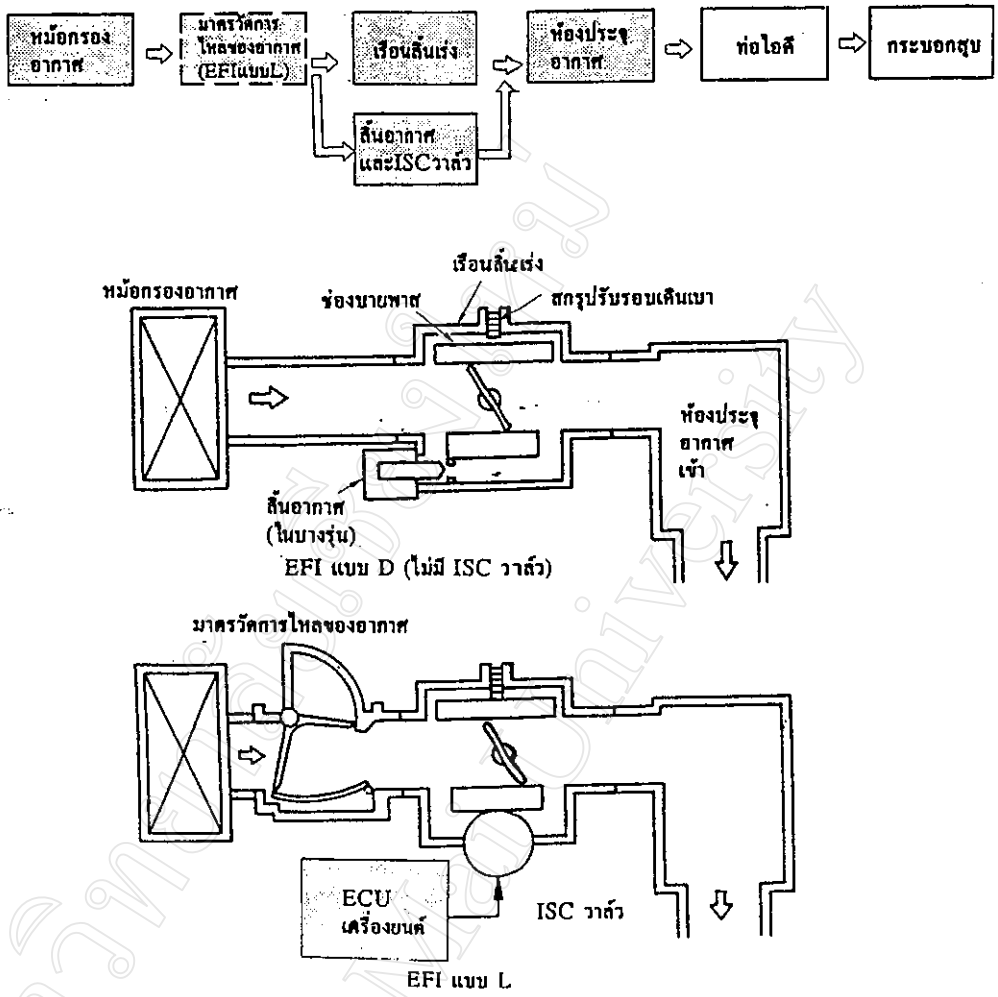
9. วงจรไฟฟ้าของหัวฉีดสตาร์ทเย็น ชนิดที่ถูกควบคุมโดยสวิทช์ควบคุมเวลาของหัวฉีดสตาร์ทเย็น



ภาพที่ 17 แสดงวงจรไฟฟ้าของหัวฉีดสตาร์ทเย็น

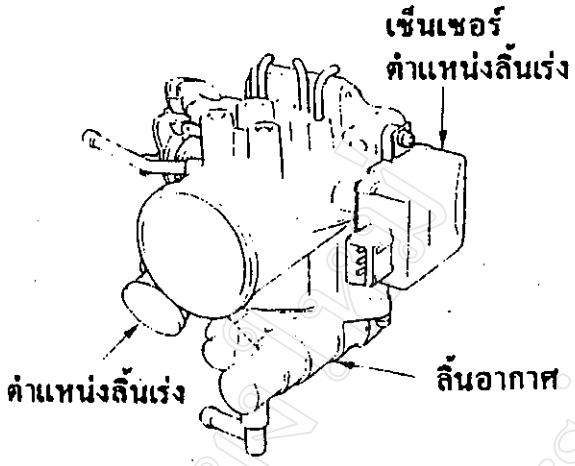
ระบบประจุอากาศ

ระบบนี้จะนำอากาศที่จำเป็นสำหรับการเผาไหม้เข้าสู่กระบอกสูบอากาศจะผ่านทางหม้อกรองอากาศและจะไหลเข้าสู่มาตรวัดการไหลของอากาศผ่านไปยังเรือนลิ้นเร่ง ห้องประจุอากาศและท่อรวมไอดี จากนั้นก็ส่งเข้าไปในแต่ละกระบอกสูบ สำหรับเครื่องยนต์ ECCS เมื่อผ่อนคันเร่งจะทำให้ลิ้นเร่งปิดสุด ดังนั้นในขณะเดินเบาหรือเดินเบารอบสูง อากาศจะไหลผ่านเข้าสู่กระบอกสูบโดยตรง โดยผ่านทางบายพาสของเรือนลิ้นเร่ง หรืออาจจะผ่านทาง ISC วาล์ว เมื่อน้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิต่ำลิ้นอากาศจะเปิดให้อากาศจะเปิดให้อากาศไหลผ่าน (เป็นส่วนที่เพิ่มขึ้นจากอากาศที่ไหลผ่านเรือนลิ้นเร่งตามปกติ) แล้วผ่านไปยังห้องประจุอากาศส่วนที่เพิ่มนี้จะทำให้ความเร็วรอบเดินเบาเพิ่มขึ้น (ความเร็วรอบเดินเบาสูง) เพื่อช่วยอุ่นเครื่องยนต์ให้ร้อนขึ้น ในเครื่องยนต์ซึ่งติดตั้งลิ้นควบคุมความเร็วรอบเดินเบา (ISC วาล์ว) การทำงานของลิ้นอากาศ จะถูกกระทำโดย ISC วาล์ว



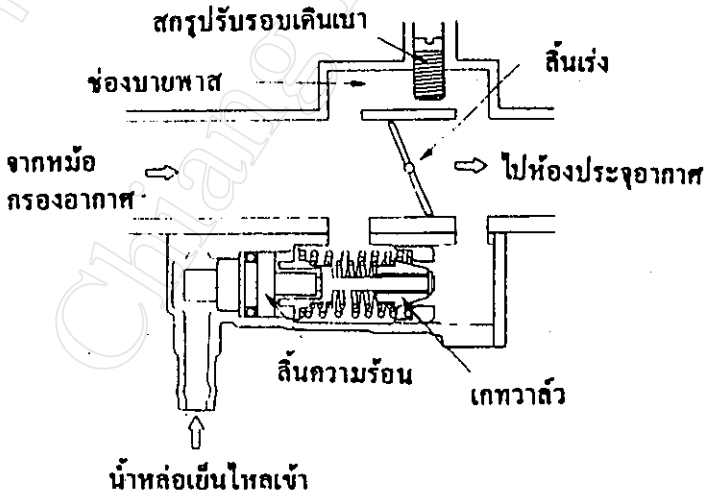
ภาพที่ 18 แสดงระบบประจุอากาศ

1. เรือนลิ้นเร่ง (Throttly Body) เรือนลิ้นเร่งประกอบด้วยลิ้นเร่งซึ่งจะควบคุมปริมาตรอากาศที่ประจุเข้าในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานปกติช่องบายพาสจะเป็นช่องที่ทำให้อากาศปริมาณเล็กน้อยผ่านเข้าไปขณะเดินเบาเซ็นเซอร์ตำแหน่งลิ่นเร่งจะทำหน้าที่ตรวจจับมุมการเปิดของลิ่นเร่ง เรือนวาล์วบางประเภทจะติดตั้งลิ้นเร่งไว้ ซึ่งจะช่วยให้ลิ้นเร่งปิดลงอย่างช้าๆ หรืออาจจะติดตั้งลิ้นอากาศแบบขี้ผึ้งไว้ ในขณะเดินเบาลิ้นเร่งจะปิดสนิท ซึ่งเป็นเหตุให้อากาศที่ประจุเข้าไหลผ่านช่องบายพาสไปสู่ห้องประจุอากาศความเร็วรอบเครื่องยนต์ในขณะเดินเบาสามารถปรับตั้งได้โดยการขันสกรูปรับตั้งความเร็วรอบเดินเบา ซึ่งจะเป็นการเพิ่มหรือลด ปริมาตรของอากาศแบบขี้ผึ้งทางด้านขวามือ



ภาพที่ 19 แสดงเรือนลิ้นเร่ง

2. ลิ้นอากาศ (Air Valve) ลิ้นอากาศ จะควบคุมรอบเดินเบาเครื่องยนต์ ขณะที่เครื่องยนต์เย็นเครื่องยนต์บางแบบที่ใช้ ISC วาล์วจะไม่ใช้ลิ้นอากาศ สำหรับรายละเอียดของลิ้นอากาศแบบขี้ผึ้งนี้จะประกอบด้วยลิ้นความร้อนและเกทวาล์วภายในลิ้นความร้อนจะบรรจุขี้ผึ้งไว้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของขี้ผึ้งจะเป็นไปตามอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น ลิ้นอากาศแบบขี้ผึ้งจะใช้คุณสมบัติดังกล่าวของขี้ผึ้ง เพื่อทำการเปิดและปิด เกทวาล์ว โดยจะควบคุมความเร็วรอบเครื่องยนต์ในขณะเดินเบา

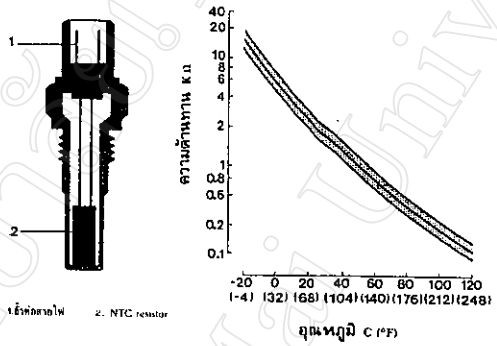


ภาพที่ 20 แสดงภาพตัดของลิ้นอากาศ

ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

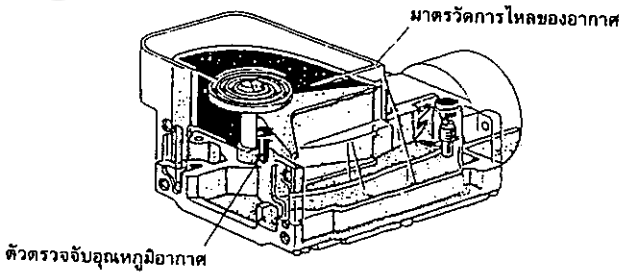
ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่สำคัญคือ ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ (Water Thermo Sensor) ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (Air Thermo Sensor) ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle Position Sensor) ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน (Oxygen Sensor) ตัวตรวจจับ สูญญากาศ (Vaccum Sensor) ตัวตรวจจับการไหลของอากาศ (Air Flow Sensor) สวิตซ์ความร้อน-เวลา (Thermo-Time switch) หรือสวิตซ์ควบคุมเวลาการฉีดของหัวฉีดสตาร์ทเย็น และหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit :ECU) หรือคอมพิวเตอร์

1. ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ (Water Thermo Sensor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำหล่อเครื่องเย็นแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ให้เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อเครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ



ภาพที่ 21 แสดงภาพตัดของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ

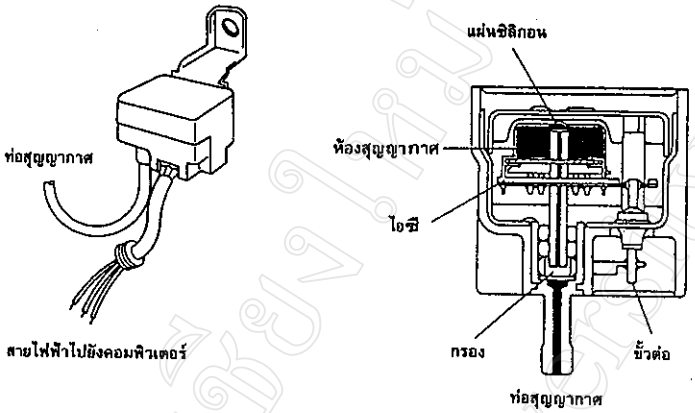
2. ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (Air Thermo Sensor) จะถูกติดตั้งไว้บริเวณช่องทางอากาศเข้ากระบอกสูบ เช่น ที่กรองอากาศ ภายในตัวมาตรวัดการไหลของอากาศ (Air Flow meter) หรือที่ห้องประจุไอดี ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศจะทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิของอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกสูบแล้วเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ เพื่อปรับระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้เหมาะสมกับอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 5.4 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ

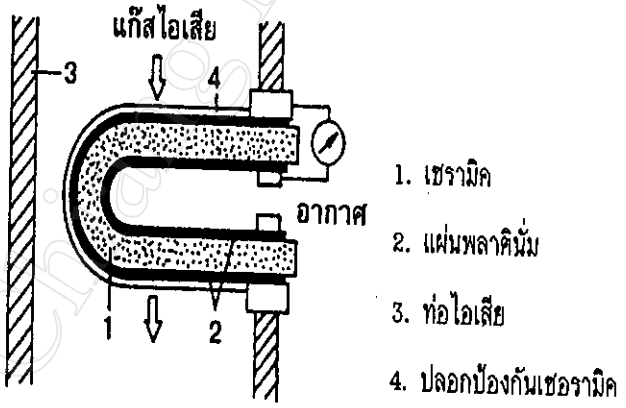
ภาพที่ 22 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ

3. ตัวตรวจจับสุญญากาศ (Vacuum Sensor) ทำหน้าที่ตรวจวัดแรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดี และเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน (Basic Injection Time) ของหัวฉีด

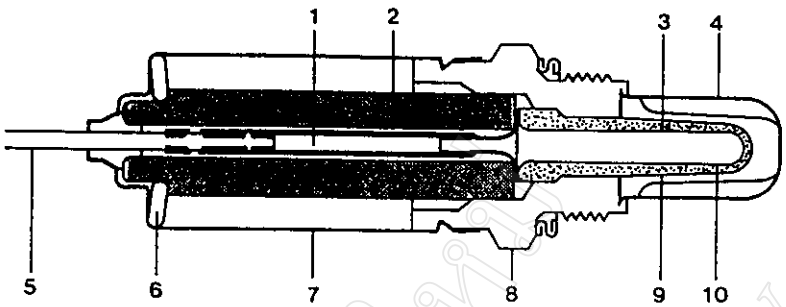


ภาพที่ 23 แสดงตัวตรวจจับสุญญากาศ

4. ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน (Oxygen Sensor or Lambda Sensor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจจับวัดปริมาณออกซิเจน (O_2) ในแก๊สไอเสียเครื่องยนต์ และส่งสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากการวัดป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ทำให้การปรับระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้ได้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิง



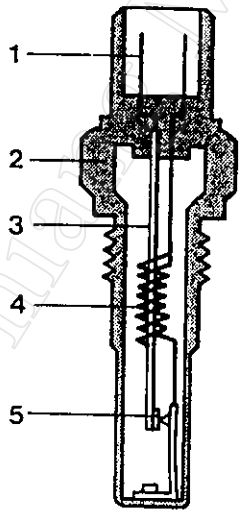
ภาพที่ 24 แสดงภาพตัดตรวจจับปริมาณออกซิเจน



1. จุดต่อสัญญาณไฟฟ้า
2. วัสดุป้องกันเซอรามิค
3. เซอรามิค
4. ปลอกป้องกันเซอรามิค
5. สายสัญญาณ
6. สปริง
7. ปลอกป้องกัน
8. ตัวเรือน(-)
9. แผ่นพลาตินั่ม(-)
10. แผ่นพลาตินั่ม(+)

ภาพที่ 25 แสดงภาพตัดของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนของ Bosch

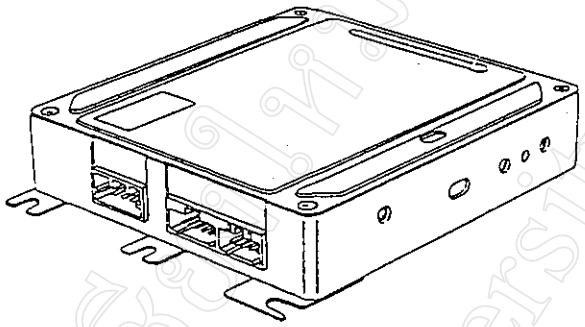
5. สวิตซ์ความร้อนเวลา (Thermo- Time Switch) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับจำกัดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดสตาร์ทเย็นให้เหมาะสมกับอุณหภูมิเครื่องยนต์ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้น้ำมันเชื้อเพลิงถูกฉีดออกมามากเกินความจำเป็นจนเกิดอาการน้ำมันท่วม และป้องกันไม่ให้หัวฉีดสตาร์ทเย็นฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงขณะเครื่องยนต์มีอุรหภูมิสูง



1. ขั้วต่อสายไฟ
2. ตัวสวิตช์
3. แผ่นไบเมทัล
4. ขดลวดความร้อน
5. คอนแทค

ภาพที่ 26 แสดงภาพตัดสวิตช์ความร้อนเวลา

6. หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit : ECU) เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้ได้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ในสภาวะการทำงานต่าง ๆ



ภาพที่ 27 หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

โครงสร้างภายในของหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย ตัวความต้านทาน ไดโอด คาปาซิเตอร์ ทรานซิสเตอร์ ไอซี ฯลฯ หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์นี้นิยมเรียกว่า คอมพิวเตอร์ เนื่องจากหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องยนต์รุ่นใหม่ๆในปัจจุบันได้ใช้ไมโคโปรเซสเซอร์ในการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากตัวตรวจจับสัญญาณต่าง ๆ

เครื่องยนต์ ECCS หมายถึงเครื่องยนต์ที่พัฒนามาจาก เครื่องระบบ EFI ซึ่งเป็นระบบที่มีการฉีดเชื้อเพลิง ด้วยอิเล็กทรอนิกส์รุ่นแรกๆ ที่มีการควบคุมปริมาณการฉีด ซึ่งอยู่กับช่วงเวลาในการเก็บ หรือคลายประจุของ คาปาซิเตอร์ จนเมื่อปี พ.ศ. 2524 ECU ชนิดที่ควบคุมด้านไมโครคอมพิวเตอร์ได้เพิ่มเข้ามา ซึ่งเป็นการเริ่มต้นของระบบควบคุมเครื่องยนต์ แบบ TCCS หรือ ECCS จึงไม่เพียงพอแก่ควบคุมระบบ ESA ซึ่งจะควบคุมระบบจุดระเบิด ISC ซึ่งควบคุมความเข้าระบบเดินเบาและระบบอื่นๆ อีกด้วย เช่น ระบบวิเคราะห์ปัญหาระบบป้องกันการทำงานบกพร่อง และระบบทำงานสำรอง ซึ่งถ้าเปรียบเทียบระบบเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์ในการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงกับระบบฉีดเชื้อเพลิงด้วยอิเล็กทรอนิกส์ สมรรถณะของเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงด้วยอิเล็กทรอนิกส์จะสูงกว่า

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชรัด เทพชยุติมันถ์ (2527) ได้สร้างอุปกรณ์จำลองสถานการณ์ของการฝึกทักษะงานเชื่อมไฟฟ้าเบื้องต้นโดยนำไปทดลองหาผลการฝึกกับนักศึกษา ปวช. 1 ของวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ผลการทดลองปรากฏว่าอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อจำลองสถานการณ์ในการฝึกสามารถลดค่าใช้จ่ายวัสดุสิ้นเปลืองจากการฝึกปกติได้ทุกท่าเชื่อมและใช้เวลาในการฝึกแบบมีอุปกรณ์จำลองสถานการณ์น้อยกว่าเวลาที่หลักสูตรกำหนด

ลิขิต พลเหลา (2528) ได้สร้างชุดฝึกจำลองระบบไฟฟ้ารถยนต์โดยนำไปทดลองหาผลการฝึกกับนักศึกษาปวช.2 ของวิทยาลัยเทคนิคมหาสารคามผลการทดลองปรากฏว่าชุดฝึกจำลองสามารถช่วยให้ผลการฝึกของนักศึกษาสูงขึ้น และสามารถนำไปใช้ฝึกแทนรถยนต์จริงได้

ปกาศิต ภัทรรังษี (2537) ได้สร้างชุดฝึกสถานการณ์จำลองปัญหาระบบปรับอากาศในรถยนต์ โดยนำไปทดลองกับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคพิษณุโลก ผลการวิจัยพบว่า ชุดฝึกสถานการณ์จำลองมีประสิทธิภาพ 96 % สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และผลการฝึกของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงกล่าวได้ว่า ชุดฝึกสถานการณ์จำลองนี้สามารถนำไปใช้ฝึกแทนของจริงได้ โดยเสียค่าใช้จ่ายและเวลาโดยเฉลี่ยน้อยกว่าการฝึกกับของจริง

ชาพงษ์ ประทุมวินิจ (2537) ได้สร้างหลักสูตรและชุดฝึกอบรมเรื่องระบบควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์โดยอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับพัฒนาครู – อาจารย์ สาขาวิชาช่างยนต์ ผลปรากฏว่าหลักสูตรผ่านเกณฑ์ประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญในระดับเหมาะสมมาก สามารถนำมาใช้ฝึกอบรมครู –อาจารย์ สาขาวิชาช่างยนต์เพื่อขยายผลต่อไปได้

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดฝึกสถานการณ์จำลองมีการวิจัยแบบทดลองโดยใช้กลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองซึ่งได้ประสิทธิภาพที่สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ลดค่าใช้จ่ายของวัสดุสิ้นเปลือง เวลาซึ่งมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าการฝึกจริง ประโยชน์ของการสร้างสถานการณ์จำลองที่นำมาใช้กับการเรียนการสอนผู้เรียนสามารถหาความรู้และประสบการณ์ได้จากการเรียนในสภาวะที่คล้ายกับความเป็นจริงทุกประการและการนำเอาสภาพการเรียนของสถานการณ์จำลองมาใช้เพื่อที่จะลดอัตราการเสี่ยงกับการเกิดอุบัติเหตุ และ เกิดแรงจูงใจในการเรียน การใช้สถานการณ์จำลองเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ต่อผู้เรียนมากที่สุดนั้นผู้วิจัยจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบของสถานการณ์จำลองในด้านของวัตถุประสงค์ขอบข่ายความรู้พื้นฐานและขบวนการเรียนของผู้เรียนเพื่อที่จะนำมาออกแบบสถานการณ์จำลองตามขั้นตอนต่าง ๆ ของการออกแบบสถานการณ์จำลองต่อไป ขณะเดียวกันการเรียนการสอนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงมีความจำเป็นที่น่าจะทำการศึกษาเพราะเป็นพื้นฐานในประกอบอาชีพในอนาคตของนักศึกษาด้านอาชีวศึกษาในปัจจุบันดังนั้นผู้วิจัยมีความเห็นว่าควรจัดให้มีการวิจัยด้านนี้เป็นอย่างยิ่ง